

зарегистрирован Министерством культуры и информации Республики Казахстан 04.04.2013 г.
Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания 13508-Ж.

Издается с января 2003 г.

Приказом №1082 от 10.07.2012 г. Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности.

В журнале публикуются материалы, отражающие состояние и перспективы развития геологии, горного дела и металлургии не только в нашей стране, но и за рубежом. Журнал освещает проблемы охраны труда и техники безопасности, экономики, подготовки кадров и других вопросов, связанных с горно-металлургическим комплексом. В журнале представлены статьи прикладного характера, результаты фундаментальных исследований, служащие основой для новых технических разработок.

При перепечатке материалов ссылка на Горный журнал Казахстана обязательна. Ответственность за достоверность сведений в публикуемых статьях и рекламных материалах несут авторы и рекламодатели. Мнение редакции не всегда может совпадать с мнением авторов.

Адрес редакции:
050026, г. Алматы,
ул. Карасай батыра, 146, оф. 401.
Тел.: 8 (727) 375-44-96

minmag.kz

Представители журнала:

Центрально-Казахстанский регион –
ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН
vladfdemin@mail.ru

Российская Федерация, Москва –
ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ
shvetsirina@yandex.ru

Российская Федерация, Сибирский регион –
ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК
shaposhnikyury@mail.ru

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

Подписной индекс **75807** в каталогах:
АО «Казпочта»,
ТОО «Эврика-Пресс»,
ТОО «Агентство «Евразия пресс»

Подписано в печать **30.11.2020 г.**

Отпечатано:
«Print House Gerona»
ул. Сатпаева 30А/3, офис 124
тел: + 7 727 250-47-40,
+ 7 727 398-94-59,
факс: + 7 727 250-47-39

УЧРЕДИТЕЛЬ И СОБСТВЕННИК
ТОО «Научно-производственное
предприятие «ИНТЕРРИН»



INTERRIN

Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

Ю.А. БОЧАРОВА, Yuliya.Bocharova@interrin.kz

Специалист по связям с общественностью

Т.С. ДОЛИНА, Tatyana.Dolina@interrin.kz

Помощник редактора

И.П. КОНОНОВА (ПАШИННИНА),
Irina.Pashinina@interrin.kz

Редакционная коллегия:

Fathi Nabashi (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c.
[St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima],
Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,
Professor of Mining Engineering

З.С. Абишева, д-р техн. наук, академик КазНАН

Ж.Д. Байгурин, д-р техн. наук, профессор

А.Б. Бегалинов, д-р техн. наук, профессор

А.М. Бейсебаев, д-р техн. наук, профессор

А.А. Бекботаева, PhD

А.А. Бектыбаев, канд. техн. наук

В.А. Белин (Россия), д-р техн. наук, профессор

В.И. Бондаренко (Украина), д-р техн. наук, профессор

Н.С. Буктуков, д-р техн. наук, профессор

А.Е. Воробьев (Россия), д-р техн. наук, профессор

С.Ж. Галиев, д-р техн. наук, профессор

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

Е.К. Едыгенов, д-р техн. наук, профессор

В.Г. Загайнов, канд. техн. наук

А.А. Зейнуллин, д-р техн. наук, профессор

Д.Р. Каплунов (Россия), д-р техн. наук, профессор

А.А. Лисенков, д-р техн. наук, профессор

В.Л. Лось, д-р геол.-минерал. наук, профессор

В.А. Луганов, д-р техн. наук, профессор

С.К. Молдабаев, д-р техн. наук, профессор

В.С. Музгина, д-р техн. наук

В.И. Нифадьев (Кыргызстан), д-р техн. наук, профессор

М.Б. Нурпеисова, д-р техн. наук, профессор

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

Е.А. Петров (Россия), д-р техн. наук, профессор

И.Н. Столповских, д-р техн. наук, профессор

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Р.Р. Ходжаев, д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

Ⓜ – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 3** Колонка главного редактора
- 4** Казцинковец стал победителем «WorldSkills Shygys – 2020» ®
- 5** Жидкостные пускатели MKS: работа на отлично ®
- 6** *Добровольский И.В.*
Комплексный подход избавляет заказчика от проблем ®

Развитие горнопромышленного комплекса

- 8** *Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ.*
Қазақстан Республикасының газ қорларын есептеудегі Қарағанды бассейнінің көмір тақталарының метаны: жағдайы және болашағы

Геотехнология

- 14** *Поезжаев И.П., Светлакова К.Р.*
Геохимическое влияние законтурного растекания технологических растворов с возникновением высоких концентраций урана в нейтральных средах

Геология

- 22** *Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Садчиков А.В., Дьяконов В.В.*
Геологическое строение рудных залежей Лисаковского месторождения

Геомеханика

- 28** *Рахимов Н.Д., Абдыкаримова Г.Б.*
Лабораторные исследования физико-механических свойств горных пород Куржункульского месторождения
- 32** *Народхан Д., Исабек Т.К., Хуанган Н., Тажипбаев Д.К.*
Влияние внешних породных отвалов на устойчивость бортов угольных разрезов
- 37** *Амралинова Б.Б., Акылбаева А.Т., Рагданова А.А., Берікболұлы А.*
Кенорнын өңдеу кезінде тау-кен құрылымдарының тұрақты жай-күйін қамтамасыз ету

Взрывное дело

- 42** *Нурлыбаев Р.О.*
Состояние, развитие и проблемы буровзрывных работ на горнодобывающих предприятиях и пути их решения

Качество продукции

- 49** *Трушин А.В., Лагойда И.А., Ширяева К.С.*
Поточный рентгенофлуоресцентный анализ железорудного концентрата на конвейерной ленте

- 54** Требования к оформлению статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Дорогие читатели!

Уважаемые коллеги!

Традиционное и привычное обращение к Вам в каждом номере обычно я посвящаю знаменательным событиям или датам, назревшим в нашей памяти, или диктуемым обстоятельствами вопросам. Сегодня я делюсь с Вами особенным для меня воспоминанием, посвященным моему однокурснику, талантливому горному инженеру, прекрасному человеку, умевшему создать вокруг себя теплую атмосферу товарищества, создателю нашего с Вами журнала Геннадия Иссаевичу Тамбиеву, безвременно ушедшему от нас год назад.

Безвременно не потому, что это «стандартная фраза», так как у него и возраст был еще не тот, когда пора собираться в безвозвратное путешествие, и идей светлых, посвященных хорошим делам, было такое количество, которых достаточно для претворения в жизнь ТОО «Интеррин» еще на многие годы.

Взрывное дело, которое первоначально создавалось не столько для шуток и фейерверков, сколько как разрушительная сила, постепенно превратилось в качественную созидательную составляющую технологий, необходимых для мировых цивилизаций. Тысячи инженеров и ученых посвятили свои знания, время, талант для преобразования взрывного разрушения из грозной и необузданной силы в науку, давшую людям в руки надежные и управляемые человеком возможности удовлетворять растущие потребности в минеральном сырье, строительстве, ирригации. Взрывные работы нуждались в мощных и безопасных взрывчатых веществах, в безотказных средствах взрывания, в разработке теоретических основ и расчетных механизмов, и мы видим сегодня, что этот процесс непрерывного развития продолжается.

В ряду пионеров творческого инженерного труда во имя синтеза научных знаний и практического искусства в области взрывных работ свое достойное место занял Геннадий Иссаевич. Начиная с середины 60-х годов группа талантливых инженеров, обладавших к тому же даром предвидения, создав в стенах Казахского политехнического института им. В.И. Ленина лабораторию по комплексной механизации буровзрывных работ (ЛКМ БВР), сумели в своей познавательной деятельности опередить время, как и группы таких же исследователей в США, Швеции, России, выдав производству гранулированные взрывчатые вещества и механизированную зарядку. Имена Бейсебаева А.М., Зордунова А.Н., Захваткина К., Забудкина И.Л., Низовкина В., Зильберга Д.Т., Раузина В.Г., Толкушева А.Г., Фадеева В., Ольшанского Е.Н., Мураталиева Г.А., Тамбиева Г.И. теперь навсегда останутся в истории взрывного дела как сотворивших технологии XXI века.

Республика Казахстан, экономика которой во многом зависит от эффективности и объемности горно-металлургического комплекса, за годы независимости сумела создать качественное импортозамещающее производство собственных ВВ и СВ во многом, благодаря ТОО «Интеррин», в которое трансформировалась ЛКМ БВР, возглавляемая Г.И. Тамбиевым. Сегодня ТОО «Интеррин» – это известное на просторах СНГ крупное научно-производственное предприятие, чью продукцию уважают и приобретают для своих нужд десятки горнодобывающих предприятий.

В начале декабря прошлого года Геннадия Исаевичу должно было исполниться 80 лет, но всем его друзьям, коллегам, его семье и родственникам не суждено было отпраздновать его юбилей.

Пусть земля будет ему пухом! Своим неустанным трудом он при жизни воздвиг себе памятник, потому что каждый очередной взрыв своими результатами говорит нам о человеке, создавшем и научную школу, и практическое наполнение такого важного направления в горном деле, как взрывные работы!



КАЗЦИНКОВЕЦ СТАЛ ПОБЕДИТЕЛЕМ «WORLD SKILLS SHYGYS – 2020»

Молодой работник машиностроительного подразделения «Казцинк» в Риддере – «Казцинкмаша» – Савелий Чететкин стал победителем престижного профессионального соревнования. Он занял первое место в номинации «Токарные работы на станках с числовым программным управлением» на V региональном чемпионате «WorldSkills Shygys – 2020», организованном управлением образования Восточно-Казахстанской области.

Мероприятие проходило в конце сентября в Усть-Каменогорске. На чемпионате состязались студенты и работники предприятий по различным компетенциям: от веб-дизайна и кулинарии до машиностроения. Одно из основных условий: возраст участников не должен был превышать 23 лет.

– Я работаю на «Казцинкмаше» уже год, – рассказывает Савелий. – В своей работе пользуюсь другим программным обеспечением для станков, чем то, что было на соревнованиях. Мне за короткий срок пришлось освоить новый язык программирования, чтобы участвовать в конкурсе – весьма непростая задача. На чемпионате поставили цель запрограммировать все элементы токарных работ: фрезеровка, резьба, канавки и другие. Было довольно сложно, но у меня все получилось!

Подготовку Савелий проходил под руководством наставника Романа Скудалова, начальника бюро по инновационным технологиям «Казцинкмаша».

– Соперниками Савелия были еще два участника. Мой подопечный выполнил все задания очень профессионально и вышел на первое место с результатом в 95 баллов, – рассказал Роман Скудалов. – Принимая участие в таких чемпионатах, мы приобретаем ценный опыт, который обязательно пригодится в нашей работе! Ну и доказываем, что мастерство рабочего – это тоже настоящее искусство!

Компания в честь значимой победы решила поощрить талантливого сотрудника и его наставника денежными премиями.



Савелий Чететкин

ЖИДКОСТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ MKS: РАБОТА НА ОТЛИЧНО

Более 70 лет жидкостные пускатели марки MKS обеспечивают работу приводных систем в разных странах мира. Продукция бренда востребована в различных отраслях промышленности, в том числе в переработке минералов и производстве цемента.

Компания MKS – преемник BEA Elektrotechnik und Automation, созданной в 1917 году. Предприятие выпускает жидкостные пускатели, а также оказывает сервисные услуги по обслуживанию данного оборудования.

Являясь комплексным поставщиком, MKS предоставляет решения, включающие монтаж и ввод техники в эксплуатацию, профилактическое техобслуживание, ремонт и модернизацию. Специалисты компании проводят обучение сотрудников клиентов, а также консультируют заказчиков по техническим вопросам.

Изделия марки успешно применяются в измельчительных (дробильных и мельничных) комплексах на ГОК, используются на насосных станциях и электростанциях.

ТОЛЬКО КАЧЕСТВЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Продукция изготавливается на собственном производстве компании в Германии. Жидкостные

пускатели и распределительные установки средней мощности разрабатываются, производятся и проходят испытания в оборудованных современной техникой корпусах.

Применяются оборудование и материалы, соответствующие стандартам DIN VDE и стандартам Национальной ассоциации производителей электротехнического оборудования (США, NEMA). Учитываются коррозионная стойкость, устойчивость к действию нефтепродуктов, возможность работы оборудования вне помещений и в опасных местах, а также другие факторы. Степень защиты выпускаемых приборов – МЭК (IEC).

Высокое качество работы предприятия и производимой продукции подтверждается сертификатом международной системы менеджмента ИСО 9001:2015 (ISO 9001:2015), а также ГОСТ-Р. Компания регулярно проходит аудиторские проверки сертифицирующих организаций.



**40 ЛЕТ
И ДОЛЬШЕ СОСТАВЛЯЕТ СРОК СЛУЖБЫ ЖИДКОСТНЫХ
ПУСКАТЕЛЕЙ MKS**



Königskamp 16,
52428 Jülich, Germany
тел. +49 2461 93-58-0
mks@mks-anlasser.de
www.mks-anlasser.de

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ИЗБАВЛЯЕТ ЗАКАЗЧИКА ОТ ПРОБЛЕМ

Одной из острых проблем горнорудного комплекса является переработка и хранение отходов производства. Шахтные воды и производственные стоки обогатительных комбинатов, сливаемые на рельеф без предварительной очистки, не соответствуют современным природоохранным нормам. Предприятия горнодобывающей отрасли ежегодно платят сотни миллионов тенге за эмиссию в окружающую среду и огромные штрафы за нарушение норм экологической безопасности, но проблема отравления воды, почвы, воздуха по-прежнему остается острой.

Принятый в Казахстане новый Экологический кодекс ужесточил контроль за состоянием промышленных отходов переработки, повысил штрафы и платежи за эмиссию. Несоблюдение природоохранных норм теперь может привести к экономической нецелесообразности производства и даже к закрытию предприятий. В то же время, организации, соблюдающие «зеленый закон» и внедряющие наилучшие доступные технологии, использование которых позволят значительно снизить токсичность и объемы выбросов, могут быть освобождены от платы за эмиссию. Экономическая выгода от внедрения природоохранных технологий и насущная потребность в них очевидны, но кто конкретно готов обеспечить их внедрение на практике – качественно, с гарантированным высоким результатом?

Этой наболевшей теме посвящен цикл наших статей, цель которых – детально разобраться в ситуации и на деле помочь недропользователям в решении существующих проблем.

Своим опытом по внедрению природоохранных технологий с нами делится директор компании «Эргономика» Игорь Владимирович Добровольский.

– Игорь Владимирович, технологии водоочистки – одно из направлений вашей деятельности. Насколько они применимы и целесообразны именно для горнорудного комплекса?

– Наши технологии водоочистки на протяжении нескольких лет успешно внедряются в горнодобывающей отрасли, и на практике показали свою эффективность, в том числе, и с точки зрения природоохранных требований. Поскольку специфика производства у предприятий может быть различной, могут значительно отличаться базовые условия, то прежде всего надо изучить ситуацию и прояснить: чем загрязняется вода в производственных процессах? Здесь есть две основных проблемы.

Во-первых, это большое содержание механической взвеси, которая образуется при ведении работ по проходке горных выработок и добыче полезных ископаемых. Это та пыль, которая вместе с водой, откачиваемой из горных выработок выдается «на гора».

Во-вторых, это растворенные вещества, присутствующие в воде в повышенных концентрациях – соли жесткости, тяжелых металлов, общая минерализация.

Для каждого из загрязнений есть свои специфические методы очистки воды. Одного «волшебного» метода не существует. Это всегда набор стандартных способов, которые надо правильно скомпоновать с учетом специфики конкретного предприятия.

– И вы можете предложить свое решение для каждого вида очистки воды? Вы уже осуществляли это на практике?

– Совершенно верно. Мы можем решать различные задачи. Наш опыт позволяет практически любую воду –



Игорь Владимирович Добровольский
директор компании «Эргономика»

грунтовую, шахтную, сточную, питьевую или речную – довести до нужных для заказчика требований. Мы владеем всем арсеналом методов и технологий: от механической очистки и ультрафильтрации до обратного осмоса и электродеионизации, позволяющей, например, получить особо чистую воду с содержанием 10-20 микрограммов натрия на литр. Именно такая «особая» вода требуется, например, в энергетике. Просто надо четко понимать и заказчику, и нам, для каких целей необходимо очищать воду?

Допустим, часть воды используется для технологических нужд: для охлаждения оборудования или для орошения груди забоя. Зачем ее очищать до питьевых норм? Вода нужна для котлов отопления, которые служат для обогрева АБК, воздуха, подаваемого в ствол

и вахтовых поселков. Многие горнорудные комплексы расположены далеко от городов и в этой ситуации возникает потребность в питьевой воде для нужд АБК и столовой. И в каждом конкретном случае – свои, индивидуальные требования к качеству воды.

При этом мы должны учитывать, что недра, богатые полезными ископаемыми, делают и воду очень разнообразной по составу. Какие только химические элементы не присутствуют в воде! То есть, речь идет о целом комплексе проблем и задач по водоочистке. И все эти задачи мы уже не первый год эффективно решаем. Иными словами, мы должны знать, что у нас «на входе» и понимать, что требуется «на выходе».

– **Давайте подробно и последовательно поговорим обо всех этапах по внедрению технологий водоочистки. С чего начинается ваша работа на горнорудном предприятии?**

– С оценки состояния дел и отбора проб воды. То есть, на первом этапе надо ознакомиться с анализом исходной воды. Причем, для правильного выбора системы очистки нужен анализ за один-два года, лучше – за три, поскольку качество исходной воды может меняться в зависимости от сезона, количества осадков, температуры, глубины горной выработки и других факторов. Как в живом организме, в анализе воды постоянно что-то меняется. Если результатов анализа нет, или они недостоверны, то мы сами делаем отбор воды и сдаем ее в лабораторию.

На втором этапе надо проанализировать: для чего вода используется, в каком количестве и каковы требования для ее очистки. Здесь уже идет распределение по потокам. Например, один поток направляется обратно в горные выработки для технологических нужд, другой – для нужд котельной и теплосети, третий – для жизнеобеспечения вахтового поселка, четвертый выливается на рельеф или в близлежащий водоем и так далее. Потоков может быть много, для каждого из них предусмотрены свои методы очистки. Надо рассмотреть наименее затратные для предприятия технологии, принимая во внимание все факто-

ры: достаточную степень очистки воды для каждого применения, доступность и стоимость технической и питьевой воды для предприятия. Есть в практике случаи, когда питьевая вода на предприятие подается по водоводу с территории другого государства. Не

бесплатно, разумеется. Для вновь строящихся рудников в подобной ситуации можно оказаться от строительства новых, дорогостоящих водоводов. И это будет значительно выгоднее и разумнее.

– **Хорошо. Экспертиза проведена, получен анализ, прояснилась ситуация. Каков следующий этап?**

– Когда мы говорим об очистке сточных вод, то обязательна стадия проектирования. Эту задачу «Эргономика» тоже решает. Мы помогаем комплексно составить техническое задание, делаем инжиниринг и проект, то есть соблюдаем принцип преемственности. Это уже хорошо отработанная практика. Наша сильная сторона в том, что мы являемся компанией полного цикла, то есть, предлагаем инжиниринг, проектирование, поставку оборудования, его монтаж и дальнейшее гарантийное и постгарантийное сопровождение. При этом соблюдается принцип сквозной (от этапа к этапу) ответственности. Почему это важно для заказчика? Зачастую бывает так, что при возникновении каких-либо проблем в работе оборудования поставщики упрекают проектировщиков. А проектировщики сетуют на некачественный монтаж. И те, и другие ссылаются на плохой сервис и эксплуатацию. Наш комплексный подход избавляет заказчика от подобных проблем и неразберихи.

– **Игорь Владимирович, затронутая нами тема не только актуальна, но и обширна. Ее невозможно раскрыть в одной статье. Поэтому мы предлагаем Вам в следующем номере журнала рассказать о следующих этапах внедрения технологий водоочистки на горнорудных предприятиях. О чем будет наша следующая беседа?**

– Я расскажу о том, какие технологии использует «Эргономика», его партнерах, гарантиях и сервисе.

– Спасибо за беседу, Игорь Владимирович.

ТОО НПФ Эргономика

Год основания – 1996.

Профиль деятельности: «Внедрение энергосберегающих и экологических технологий в ЖКХ и промышленности.

Численность персонала: около 100 человек.

Реализованные проекты: модернизация систем водоснабжения крупных городов и горнорудных производственных комплексов (Атырау, Актобе, Тараз, Семей, Караганда, Жезказган, Нур-Султан и т.д.).

Возможности: проработка решения поставленных задач «от инжиниринга до сервисного контракта», с возможностью организации финансового лизинга и взаимодействия в рамках «Ресурсного контракта».

Республика Казахстан, 100019, г. Караганда,
ул. Кривогуза, 57/2, тел: 8(7212) 91-01-01

info@ergonomika.kz

www.ergonomika.kz

*Интервью подготовил Владимир Вишняков
Продолжение читайте в следующем номере*

Код МРНТИ 52.35.29

Н.А. Дрижд, Р.Қ. Қамаров

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ГАЗ ҚОРЛАРЫН ЕСЕПТЕУДЕГІ ҚАРАҒАНДЫ БАССЕЙНІНІҢ КӨМІР ТАҚТАЛАРЫНЫҢ МЕТАНЫ: ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ

Андатпа. Мақалада көмір тақталарының метаны өнеркәсіптік өндірудің әлемдік тәжірибесі қарастырылған. Шетелдіктермен салыстырғандағы көмір кен орындарының геологиялық шамашарттарын салыстырмалы талдау жүргізілген. Көмір тақталарынан метан газын үдемелі алудың және Қарағанды бассейнінде оның қорларын кешенді игеруге дайындықтың технологиясы негізделген. Экологиялық жүктемені төмендетудің және халықты арзан отынмен қамтамасыз етудің арқасында метанды өндіру бойынша жобаны іске асыру әлеуметтік нәтиже береді. Арзан және сапалы шикізатты пайдаланудың арқасында газ, сондай-ақ металлургия және химия салалары дами алады. ҚарМТУ-нің ғылыми жетістіктегі технологияларын және шетелдік технологияларды тікелей пайдалану метанның тиімді өндірілуінің негізін құруға және еліміздің басқа аймақтарына және басқа да кен орындарына бұл технологиялардың таралу мүмкіндігін жоспарлауға мүмкіндік туғызады.

Түйінді сөздер: метан, метан қорлары, көмір тақталары, өндірудің болашағы, газсыздандыру, өнеркәсіптік пайдалану.

Метан угольных пластов Карагандинского бассейна в газовом балансе Республики Казахстан: состояние и перспективы

Аннотация. Рассмотрен мировой опыт промышленной добычи метана угольных пластов. Произведен сравнительный анализ геологических параметров угольных месторождений в сравнении с зарубежными. Обоснована технология интенсивного извлечения газа метана из угольных пластов и подготовка к комплексному освоению его ресурсов в Карагандинском бассейне. Реализация проекта по добыче метана будет иметь социальный эффект за счет обеспечения населения дешевым топливом, и снижения экологической нагрузки. Получат развитие газовая, а также металлургическая и химическая отрасли за счет использования качественного и дешевого сырья. Прямое использование научных разработок КарГТУ и зарубежных технологий позволяет создать основу для эффективной добычи метана и планировать возможность последующего распространения этой технологии на остальные месторождения и других регионов страны.

Ключевые слова: метан, запасы метана, угольные пласты, перспективы добычи, дегазация, промышленное использование.

Coal bed methane Karaganda basin in the gas balance Republic of Kazakhstan: status and prospects

Abstract. The article considers the global experience of industrial coal bed methane mining. A benchmarking analysis of the geological parameters of coal deposits in comparison to foreign ones has been made. The technology of intensive extraction of methane gas from coal seams and preparation for the integrated development of its resources in the Karaganda coal basin has been justified. The implementation of the methane extraction project will have social returns by providing population with cheap fuel and reducing the environmental burden. Gas industry, as well as metallurgical and chemical industries, will be developed by industrial use of high-quality and cheap raw materials. The direct use of KSTU scientific developments and foreign technologies allows to create the basis for effective methane production and planning the possibility of further extension of this technology to other fields and other regions of the country.

Key words: methane, coal seam, production prospects, degassing, industrial use, experience, methane reserves, technology, mining, extraction project.

Шамамен 70 елде көмір бассейндері орналасқан және олардың 40-тан астамы бір немесе басқа нысанда көмір өнеркәсібінің метаның (КӨМ) дамыту бойынша жұмыстарды орындаумен бастады. Шамамен 20 елде бұрғылаудың белсенді бағдарламалары қазіргі кезде жалғасуда немесе бұрынғы кезде орындалған.

Заманауи көмір кен орындары негізінде газдылы көмір болып саналады, өйткені олардағы метанның қорлары табиғи газдың қорларымен салғастырылмалы. Көмір тақталарының әлемдік метан қорлары 260 трлн м³ бағаланады, ал айтарлықтай қорлар келесі дамушы елдерде шоғырланған: Ресей – 84 трлн м³, АҚШ – 60 трлн м³, Қытай – 28 трлн м³, Австралия – 22 трлн м³, Үндістан – 18 трлн м³, Германия – 16 трлн м³, ОАР – 13 трлн м³, Канада – 8 трлн м³, Қазақстан – 8 трлн м³, Украина – 8 трлн м³ және Польша – 3 трлн м³.

Соңғы жиырма жыл ішінде әлемнің көптеген кен өндіруші елдерінде көмір шөгінділеріндегі метанның үлкен қорларын игеруге көп көңіл бөлуде.

Көмір тақталарының метанын әлемдік өндіру 2020 жылға қарсы үш есе өседі және 470-600 млрд м³/жылына құрайды, демек әлемдік табиғи газды өндірудің 15-20% құрайды. Келешекте 2050 жылға қарсы көмір метанын өнеркәсіптік өндіру әлемде 1 трлн м³/жылына жетуі мүмкін. Бұл әлемдік табиғи газды өндірудің 30-40% құрайды [1].

Өткен ғасырдың 60-70-ші жылдарында алғаш рет көмір қабаттарынан метанды алдын ала алудың

орындылығы мен экономикалық тиімділігі бұрынғы КСРО ғалымдарымен дәлелденген. Осы идеялардың іс жүзінде жүзеге асырылуы және метанның кең көлемді өнеркәсіптік өндірілуі Америка Құрама Штаттарында 1980-ші жылдардың аяғынан бастап жүзеге асырылды. Онда көмір тақталарынан газды өндіру бойынша өндіріс саласы құрылды және жұмыс істейді. Көмір өнеркәсібінің метаның өндірудің алғашқы жобасынан бастап АҚШ осы салада көшбасшылық орын алуда. АҚШ бұл сала әлі де жақсы дамыған. Бұл салада шамамен 200 американдық фирмалар жұмыс істейді. Соңғы 10 жылда КӨМ өндіру 80 млрд м³/жылына дейін өсті. Бұл АҚШ-тың дәстүрлі газ өндірісінің шамамен 12% құрайды. Нью-Мексико және Колорадо штаттарының шекарасындағы Сан-Хуан көмір бассейнінде, сондай-ақ, Алабама штатының Блэк-Ворриор бассейнінде қазылмаған көмір тақталарынан негізгі метанды өндіру жүргізілуде. Бұндағы метанның қорлары сәйкес 2,4 трлн м³ және 560 млрд м³ бағалануда. АҚШ Сан-Хуан бассейні метанды өндірудің жетекші аймағы болып саналады. Ол көмір тақталарынан метанды өндірудің 60% астамын қамтамасыз етеді [2].

Қазір оларды Австралия, Қытай және басқа да елдер тез озып жетуде. 1995 жылы көмір тақталарынан метан мүлдем өндірілмеді, ал 2010 жылы бұл елдегі көмірдің үлкен қорынан шамамен 5,5 млрд м³ метан

Қазақстанның негізгі көмір кен орындарындағы метанның болжамды қорлары

Кесте 1

Прогнозные ресурсы метана основных угольных месторождений Казахстана

Таблица 1

Forecast methane resources of Kazakhstan's main coal deposits

Table 1

Бассейндер, кен орындары, учаскелер	Көмірдің геологиялық қорлары, млрд т	Метандылық, м ³ /т	Метанның қорлары, млрд м ³	Метан қорларының тығыздығы, млрд м ³ /км ²
Қарағанды бассейні	30,4	10-27	846,3	0,4-0,8
Екібастұз бассейні	9,8	11-20	75,0	1,3-3,1
Завьяловск	0,529	17	14,6	0,03
Самара	0,732	15	11,0	0,05
Нұра	0,491	12	5,9	0,17
Ақжар	0,421	8	3,4	0,08
Теңіз-Қоржанкөл бассейні	2,1	12	45,0	0,26
Қойтас	2,7	12	32,4	0,08

өндірілді. Қазір метанды өндірудің жылдық өнімі шамамен 10 млрд м³ құрайды.

Ұлыбритания, Германия, Польша, Қытай метанның өнеркәсіптік өндірілуін жүргізуде, ал Қытай өзінің метан өндіруінің ауқымдылығымен таңқалдыруда. Бұнда көмір тақталарынан метанды шығарып алуға назар 1990 жылдың басынан басталды. Осы қорлардың құндылығын түсіне отырып, Қытай үкіметі көмір тақталарының метаның игеруді бесжылдықтың ең ірі 16 жобасының бірі деп атады. 2015 жылға метанды өндірудің мақсаттық көрсеткіштері 30 млрд м³, ал 2020 жылға қарай 50 млрд м³ құрайды [2].

Ресейде метанды өнеркәсіптік өндіруді ұйымдастыру бойынша жұмыстар 1995 жылдан бастап жүргізілуде. Кузбаста метанды өнеркәсіптік өндірудің жұмыстары жүзеге асырылуда. Ресейде көмір газын өнеркәсіптік өндірудің тиімділігі қолайлы геологиялық жағдайларға және көмір бассейндерінің газдылығымен байланысты. 2003 жылы «Газпром» АҚБ Кузбаста метанды өндірудің болашағын бағалауды бастады. Бірінші тәжірибелік төтелдер бұрғыланды. Қазіргі уақытта барлау төтелдерін сынақтан өткізу басталды. Кузбаста көмір тақталарының метанын өндірудің тұрақты деңгейі 4 млрд м³ жылдық көлемде жобалануда. Болашақта 17-19 млрд м³ жылына құрауы мүмкін [3].

Президент пен Үкіметтің энергетика және жылу салаларын қайта құрылымдау жөніндегі бағдарламасы елдегі мәселелерді шешуге бағытталған. Ол үлкен көлемде инвестицияларды қажет етеді. Қазіргі сәттен бастап 2050 жылға дейінгі бағдарламаны іске асыруға арналған қажет инвестициялардың жалпы сомасы жыл сайын орташа есеппен 3-4 млрд АҚШ долларын құрайды. Осы көлемдегі негізгі қаражат – шамамен 90 млрд АҚШ доллары немесе 2050 жылға дейінгі кезеңдегі барлық инвестициялардың 3/4 бөлігі энергия тиімділігі мен жаңартылатын энергия көздерін дамытуға, сондай-ақ, газ инфрақұрылымын құруға бағытталған¹.

Таяу 20 жыл ішінде Қазақстан айтарлықтай жаңару мен инфрақұрылымды дамытудан өтеді. Ресурстарды тиімді пайдаланатын жаңа инфрақұрылымды құру үшін елде ерекше мүмкіндік жасалады. Әйтпесе, қандай да бір

іс-қимыл болмаған жағдайда, ел жақын арада ескірген және бәсекеге қабілетсіз инфрақұрылым мәселесіне тап болады.

Қазақстан Республикасының 2030 жылға дейінгі кезеңдегі экономикалық даму тұжырымдамасы біртұтас және экономикалық тәуелсіз ұлттық отын-энергетикалық өнеркәсіпті құруды қарастырады. Елдің отын-энергетикалық кешенін дамытудың нақты бағыты – энергия шикізатының дәстүрлі емес көздерін зерттеу және іске асыру, олардың ішінде ең маңыздыларының бірі көмір тақталарының метаны.

Көпжылдық зерттеулердің негізінде Қазақстанның ғалымдары көмір кен орындарындағы метанның қорларын бағалау жұмыстарын жүргізді және бұны әлемнің белгілі мамандары растады (1 кесте). Қазақстан көмір кендерінің ірі дәрменді метан қорларына ие болуда және оның қорларының 8 трлн м³ астам құрауы бізді көмір қорлары бар елдердің арасында 9-шы орынға шығарады [2].

Қазақстанның Солтүстік және Шығыс аймақтарында көптеген кен орындары әлі толығымен зерттелмеген болып саналады, сондай-ақ, болашақта үлкен көлемдегі қорларды игеруге көңіл бөлінуде. Алдын-ала есеп бойынша, оларда кемінде 600 млрд м³ метан қорлары шоғырланған. Қазақстан Республикасының негізгі көмір өндіруші Қарағанды және Екібастұз көмір бассейндерінен ең нақты және орнықтылы мәліметтер алынды. Қорлардың көлемі бойынша бұл бассейндер әлемдегі ең ірі бассейндердің қатарына жатады, ал Екібастұз көмір бассейні әлемде метан қорларының тығыздық ауданы бойынша теңдесі жоқ.

Отандық мамандардың есептеулері көрсеткендей, метанды өнеркәсіптік өндіру үшін көмір тақталарындағы метан қорларының тығыздығы кем дегенде 150-300 млн м³/км² құрауы қажет. Қарағанды және Екібастұз көмір бассейндері бұл көрсеткіштерді едәуір асырады. Мысалы, Қарағанды бассейнінде метан қорларының тығыздығы 400-800 млн м³/км², ал Екібастұз бассейнінде – 1300-3100 млн м³/км² құрайды. Екібастұз бассейнінің мәліметтері бойынша бассейн әлемдегі ең болашақты бассейндердің бірі болып табылады.

Көмірдегі метан көмір бөлшектерінің бетінде сорылған күйде, сондай-ақ, көмір затының органикасында ол еріген күйде, ал көліктерде, жабық каналдар мен кеуектерде бос

¹Қазақстан Республикасының «жасыл экономикаға» өтуі бойынша тұжырымдамасы. – Астана, 2013. – 11 б. (орыс тілінде).

Көмір кен орындарының геологиялық шамашарттарын салыстырмалы талдау

Кесте 2

Сравнительный анализ геологических параметров угольных месторождений

Таблица 2

Comparative analysis of coal deposits, geological parameters

Table 2

Геологиялық шамашарттар/ бассейні, ел	Қарағанды бассейні, 1800 м тереңдікке дейін	Блэк-Ворриор бассейні (США)	Ұлыбритания	Германия	Польша
Метанның қорлары, млрд м ³	846,3	566	2000	16000	3000
Геологиялық жасы	Төменгі – жоғарғы карбон	Төменгі жоғарғы карбон	Карбон	Карбон	Карбон
Көмір тақталарының жалпы қуаты, м	110	7,6	6-24	6-24	20-70
Тақталардың ең көп қуаты, м	9,0	1,5	1,5-2	1,5-2	24
Құрылымдық пішіндері	Қолайлы, үзік бұзылыстар, дөңес пішінді қатпарлар. 1800 м тереңдікке дейін	Қолайлы, келісімді үзік бұзылыстар, дөңес пішінді қатпарлар. 1500 м тереңдікке дейін	Қолайлы, үзік бұзылыстар, торлар. 2000 м тереңдікке дейін	Қолайлы, үзік бұзылыстар, торлар. 2000 м тереңдікке дейін	Қолайлы, үзік бұзылыстар, торлар. 2000 м тереңдікке дейін
Көмірдің туматасты өзгерісі (маркасы)	Г-Т	Ж-Т	Д-А	Ж-А	Д-Ж
Газдың мөлшері, м ³ /т, Газды шақтылардың болуы	0-40 (орташа-21), газды шақты	0-17 (орташа-11), газды шақты	0-17 (орташа-11), газды шақты	0-18 (орташа-6,3), газды шақты	1-7 Газды шақты
Су динамикасы	10 г/дм ³ дейін тұзды су, қысымды	Тұзды су	10 г/дм ³ дейін тұзды су, жарықшақтардың минералдануы	Тұзды су	Қалыптасқан сулар өте тұзды

күйде болады. Көмірдегі газдың мөлшері мыналарға байланысты: тақталардың жатыс тереңдіктеріне; көмірлердің тумасты өзгеріс дәрежесіне; жатыс жағдайларына (құрылымдарына) және басқа да көптеген факторларға. Әлемдік тәжірибелермен және Орталық Қазақстанның көмір кен орындарының геологиялық шамашарттарын (жоғары көмірлігі, өте жоғары газдылығы, көмірдің қалыптасуының геологиялық тарихы) шетелдіктермен (мұнда көмір тақталарында метанды өндіру бойынша жобалар сәтті жүзеге асырылған) салыстырмалы түрде салыстыра және негізде, шетелдік жобаларды Қарағанды бассейнінде дамытудың қажет екендігі жөнінде тұжырым жасалынды (2 кесте).

Қарағанды бассейніндегі көмірсутекті газдардың пайда болуы көмірдің аймақтық туматасты өзгерісіне байланысты. Бассейн әлемдегі ең бір жоғары газдылы болып саналады. Көмірлер табиғи метандылығы 25-40 м³/т құрайтын шамалармен ерекшеленеді. Ең жоғары газдылықпен ашлярик және қарағанды тақталарының нөкерлері ерекшеленеді. Шамамен 400 м тереңдіктерде Қарағанды бассейні тақталарының негізгі нөкерлерінде газдың мөлшері 22-25 м³/т жетеді, ал Шөрібай-Нұра және Тентек аудандарында ол 25-27 м³/т дейін өседі. Бұл аудандарда газдың үгілу аймағы сәйкес 120-175 м

және 130-160 м тереңдіктерде орналасқан. Көмір тақталарының метандылығы олардың жатыс тереңдіктерімен өседі. Көмірдің маркасына байланысты Қарағанды бассейнінің көмір тақталарының орташа газдылығы келесі мәліметтермен сипатталынады² (1 сурет).

Сондықтан Қарағанды бассейні тек қана көмір бассейні ғана емес, сонымен қатар көмірлік қыртыстарда метанның таралуының нақты жағдайларына байланысты ірі көмір-метанды кен орындары болып саналады. Әр түрлі ақпарат бойынша 1800 м-ге дейінгі тереңдікте Қарағанды бассейнінде 1,0-4,0 трлн м³ газ құрайды (3 кесте). Бұнда жыл сайын жерасты көмір тақталарын игеру кезінде газсыздандыру және желдету тәсілдерімен шамамен 400 млн м³ газ алынады. Бұндай жағдайда метанның жалпы шығарындыларының 15% шақтылық қазандықтарда отын ретінде пайдаланылады [1, 4].

Шақты алаптарын газсыздандыру мәселесі әрдайым бірінші кезекте тұрған және тезірек шешімді қажет ететін бағыттар болып қала бермек. Метанның кенеттен бөлінісі көптеген адамдардың өліміне, материалдық және қаржылық шығындардың жоғалымына әкеледі. Соңғы 5 жыл ішінде ТМД елдерінің көмір шақтыларында болған апаттардың жалпы саны 90-93% құрады. Көмір

²Қарағанды бассейніндегі көмірсутекті газдың ресурстары мен қорларын бағалау. ҒЗЖ есебі (қорыт.). // «Қазгеология орталығы» МӨБ, Қарағанды политехникалық институты. / Жет. Ермеков М.А., орынд. Сипович В.И. және т.б. – Қарағанды: ҚарПТИ, 1989. – 160 б. (орыс тілінде).

Кесте 3

Қарағанды бассейнінің көмір тақталарының метан қорлары

Таблица 3

Ресурсы метана угольных пластов Карагандинского бассейна

Table 3

Coal seams methane resources of the Karaganda basin

Участкелер	Қорларды бағалаудың тереңдігі, м	Метанның қорлары, млрд м ³
<i>Шөрібай-Нұра синклинали</i>		
Тентек ойысы (мульда)	940	1,1
Тентек ойысы (мульда)	1400	19,6
Тайыз ойыстар	300-600	3,2
Солтүстік-батыс синклинальдың қанаты	1100	39,5
Шығыс синклинальдың қанаты	700 дейін	50,7
	700-1500	207,0
Синклинальдың қалған қазымдалмаған бөлігі	200-1500	292,5
Манжин антиклиналі	1800	4,8
Барлығы		618,4
<i>Қарағанды синклинали</i>		
Саран учаскесінің терең деңгейжиектері	1400	26,3
Талдықұдық участкесі	1300	28,2
Саран және Талдықұдық учаскелерінің арасындағы аудан	1400	67,6
Батыс синклинальдың қанаты	700	5,9
Оңтүстік-шығыс синклинальдың қанаты және оның терең деңгейжиектері	1500	75,0
Солтүстік-батыс синклинальдың қанаты	700	24,9
	Барлығы	227,9
Жалпы бассейн бойынша		846,3

тақталарының жоғары газдылығы шақтыларда метан атылыстарының негізгі себептерінің бірі болып саналады. Бұл адам трагедиясына әкеледі. Тек қана Қарағанды бассейнінің шақтыларында соңғы 20 жыл ішінде метан атылыстарынан 138 адамның өмірі қиылды^{3,4}.

Жоғарыда айтылған барлық мәселелерді көмір тақталарынан метанды өндіру кезінде кешенді шешуге болады. Қазіргі уақытта метан көп мөлшерде қоршаған ортаға лақтырылуда. Соңғы жылдары көмір шақтыларын газсыздандыру, сондай-ақ, көмір шақтыларының метаның өнеркәсіптік өндіру және «бейбіт түрде» құнды, дәстүрлі емес экологиялық таза энергияны сақтандыратын метанды пайдалану мәселесі бірнеше рет көтерілді.

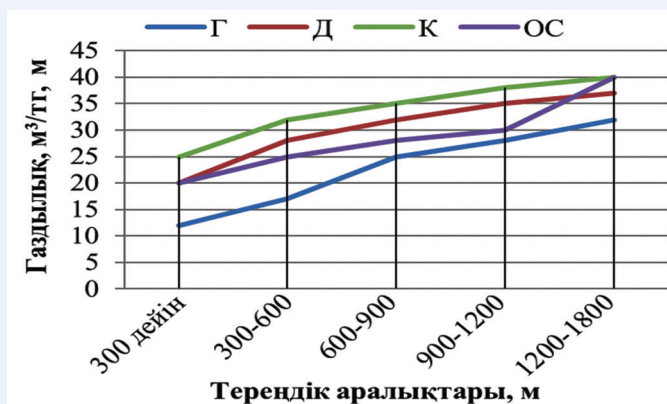
Көмір өнеркәсібінің метаның өндірудің тәжірибесі Қарағанды бассейнінде де бар. Қарағанды бассейнінде жер бетінен тік төтелдерді бұрғылаудың арқасында көмір тақталарын гидравликалық бөлшектеу, сондай-ақ, тақталарды алдын-ала газсыздандыру бойынша тәжірибелік және эксперименттік жұмыстар сәтті жүргізілгенін атап өткенін жөн болады. 60-шы жылдардан бастап, Мәскеу тау-кен институтымен (университет) бірлесіп отырып, «Қарағандыкөмір» ӨБ және ҚҒЗКИ мамандары Қарағанды бассейнінің шақтыларында көмір тақталарын гидравликалық бөлшектеу бағыты бойынша ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-өнеркәсіптік жұмыстар жүргізді. Жұмыстардың мақсаты – табиғи газдылықты және қуатты қ₁₂ және d₆ көмір тақталарының лақтырысқа қауіптілігін

азайту. 1961 жылы проф. Н.В. Ножкинмен (Мәскеу тау-кен институты (МТКИ), қазіргі уақытта (ММТКУ)) қ₁₂ тақтасын (Жоғарғы Марианна) гидравликалық бөлшектеу бойынша жұмыстар жүргізді. Гидравликалық бөлшектеу бойынша жұмыстар ішкі тақталық жарықшақтарды ашу және орнықтыру үшін ұсақ кварц құмымен қоспа суын жоғары қысыммен айдау арқылы жүзеге асырылады. 1967 жылы проф. Ю.Ф. Васючковпен (МТКИ – ММТКУ) бірінші рет өнеркәсіптік ауқында Костенко атындағы шақты алабының қ₁₂ тақтасына тұз қышқылының ерітіндісін енгізе гидравликалық бөлшектеу арқылы технологиялық схема сыналды.

2014 жылы көмір тақталарының нөкерлеріне гидравликалық бөлшектеу бойынша жұмыстар Қарағанды бассейнінің 9 шақтыларында жүргізілді. Көмірдің геологиялық қорларының 80 млн тоннадан астамы өңделді. 1961-2014 жылдар аралықтарында Қарағанды бассейнінің шақтыларында алдын-ала газсыздандыру бойынша жүргізілген жұмыстардың тәжірибесінің арқасында көмір тақталарының газдылығы мен лақтырыс қауіптіліктерінің төмендетілуі, осы әдістің тиімділігі мен болашағын дәлелдеді. Тау-кен қазбаларының газбөлгіштігі 30-70% төмендеуі қамтамасыз етілді, гидравликалық бөлшектеу төтелдерінен 5-7 м³/мин дейін метан өнімінің (дебит метана) жоғары көрсеткіштері тіркелді. Бұл жұмыстар осы күнге дейін «АрселорМиттал Темиртау» ҚД АҚ шақтыларында жүргізілуде.

³Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ. Қарағанды бассейнінің шақтыларында метан қауіпсіздігінің әдістерін бағалау: монография. – Қарағанды: ҚарМТУ баспасы, 2019. – 191 б. (қазақ тілінде).

⁴Қамаров Р.Қ., Жайсанбаев Н.А. Көмір саласының кешенді дамуын қамтамасыз етуде газсыздандыру жұмыстарын зерттеу және жетілдіру жолдары: монография. – Қарағанды: ҚарМТУ баспасы, 2016. – 167 б. (қазақ тілінде).



Сурет 1. Көмірдің маркасына байланысты тереңдік аралықтарда Қарағанды бассейнінің көмір тақталарының газдылығын болжау.

Рис. 1. Прогнозная газоносность угольных пластов Карагандинского бассейна в интервалах глубин в зависимости от марки угля.

Figure 1. Expected gas content of Karaganda basin's coal seams in depth intervals depending on the type of coal.

Метанды өнеркәсіптік өндіруді ұйымдастыру және көмірді қазуды басып оза көмір тақталарын алдын-ала белсенді газсыздандыру, көмір өндіру жұмыстарының қауіпсіздігін едәуір арттырады және атмосфераға метанның лақтырысын біршама төмендетеді. Игерілетін көмір кен орындарының метаны қуыстық (саңылаулық) газдардың бірі болып саналады, сондай-ақ, мәнділігі бойынша көмірқышқыл газынан кейін екінші орынды алады. Қазақстанның ашық кеніштерінен және шақтылардан көмірді қазу кезінде жыл сайын 1 млрд м³ дейін метан лақтырылады. Метан атмосфераға енген кезде қуыстық (саңылаулық) әсерді дамытуға маңызды рөл атқарады. Қазақстан Киото хаттамасына қол қойды және ратификациялады. Ол мемлекеттердің қуыстық (саңылаулық) газдар лақтырыстарын азайту бойынша міндеттемелерді алғаш рет анықтап, жаңа әлемдік нарықты құру үшін жағдайлар жасады. Демек, көмірсутегінің квоталарымен сатудың нарығын құрды және экономикалық механизмдерді іске асыруға ниет білдірді. Осыған байланысты көмір тақталарының метаның өндіруді ұйымдастыру және кәдеге жарату еліміздің әлемдік қоғамдастықтың алдында қойған міндеттемелерін орындауға мүмкіндік туғызды. Сонымен қатар, Қазақстандағы көмір кен орындарының метаның өндіру және кәдеге жарату бағдарламасын іске қосу жылу электр станцияларындағы жағылған көмірдің мөлшерінің қысқаруына және сәйкес, көмірдің жануы кезінде пайда болған зиянды компоненттердің атмосфераға

лақтырысының азаюына, сондай-ақ, жиналынған қатты қалдықтардың мөлшерінің төмендеуіне әкеледі.

Қазақстанның метан-көмір кен орындарын игеру келесі мүмкіндіктерді туғызады:

- газ электр станцияларында, қазандықтарда және жылу электр станцияларында жағу арқылы электр энергиясын өндіру үшін экономика салаларында көмір тақталарының метаның пайдалануға (Қарағанды қ. қазандықтарында метанды пайдалану тәжірибесі жеткілікті);
- тұрмыстық мақсаттар ретінде тұрғындарды отынмен орталықтандырылған және бөлшектендірілген түрде қамтамасыздандыру үшін – пәтерлер газы және автомобиль көлігіне арналған отын ретінде;
- синтетикалық материалдар өндірісінде, металлургиялық және химиялық өнеркәсіптерде отын ретінде пайдалану үшін;
- атмосфераға лақтырылатын газдың мөлшерін азайту арқылы экологиялық құрамдастарды азайту.

Мұның бәрі, көмір тақталары метанының кең ауқымды өндірілуінің ұйымдастырылуы заманауилы екендігін, сондай-ақ, әлеуметтік қажетті және экологиялық тұрғыдан қарастырғанда тиімді жоба екендігін растайды.

Қорытындылар

1. Қазақстандағы экологиялық жағдайларды жақсарту, энергетикалық қауіпсіздіктерді арттыру, көмірді өндірудің қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша шараларды қабылдаудың қажеттілігі көмір тақталары метаның өнеркәсіптік өндіруде заманауи және тиімді технологияларды іздеу, дамыту және қолдану мақсаттарын тұжырымдайды⁵ [5].

2. Шахталық массивтерді алдын ала Белсенді газсыздандыру шахталарда метан-ауа қоспаларының жанғыштығын және атқылауын төмендетеді, бұл шахтерлердің өлімі мен жаракаттануының төмендеуіне әкеледі.

3. Көмір кен орындарының метаның пайдалану Қазақстанның бірнеше аймақтарындағы әлеуметтік-экономикалық жағдайды едәуір жақсартады.

4. Метанды алдын-ала шығарып алу технологиясын енгізу жылына 3-4 млрд м³ метанды өндіруге және Орталық Қазақстан мен Нұр-Сұлтан қаласының 50 жылдам астам уақытта барлық қажеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік туғызады және жаңа отын-энергетикалық саланың дамуына негіз бола алады.

5. Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің ғылыми жетістіктегі технологияларын және шетелдік технологияларды тікелей пайдалану метанның тиімді өндірілуінің негізін құруға және еліміздің басқа аймақтарына және басқа да кен орындарына бұл технологиялардың таралу мүмкіндігін жоспарлауға мүмкіндік туғызады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х., Ахматнуров Д.Р., Шмидт И.М. Көмір метаны, тарихы, мәселелері, өндіру мен пайдаланудың болашағы. // Университеттің еңбектері. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2013. – №2. – Б. 51-55. (орыс тілінде).
2. Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х., Ли К.Д. Метандылық және газсыздандырудың тиімділігіне әсер етуші факторлар. // Университеттің еңбектері. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2013. – №2. – Б. 75-77. (орыс тілінде).

⁵Өнертабысқа патент №32858 / Н.А. Дрижд, Ф.А. Муллағалиев, Е.Е. Ақбаров, В.С. Портнов, Р.Қ. Қамаров, Д.Р. Ахматнуров, Р.А. Мусин, Н.М. Замалиев // Көмір қабаттарынан метанды алу әдісі. – Астана: ҚР ӘМ, Өтінім №2016/0604.1 11.07.2016. Қазақстан Республикасы Өнертабыстардың мемлекеттік тізілімінде тіркелді 14.05.2018. Бюл. №21. – 3 б. (орыс тілінде).

3. *Сторонский Н.М., Хрюкин В.Т., Митронов Д.В., Швачко Е.В. Көмір қыртыстарының дәстүрлі емес метан қорлары. // Ресейдің химиялық журналы. – М., 2008. – №6. – Б. 63-72. (орыс тілінде).*
4. *Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х., Ахматнуров Д.Р. Қарағанды облысының көмір саласының дамытылуын ғылыми-техникалық қамтамасыз ету. // Университеттің еңбектері. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2013. – №2. – Б. 55-58. (орыс тілінде).*
5. *Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ., Жайсанбаев Н.А. Қарағанды бассейнінің шақтыларында метан қауіпсіздігін бағалау жөнінде жалпы мәлімет. // «Адам капиталы – бұл қоғам дамуының іргелі негізі және төртінші өнеркәсіптік революцияның қозғаушы күші»: Халықаралық XVIII Байқоңыр оқулары материалдарының жинағы. – Жезқазған: «ЖезУ» АҚ, 2018. – Б. 135-138. (қазақ тілінде).*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х., Ахматнуров Д.Р., Шмидт И.М. Угольный метан: история, проблемы, перспективы добычи и использования. // Труды Университета. – Караганда: КарГТУ, 2013. – №2. – С. 59-62. (на русском языке).*
2. *Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х., Ли К.Д. Метаноносность и факторы, влияющие на эффективность дегазации. // Труды Университета. – Караганда: КарГТУ, 2013. – №2. – С. 75-77. (на русском языке).*
3. *Сторонский Н.М., Хрюкин В.Т., Митронов Д.В., Швачко Е.В. Нетрадиционные ресурсы метана угленосных толщ. // Российский химический журнал. – М., 2008. – №6. – С. 63-72. (на русском языке).*
4. *Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х., Ахматнуров Д.Р. Научно-технологическое обеспечение развития угольной отрасли Карагандинской области. // Труды Университета. – Караганда: КарГТУ, 2013. – №2. – С. 55-58. (на русском языке).*
5. *Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Жайсанбаев Н.А. Общие сведения об оценке безопасности метана на шахтах Карагандинского бассейна. // «Человеческий капитал – фундаментальная основа развития общества и движущая сила четвертой промышленной революции»: Сборник материалов Международных XVIII Байконуровских чтений. – Жезказған: АО «ЖезУ», 2018. – С. 135-138. (на казахском языке).*

REFERENCES

1. *Drizhd N.A., Sharipov N.K., Akhmatnurov D.R., Schmidt I.M. Coal bed methane: history, problems, prospects of production and use. // Universitettin enbekteri – University's works. – Karaganda: KSTU, 2013. – №2. – P. 59-62. (in Russian).*
2. *Drizhd N.A. Sharipov N.K., Li K.D. Methane content and factors affecting the efficiency of degassing. // Universitettin enbekteri – University's works. – Karaganda: KSTU, 2013. – №2. – P. 75-77. (in Russian).*
3. *Storonsky N.M., Khryukin V.T., Mitronov D.V., Shvachko E.V. Unconventional methane resources of coal-bearing stratas. // Russian Journal of General Chemistry. – Moscow, 2008. – №6. – P. 63-72. (in Russian).*
4. *Drizhd N.A., Sharipov N.K., Akhmatnurov D.R., Scientific and technological support for the development of the coal industry of the Karaganda region. // Universitettin enbekteri – University's works. – Karaganda: KSTU, 2013. – №2. – P. 55-58 (in Russian).*
5. *Drizhd N.A., Kamarov R.K., Zhaysanbayev N.A. General information about the assessment of methane safety in the mines of the Karaganda basin. // «Human capital – the fundamental basis for the development of society and the driving force of the fourth industrial revolution»: Collection of materials of the International XVIII Baikonur readings. – Zhezkazgan: JSC «ZhezU», 2018. – P. 135-138. (in Kazakh).*

Авторлар туралы мәліметтер:

Дрижд Н.А., техника ғылымдарының докторы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), *n_drizhd@mail.ru*

Қамаров Р.Қ., техника ғылымдарының кандидаты, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры, Біліктілікті жоғарылату институтының директоры (Қарағанды қ., Қазақстан), *ipk@kstu.kz*

Сведения об авторах:

Дрижд Н.А., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), *n_drizhd@mail.ru*

Камаров Р.К., канд. техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», директор Института повышения квалификации Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), *ipk@kstu.kz*

Information about authors:

Drizhd N.A., Doctor of Technical Science, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), *n_drizhd@mail.ru*

Kamarov R.K., Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits», Director at the Institute for Advanced Studies of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), *ipk@kstu.kz*

Код МРНТИ 52.13.19:38.61.17

И.П. Поезжаев¹, К.Р. Светлакова^{2,3}¹Товарищество с ограниченной ответственностью «МА Innova» (г. Алматы, Казахстан),²Товарищество с ограниченной ответственностью «Институт высоких технологий» (г. Алматы, Казахстан),³Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ЗАКОНТУРНОГО РАСТЕКАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ С ВОЗНИКНОВЕНИЕМ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ УРАНА В НЕЙТРАЛЬНЫХ СРЕДАХ

Аннотация. Управление добычей урана способом подземного скважинного выщелачивания при минимуме методов оперативного контроля считается довольно сложной задачей. Так, одной из проблем является недостижение баланса между выщелачивающими и продуктивными растворами, что приводит или к растеканию растворов за пределы технологического блока, или к подтягиванию пластовых вод к откачным скважинам. В статье рассмотрен феномен обнаружения высоких концентраций урана в пластовой воде с нейтральным pH, что является одним из следствий законтурного растекания растворов в несмежный блок одного из месторождений Чу-Сарьсуйской ураноносной провинции. Проведен анализ геологических особенностей участка, построены расчетные модели, отражающие дебаланс растворов, модели гидродинамики и массопереноса. Выполнена верификация модели на основании данных по наблюдательным скважинам.

Ключевые слова: концентрация урана, оруденение, дебаланс растворов, закисление, выщелачивание, технологический раствор, законтурное растекание, расчетная модель.

Бейтарап ортада уранның жоғары шоғырлануына байланысты технологиялық ерітінділердің шектен тыс таралуының геохимиялық әсері туралы

Аңдатпа. Жедел басқару әдістерінің тапшылығына байланысты уранды жерасты ұңғымалық шаймалау әдісімен өндіру күрделі мәселелердің бірі болып саналады. Сонымен, мәселелердің бірі ретінде – шаймалау ерітіндісі мен өнімді ерітінді арасындағы теңгерімнің болмауын атап өтуге болады. Бұл өз кезегінде ерітіндінің технологиялық блоктың сыртына таралуына немесе сору ұңғымаларына қарай қабаттағы судың тартылуына әкеліп соғады. Бұл мақалада Шу-Сарьсу уранды өлкесіндегі кен орнының сыбайлас емес блогындағы шектен тыс таралудың салдарынан бейтарап pH деңгейіндегі су құрамынан уранның жоғары мөлшерде шоғырлану құбылысының анықталуы қарастырылды. Аймақтың геологиялық ерекшеліктеріне талдау жүргізіліп, ерітіндінің теңгерілмегендік дәрежесін есептеу модельдері мен гидродинамикалық және массаалмасу модельдері құрастырылды. Бақылау ұңғымаларының деректерін негізге ала отырып, модельдік тексеру жүзеге асырылды.

Түйінді сөздер: уранның шоғырлануы, кендену, ерітіндінің теңгерілмегендігі, қышқылдандыру, шаймалау, технологиялық ерітінді, шектен тыс таралу, есептік модель.

On geo-mechanical conditions of border spreading of technical solutes with high concentrates of uranium in neutral environment

Abstract. Management of uranium in-situ leaching enrichment with minimum operational control deemed to be difficult condition. One of the conditions is a balance between in-situ leaching solutions and product solutions what may cause leaching of the solutes over technical blocks or leaking of the formation waters to the borehole well. Following article reviews phenomenon of highly concentrated uranium in formation waters with neutral pH what causes border spreading of the solute in non-contiguous block on one of the fields at Chu-Sarysu uranium province. Analysis is provided for geological characteristics of following area with estimated models showing imbalance of the solute, models of the hydrodynamics and mass transfer.

Key words: uranium concentration, mineralization, solute disbalance, acidification, leaching, technical solution, edge spreading, design model, geological characteristics, highly concentrate.

Введение

Решение комплекса задач по максимально эффективному извлечению разрабатываемых минерально-сырьевых ресурсов является ключевой прерогативой природопользования предприятий горнодобывающей отрасли. Полнота и качество отработки запасов полезных ископаемых имеет важнейшее значение, поскольку является одним из главных резервов повышения экономической эффективности горных предприятий.

Добыча урана на месторождениях пластово-инфильтрационного типа производится методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ), позволяющего разрабатывать рудные залежи на глубине до 500 м и более.

Метод ПСВ предусматривает подачу выщелачивающего раствора через сеть нагнетательных скважин и подъем ураносодержащего раствора на поверхность через откачные скважины для последующего извлечения. Главной целью ПСВ урановых руд является наиболее полное и селективное растворение урановых минералов подаваемым выщелачивающим раствором¹.

В практике добычных работ широко известен феномен законтурного закисления смежного технологического блока (рис. 1). Зона гидродинамического влияния закачных скважин при отсутствии действующих смежных блоков может достигать 300 м и более. Зона геохимического влияния менее обширна и составляет 50 м

в направлении, перпендикулярном линиям закачных скважин закисляемого технологического блока.

При надлежащем соблюдении технологических регламентов описанная ситуация приводит к минимальному непроизводительному расходу серной кислоты или не приводит вообще. Более того, законтурное растекание технологических растворов даже полезно, особенно при растекании в сторону планирующихся к сооружению технологических блоков, так как играет роль бесплатного закисляющего агента, что ускоряет получение в будущем продуктивных растворов с промышленной концентрацией урана.

Ситуация, сложившаяся на блоке 66 залежи 1 одного из урановых

¹Поезжаев И.П., Полиновский К.Д. и др. Геотехнология урана: учебное пособие. – Алматы: ТОО «ИВТ», 2017. – 327 с.

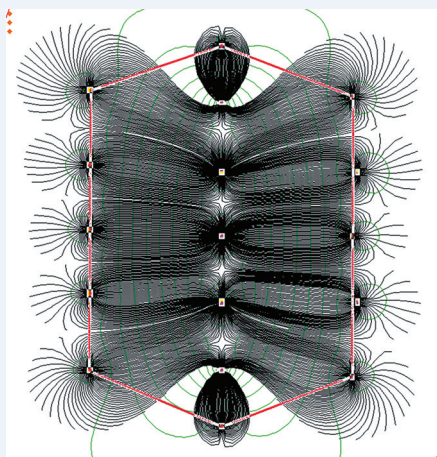


Рис. 1. Линии тока между закачными и откачными скважинами технологического блока, ограниченного красным контуром. Линии тока, выходящие за контур блока, формируют т. н. законтурное растекание технологических растворов. 12 закачных скважин на границе блока, 3 откачные – в центре. Сурет 1. Қызыл контурмен шектелген технологиялық блоктың құю және сору ұңғымалары арасындағы ток сызықтары. Блок контурынан тыс шығатын ток сызықтары технологиялық ерігіндінің шектен тыс таралуын қалыптастырады. Блок аумағында – 12 құю ұңғымасы, орталығында – 3 сору ұңғымасы орналасқан.

Figure 1. Electrical line between injected and pumped out wells on the technological block bounded by the red outline. Electrical lines showing outside of the block outline, showing so-called edge spreading of the technical solute. 12 injected wells on edge block and 3 pumped out wells in the middle.

месторождений, несколько отличается от вышеописанной. При сооружении блока 66 (лето 2016 г.), в четырех скважинах было обнаружено аномально высокое содержание урана в пластовой воде (до 370 мг/л), при $pH = 7,2-7,6$. Было предположено, что имело место законтурное закисление блока за счет блока 14 (рис. 2).

Геологические особенности

Район технологических блоков 14–66 представляет собой юго-западный фланг залежи 1, где ураноносная верхнемеловая толща залегает

непосредственно на нижнепермских сланцах, а уран сконцентрирован на границах зон эпигенетического окисления в мынкудукской толще (ранний турон). В рудоносном разрезе резко преобладает среднезернистый олигомиктовый песок с нечастыми прослоями глин мощностью до 1 м (рис. 3). Отмечается трансгрессивное строение толщи с наличием прослоя крупных и грубых песков, залегающих непосредственно на пермских сланцах, частыми линзами крупных песков в низах толщи и постепенным уменьшением крупности песков вверх по разрезу.

Руды в блоках 14 и 66 характеризуются частично двухъярусным строением, в случае блока 66 вызванным наличием окисленных разностей на глубинах 500-505 м. Это так называемые руды бокового отжатия, находящиеся на периферии основного потока окисленных природных вод и развитые по нормали к основному (СЗ) направлению потока. На границе двух этажей руд отмечаются прослой глини и карбонатных песчаников. В целом, нижний этаж оруденения характеризуется более высокой проницаемостью с коэффициентом фильтрации 6-10 м/сут.

против верхнего с коэффициентом 4-7 м/сут. Определяющую роль в этом различии играют, видимо, линзы и прослой крупных песков (иногда гравийных), служивших своего рода каналами распространения законтурного закисления от блока 14.

Руды в блоке 14 относятся к так называемым передовым рудам, образующим длинный «язык» в СЗ направлении вдоль основного потока в полностью восстановленных песках.

Вскрытие балансового оруденения осуществлялось рядными схемами с расстоянием между технологическими скважинами в ряду 25-30 г.м и 45-50 г.м между рядами (рис. 2). Вскрытие блока 66 частично двухэтажное. Блок 14 сооружен в 2008 г., начало закисления – весна 2009 г., добыча велась с лета 2009 г. по лето 2013 г., хотя блок спорадически работал до декабря 2016 г. Блок 66 сооружен в 2016 г., начало закисления и добыча – февраль 2017 г.

Упомянувшийся выше факт аномально высоких содержаний урана в пластовых водах блока 66 был интерпретирован как следствие закисления законтурной горной массы, имевшего место при добыче на блоках 14 и 16. Это предположение выглядит

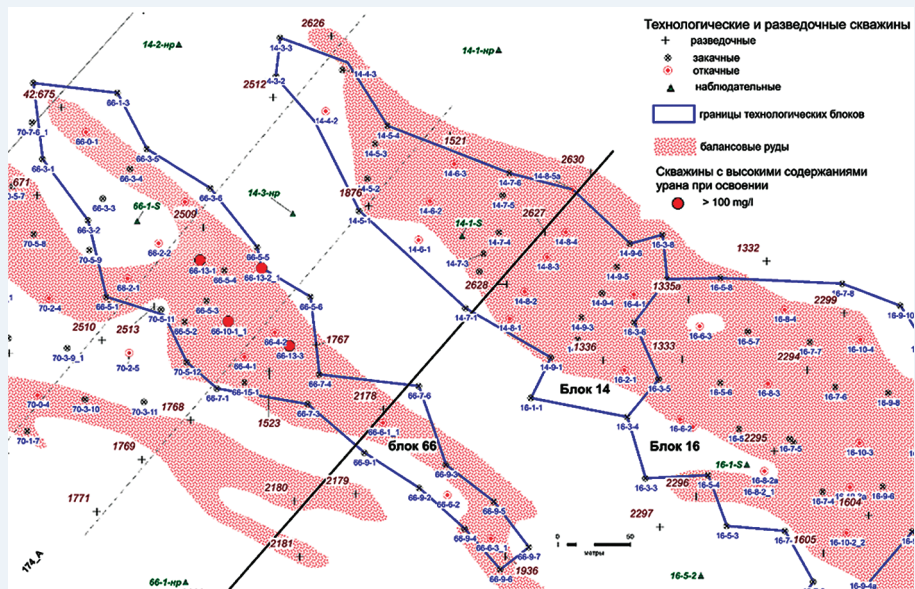


Рис. 2. Взаиморасположение разведочных, технологических скважин и блоков 14, 16, 66. Жирной линией показана линия разведочных скважин 173А.

Сурет 2. Барлау және технологиялық ұңғымалар мен 14, 16, 66 блоктардың өзара орналасуы. 173А барлау ұңғымаларының сызығы майлы сызықпен көрсетілген.

Figure 2. Interposition of development, technical wells and block 14, 16, 66. Bold line showing line of the development well 173A.

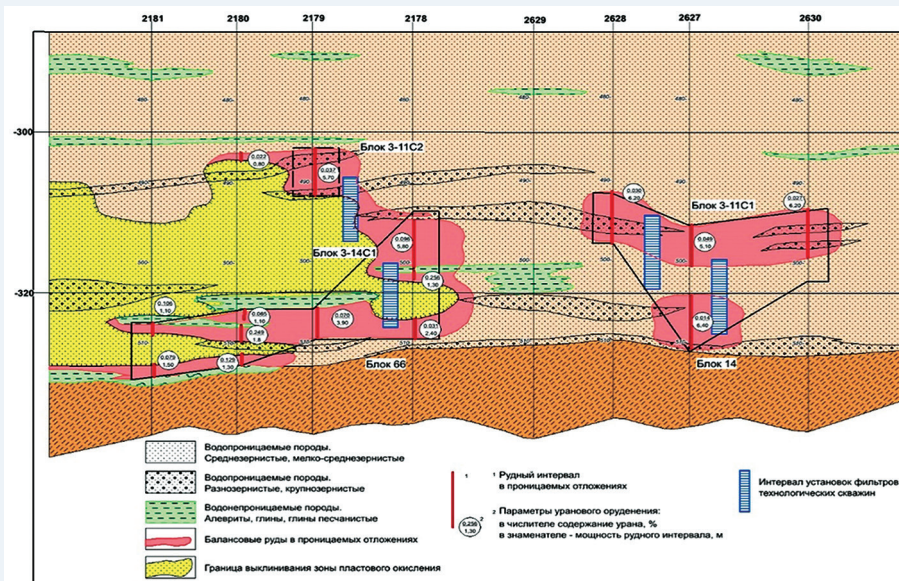


Рис 3. Литолого-фильтрационный разрез по линии 173А.
Сурет 3. 173А сызығы бойынша литология-сүзгілік тілім.
Figure 3. Lithological filtration section on the line at 173A.

несколько необычным из-за, во-первых, значительного расстояния между блоками 14 и 66 (65-80 м), во-вторых, значений рН, обнаруженных при сооружении технологических скважин блока 66 – 7,4-7,6 (при содержании урана в пластовых водах 50-370 мг/л). При таких значениях водородного показателя уран обычно имобилизен.

Методы

Для проверки гипотезы о воздействии на горнорудную массу блока 66 законтурных растворов были построены модели двух видов: расчетная, отражающая математический баланс откачанных и закачанных растворов во времени на блоке 14, и модель гидродинамики и массопереноса для блоков 14 и 66. Последняя выполнена в кодах modflow (гидродинамика) и mt3Dms (массоперенос) пакета GMS (табл. 1).

Отдельным вопросом является обоснованность входных данных моделей. Для расчетной модели, а также для modflow, надежность источника по дебитам определяется точностью снимаемых показателей с расходомеров и аккуратностью их внесения в БД рудника, и может быть признана удовлетворительной. Отметки естественного уровня пластовых вод определены на площади залежи с достаточной плотностью.

Коэффициенты фильтрации для основных разновидностей: высоко- и среднепроницаемых (обычно – среднезернистые и более грубые пески, с Кф выше 5 м/сут.), средне- и низкопроницаемых (мелкозернистые

пески и различные глинистые разновидности, Кф 1-5 м/сут.), а также непроницаемых (глины и песчаники) обычно хорошо различимы в разрезе по результатам каротажей.

Вопрос с исходными данными модели массопереноса более сложен. Концентрация кислоты при закачке – достаточно простой расчетный компонент с высокой надежностью. Кислотоемкость определяется в лабораторных условиях и при опытной добыче, являясь интегральной характеристикой залежи в целом. Единое численное значение кислотоемкости может обоснованно применяться для моделирования, за исключением блоков с повышенной карбонатностью, где удельный расход кислоты может вырастать в разы.

Расчет первой константы сорбции проводится по нашей методике [1] и зависит как от собственно значения кислотоемкости, так и, кроме всего прочего, от активной пористости. Активная пористость, согласно², падает до 50% от значе- ний водонасыщенной пористости

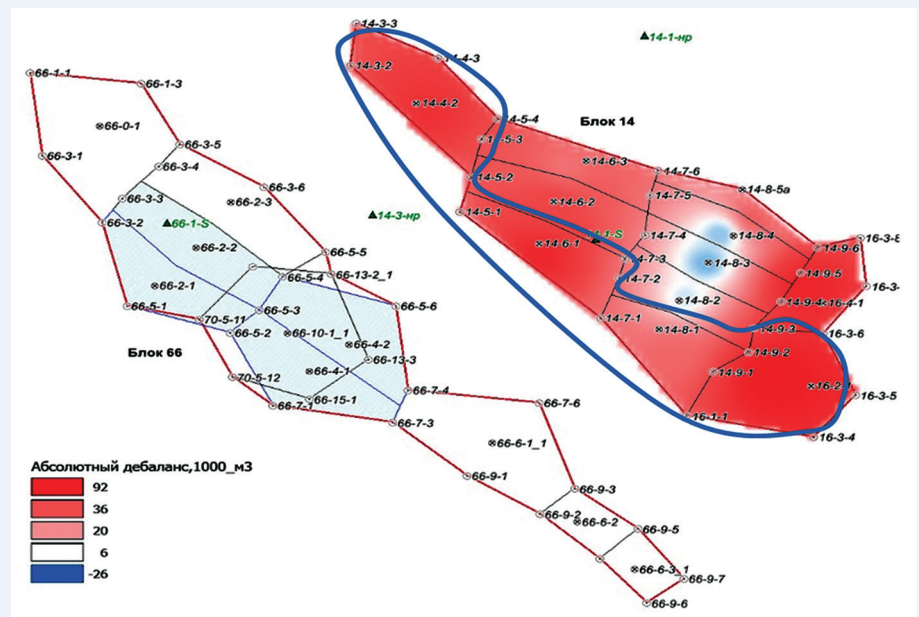


Рис 4. Расчетная модель. Схема суммарного дебаланса за время работы блока 14 (лето 2009 – конец 2016 г). Ячейки, участвующие в формировании растекания в сторону блока 66, выделены синей кривой.
Сурет 4. Есептеуші модель. 14 блоктың жұмыс істеу барысындағы жиынтық теңгерілмегендік сұлбасы (2009 ж. жаз – 2016 ж. жаз). 66 блокқа қарай таралуды қалыптастырушы ұяшықтар көк қисықпен көрсетілген.
Figure 4. Calculation model. Scheme of the disbalance during work at the 14 block (summer 2009 till end of 2016 year). Cells used in formation of the leaching to block 66, marked in blue.

²Справочник по геотехнологии урана. / Под ред. Д.И. Скороварова. – М.: Атомэнергоиздат, 1997. – 672 с.

Таблица 1

Характеристика использованных моделей

Кесте 1

Қолданылған модельдер сипаттамасы

Table 1

Used models characteristics

Расчетная модель		
Исходные данные	Принципы расчетов	Результаты
Дебит каждой скважины технологического блока, усредненный за расчетный период	Расчет фактической ежедневной суммы закачки в блок с учетом взаимодействия с соседними блоками.	Расчетный дебаланс между суммой закачанных и откачанных растворов для каждой ячейки или блока в целом.
Модель гидродинамики (modflow)		
Дебит каждой скважины блока, усредненный за расчетный период	Сеточная модель с решением уравнения Дарси в каждой ячейке.	Поле значений напоров (искажения естественного уровня) пластовых вод, создаваемых при работе скважинной системы за расчетный период.
Коэффициенты фильтрации и пористость литологических разновидностей области моделирования	Учитывается послойное 2D распределение коэффициентов фильтрации (литологических разностей) и водонасыщенная пористость.	
Поле отметок естественного уровня пластовых вод		
Модель массопереноса (mt3Dms)		
Средняя концентрация кислоты в закачном коллекторе	Сеточная модель с решением уравнений адвекции, дисперсии/ диффузии и линейной сорбции (первая константа 0,0002 т/м ³) с учетом активной пористости (0,15), продольной дисперсии и отношения поперечной/продольной дисперсивности и молекулярной диффузии.	Поле прогнозируемых значений концентрации остаточной кислоты в пласте (в активной мощности фильтрации), в заданном поле напоров скважинной системы.
Кислотоемкость горнорудной массы, первая константа сорбции		
Активная пористость		
Продольная дисперсия, отношение поперечной/продольной дисперсивности, молекулярная диффузия		

при закислении блока, постепенно восстанавливаясь по мере отработки. Мы ее принимаем как 15%, при водонасыщенной – 20%.

Вопрос с продольной и поперечной дисперсией/дисперсивностью наиболее сложен. Будучи diskutiryeмым в аспекте использования этих параметров для моделирования и возможности априорной оценки численными значениями^{3, 4} вопрос – для кислоты, как загрязнителя в ураноносных песчаных толщах, – не решен, и примеров определения (расчета) этих значений нам не известно. Вместе с тем, более чем 10-летний опыт построения и калибровки моделей геомиграции при ПСВ урана позволяет нам принимать продольную дисперсивность как 10 м, и отношение поперечной к продольной дисперсивности как 0,2.

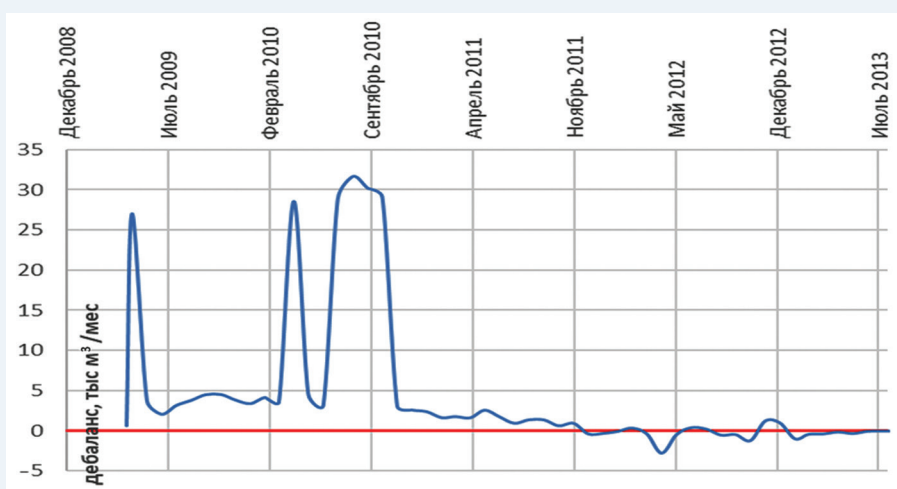


Рис 5. График дифференциального дебаланса (период – месяц) блока 14 за апрель 2009 г. – июль 2013 г.

Сурет 5. Дифференциалдық дебаланс кестесі (кезең – ай) блок 14 сәуір 2009 – шілде 2013.

Figure 5. Differential scheme of the disbalance (month period), block 14, period April 2009 till July 2013.

³Бакшевская В.А. Обоснование эффективных параметров прогнозных моделей геомиграции в неоднородной водовмещающей среде (на примере полигона захоронения жидких отходов Сибирского химического комбината). / Автореферат дисс. канд. – М., 2013.

⁴Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. – М.: МГУ, 1998. – Т. 1. Теоретическое изучение и моделирование геомиграционных процессов.

Результаты и обсуждение

1. Расчетная модель

Целью построения расчетной модели являлась оценка объемов растворов, растекавшихся за контур блока 14 в период закисления и добычи. Оценка производилась путем расчета дебаланса по растворам между объемами, закачанными в блок (ячейку) и откачанными из блока (ячейки). Если объем откачки оценивается суммой показателей расходов каждой откачной скважины, то оценка объема закачки в конкретный блок должна учитывать взаимодействие соседних технологических блоков. Соответственно, объем закачанного раствора в каждую скважину, являющуюся совместной для оцениваемого и соседнего блоков (или ячеек одного блока), должен быть поделен пропорционально объемам раствора откачных скважин, взаимодействующих с этой закачной, что и было выполнено.

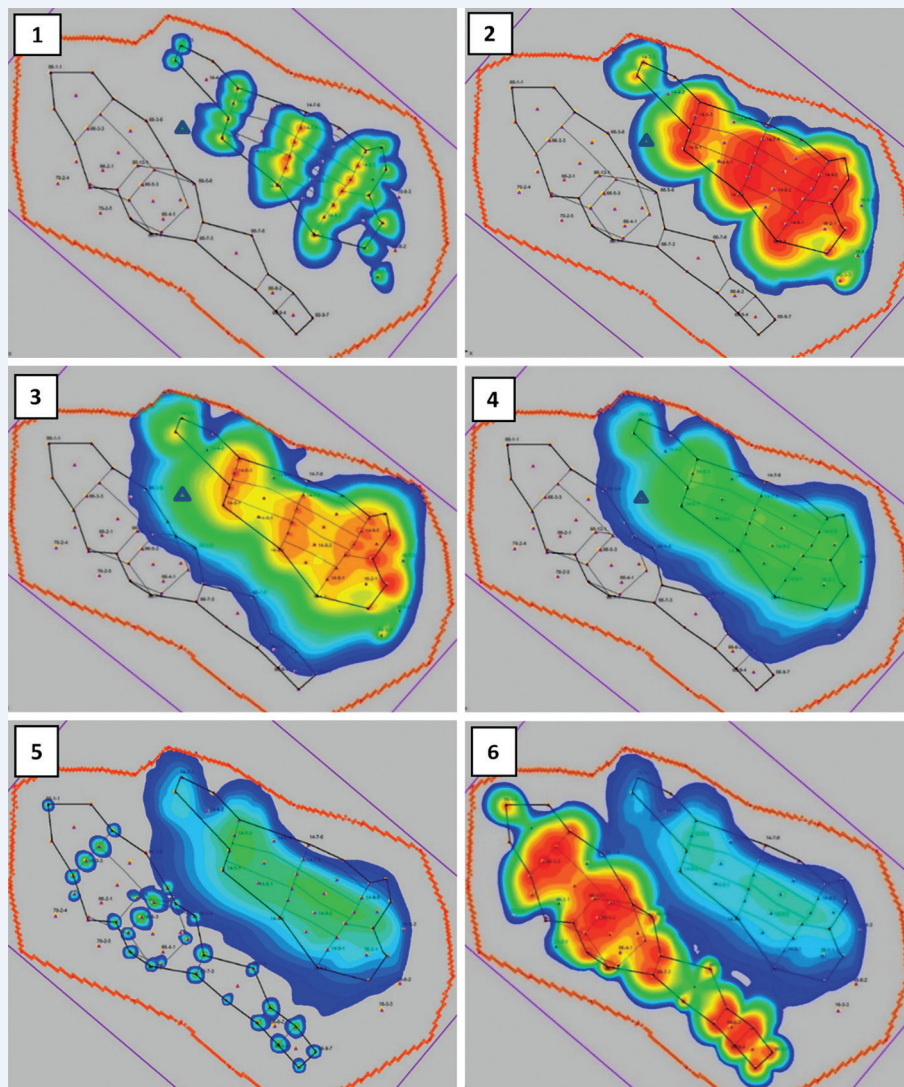
Суммируя объемы закачки в данную ячейку или блок за интересующий нас период, суммируя объемы откачки из данной ячейки или блока, и вычитая второе из первого, получаем интегральный дебаланс по растворам. Для блока 14 таковой показан на рис. 4. Очевиден значительный дебаланс в закачку, определяющий законтурное растекание растворов.

Для целей настоящей работы целесообразна оценка дифференциального дебаланса, учитываемого отдельно за каждый месяц работы блока 14. Причем, в формировании растекания в сторону блока 66 будут, очевидно, участвовать только те ячейки, что расположены со стороны этого блока, а именно: 14-4-2, 14-6-1, 14-8-1 и 16-2-1. Расчет дифференциального дебаланса только для этих ячеек (рис. 5) демонстрирует постоянный дебаланс в закачку с мая 2009 г. по сентябрь 2011 г., и периоды наиболее интенсивного дебаланса: май 2009 г., апрель 2010 г., июль-октябрь 2010 г. В каждый из указанных периодов объем растворов, уходивших на законтурное растекание, превышал 25 тыс. м³. Суммарный объем растворов, дренировавших горную массу между блоками 14 и 66, достиг 230 тыс. м³ за апрель 2009 г. – июль 2013 г.

2. Модели гидродинамики и массопереноса

Всего было промоделировано 14 временных интервалов разной продолжительности от июня 2009 г. до февраля 2018 г. Визуализация концентрации остаточной кислоты в пластовых водах для шести наиболее показательных интервалов представлена на рис. 6.

Модели гидродинамики и массопереноса определяют максимальное растекание растворов от блока 14 в сторону блока 66 как ~80 м (ЗЮЗ направление), тогда как в северном направлении растекание составляет не более 40 м. Максимум растекания достигнут уже к концу 2011 г. (рис. 6-3). До конца 2016 г. происходит деградация законтурного



- 1 – конец июля 2009 г., закисление блока 14;
- 2 – конец апреля 2011 г., активное выщелачивание на блоке 14;
- 3 – конец декабря 2011 г., выщелачивание на блоке 14;
- 4 – конец июня 2015 г., доработка блока 14;
- 5 – конец февраля 2017 г., начало закисления блока 66 и остановка блока 14;
- 6 – на конец февраля 2018 г., активное выщелачивание на блоке 66.

Наблюдательная 14-3нр обозначена зеленым треугольником.

Интервалы концентрации: синий цвет – 0,1-1,0 мг/л (рН 6-5); голубой – 1-10 мг/л (рН 5-4); зеленый – 10-100 мг/л (рН 4-3); желтый – 1000-2000 мг/л (рН 3,0-2,0); оранжевый – 1000-2000 мг/л (рН 2,0-1,7); красный – более 2000 мг/л (рН<1,7).

Рис. 6. Визуализация моделей концентрации остаточной кислоты в пластовых водах.

Сурет 6. Қабат суларындағы қалдық қышқылдың шоғырлану моделінің көрнекілігі.

Figure 6. Visual model of the concentrated residual acid in formation waters.

загрязнения, а позднее – наложение нового закисления от блока 66 на остаточные, уже в значительной степени деминерализованные, растворы от блока 14 (рис. 6-4 – 6-6).

Сформулированная в начале статьи гипотеза о формировании высоких концентраций урана в осваиваемых скважинах блока 66 под влиянием растворов блока 14

не противоречит результатам моделирования. Влияние растворов блока 14 на площадь блока 66 имеет место с осени 2010 г.; это время соответствует и завершению длительного периода существования наиболее интенсивного дебаланса в закачку на блоке 14 (рис. 5).

Увеличение площади распространения растворов блока 14

в районе 66 имеет место до середины 2012 г., т. е. в течение примерно полтора лет. С весны 2012 г. начинается деминерализация техногенного загрязнения на площади будущего блока 66 и его периферии, т. к. исчезает подток законтурных растворов от блока 14. Процесс деминерализации прерывается в феврале 2017 г. с началом закисления блока 66.

3. Верификация модели и геохимическая обстановка образования высоких содержаний урана, обнаруженных при сооружении блока 66

Расположенная в 46 м к западу от закачной скважины 14-5-1 наблюдательная скважина 14-3нр имела целью отслеживать динамику законтурного растекания. Данные по аналитике проб, отбирившихся с периодичностью 1 раз в квартал, отображены на рис. 7. Согласно модели массопереноса влияние растворов блока 14 на наблюдательную скважину 14-3нр заметно с осени 2010 г. Это отражено на рис. 7 в виде устойчивого падения pH ниже 6 и устойчивого роста Fe^{2+} .

Геохимические изменения в составе пластовой воды (рис. 7) происходят в соответствии с близостью к фронту технологических растворов; продвижение последнего от блока 14 коррелирует с графиком дебалансов (рис. 5), достигая максимума в периоды наиболее высокого дебаланса в сторону закачки.

Согласно множественным анализам пластовых вод из приконтурных наблюдательных скважин, проводившихся при отработке урановых залежей, появление заметных концентраций закисного железа соответствует ($pH \sim 6$) началу растворения сидерита с дальнейшим резким ростом при $pH = 5$ и ниже, достигением максимума в районе $pH = 2,0-1,8$, и последующей стабилизацией или слабым падением.

В наблюдательной скважине 14-3нр рост содержания закисного железа начинается при $pH = 6,5$ и монотонно происходит до 1500 мг/л при минимуме $pH = 3,8$ (конец 2011 г.). Далее, в полной корреляции с pH , наблюдается падение содержания закисного железа до < 20 мг/л, что соответствует $pH = 5,8$. Видимо, имеет место образование гелей

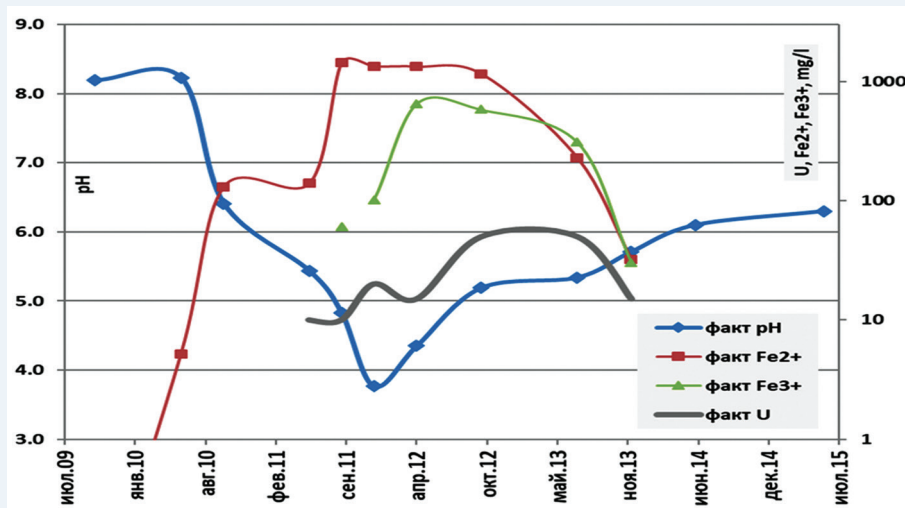


Рис. 7. Динамика изменений содержания Fe^{2+} , Fe^{3+} , U (все – мг/л, правая ось Y – логарифмическая) и водородного показателя в пробах пластовой воды из скв. 14-3нр.

Сурет 7. Fe^{2+} , Fe^{3+} , U мөлшерлерінің өзгеру динамикасы мен 14-3 нр ұңғыма қабатындағы су сынамасының сутектік көрсеткіші (бәрі – мг/л, оң жақ Y осі – логарифмдік).

Figure 7. Dynamics of the content of Fe^{2+} , Fe^{3+} , U (all of measured in mg/l right angle Y is logarithmic) and pH value from formation waters from well 14-3hp.

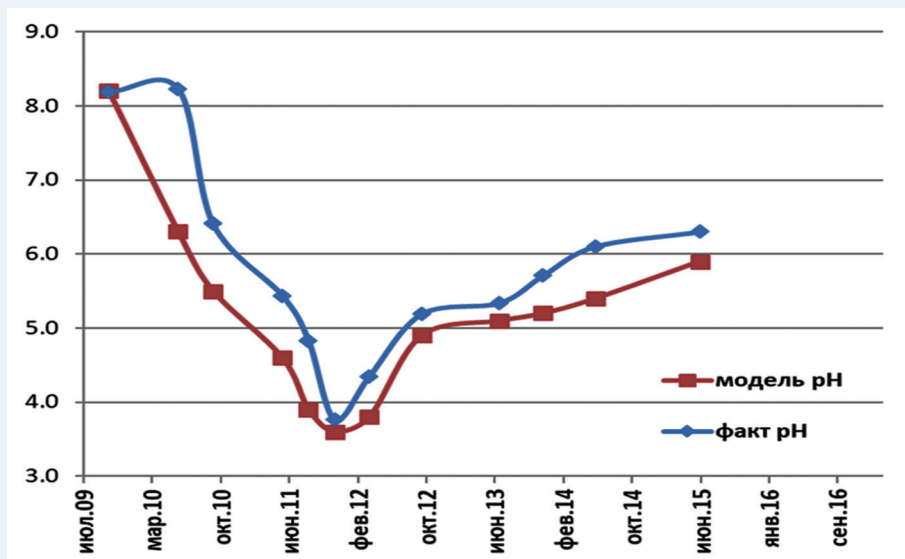


Рис 8. Верификация модели. Сравнение модельных и фактических замеров водородного показателя в пробах пластовой воды из скв. 14-3нр.

Сурет 8. Модельді тексеру 14-3нр ұңғыма қабатындағы су сынамаларының сутектік көрсеткішінің модельдік және нақты өлшемдерін салыстыру.

Figure 8. Vertical model. Comparison mode and actual measurement of pH samples from well 14-3hp.

$Fe(OH)_2$, возможно – аморфного сидерита и гематита.

Более интересным является поведение окисного железа в пробах наблюдательной скважины 14-3нр. Судя по разрезу (рис. 3), пески в промежутке между блоками 14 и 66 нацело восстановлены, Eh среды – 50 – +250 мВ. В таких условиях железо присутствует исключительно в двухвалентной форме⁴, в виде сидерита, пирита, гидроксида $Fe(OH)_2$ или суспензий FeO . Появление заметного количества трехвалентного железа возможно при появлении кислородсодержащих растворов; этот процесс будет сопровождаться ростом Eh выше +320-350 мВ, обычно, при pH ниже 5. В данном случае максимум содержания окисного железа соответствует восходящей ветви графика pH и фиксируется при значениях ниже 6. В этих же условиях происходит и мобилизация урана в виде уранил-иона $(UO_2)^{2+}$ или гидроксидокомплекса UO_2OH^+ , а при концентрации сульфатов в пластовой воде выше 3,2 г/л и pH ниже 5,5-5,0 – в виде анионного комплекса⁵ $UO_2(SO_4)_2^-$. Последний в условиях деградации законтурного закисления гидроокислами железа, имевшей место в районе блока 66 с 2012 г. до 2017 г., представляет собой источник наиболее легко снимаемого урана, обеспечившего упомянутые выше высокие концентрации при освоении скважин.

Однако, указанные соединения появляются только в случае окисленности урана в рудных песках до высших степеней, иными словами, в разрезе залежи должны быть устойчиво проявлены окисленные пески.

Именно такую ситуацию мы видим на разрезе 173А (рис. 3, скв. 2178), когда в нижнем этаже оруденения заметно эпигенетическое окисление. Видимо, такой тип разреза (окисленная нижняя часть, восстановленная – верхняя) дает объяснение факту обнаружения высоких концентраций урана при освоении технологических скважин блока 66 только в нижней – окисленной – части (скважины, выделенные на рис. 2, и характеризующиеся высокими концентрациями урана при освоении, при pH выше 7 приурочены к нижнему этажу оруденения). В скважинах верхнего этажа оруденения уран при освоении не обнаружен, несмотря на небольшие расстояния между скважинами, вскрывшими разные этажи – 14-25 м.

Проверка соответствия модели концентрации остаточной кислоты (в виде значений pH) в недрах факту состава пластовых вод по анализам проб из 14-3нр (рис. 8), выявляет, во-первых, принципиальную правильность выбранной модели (кривые модели и факта повторяют друг друга); во-вторых, слишком низкое рассчитанное значение первой константы линейной сорбции (0,0002 т/м³). Проблема здесь, видимо, в варибельности значений активной пористости и отмеченной выше малой обоснованности принятых значений продолжной/поперечной дисперсности.

Выводы

Приведенный механизм формирования гидрохимических условий характеризуется однократным и незначительным по продолжительности ростом кислотности среды (мин. $pH = 3,8$) и появлением

окисного железа в пластовой воде среди, в целом, восстановительной обстановки. Подобный механизм мы вправе предполагать и при возникновении высоких содержаний урана в скважинах, опробованных при сооружении блока 66. Для реализации такового необходимо:

- воздействие законтурных технологических растворов на горнорудную массу соседнего блока, хотя бы не длительное и не интенсивное;
- наличие окисленных разностей песков в рудном разрезе, что предполагает и высокую степень окисленности урана.

Собственно, феномен обнаружения высоких концентраций урана в водах освоения скважин при нейтральных pH объясняется следующим образом. Воздействие законтурных растворов блока 14, в силу слабости растворов, оказало воздействие только на окисленную часть рудных интервалов блока 66, и только в нижнем этаже оруденения. Существование значимых концентраций Fe^{3+} в растворе активировало растворение урана. Но, так как воздействие законтурных растворов блока 14 было не длительным (не более полутора лет) из-за быстрой деминерализации и восстановления pH среды в нейтральную растворенный уран (в катионном виде) был сорбирован глинами, или минералами/гелями (анионные комплексы) гидроокислов Fe^{2+} . Уран в таком виде легко снимается нейтральными водами освоения скважин, имеющими даже незначительное содержание растворенного кислорода за счет контакта с воздухом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кожухметов С.К., Поезжаев И.П., Разуваева Т.В., Копбаева М.П., Жумабаева Д.С. Исследование законтурного закисления/выщелачивания методами моделирования гидродинамики и массопереноса. // Сб. VII Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Алматы, 2014. С.161-174. (на русском языке)
2. Полиновский К.Д. Комплексный подход к решению проблемы интенсификации процесса подземного скважинного выщелачивания урана. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – №7. – С. 64-73. (на русском языке)
3. Khawassek Y.M., Таһа М.Н., Елива А.А. Кинетика процесса выщелачивания с использованием серной кислоты для уранового рудного материала Селла, Юго-Восточная пустыня. // Египетский международный журнал ядерной энергетики науки и техники. – 2016. – №6. – С. 62-73. (на английском языке)

⁴Гаррельс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. – М.: Мир, 1968.

4. *Alikulov S.S. Методы интенсификации технологических процессов натурального выщелачивания урана из малопроницаемых руд. // Европейское Научное Обозрение. – 2017. – Вып. 3-4. – С. 90-93. (на английском языке)*
5. *Omar Ruiz, Bruce M. Thomson, Jose M. Cerrato. Исследование добычи урана выщелачиванием (ISL) в Нью-Мексико и последующей рекультивации. // Геология Нью-Мексико. – 2016. – №38(4). – С. 77-85. (на английском языке)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Қожахметов С.Қ., Поезжаев И.П., Разуваева Т.В., Көпбаева М.П., Жұмабаева Д.С. Гидродинамика және массаалмасуды модельдеу әдістерін қолдана отырып, тізбектегі қышқылдандыруды/сілтілендіруді зерттеу. // «Уран өнеркәсібінің өзекті мәселелері атты» VII Халықаралық ғылыми-практикалық конференция жинағы. – Алматы, 2014. – Б. 161-174. (орыс тілінде)*
2. *Полиновский К.Д. Уранды ұңғымадан жерасты шаймалау процесін күшейту мәселесін шешуге кешенді тәсіл. // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетені. – 2012. – №7. – Б. 64-73. (орыс тілінде)*
3. *Khawassek Y.M., Taha M.H., Eliwa A.A. Күкірт қышқылын пайдаланып шаймалау процесінің кинетикасы, Оңтүстік-Шығыс шөл. // Египет ядролық энергетика ғылымы мен техникасының халықаралық журналы. – 2016. – №6. – Б. 62-73. (ағылшын тілінде)*
4. *Alikulov S.S. Өткізгіштігі төмен кендерден уранды табиғи шаймалаудың технологиялық процестерін қарқындату әдістері. // Еуропалық Ғылыми Шолу. – 2017. – Шығ. 3-4. – Б. 90-93. (ағылшын тілінде)*
5. *Omar Ruiz, Bruce M. Thomson, Jose M. Cerrato. Уран өндірісін зерттеу Нью-Мексикода шаймалау (ISL) және кейіннен қалпына келтіру. // Нью-Мексико Геологиясы. – 2016. – №38(4). – Б. 77-85. (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Kozhahmetov S.K., Poyezhaev I.P., Razuvaeva T.V., Kopbaeva M.P., Zhumabaeva D.S. Study of aquifer acidification/leaching methods for the simulation of hydrodynamics and mass transfer. // Collection of the VII International scientific and practical conference «Actual problems of the uranium industry». – Almaty, 2014. – P. 161-174. (in Russian)*
2. *Polinovskij K.D. An integrated approach to solving the problem of intensifying the process of underground borehole leaching of uranium. // Mining information and analytical Bulletin. – 2012. – №7. – P. 64-73. (in Russian)*
3. *Khawassek Y.M., Taha M.H., Eliwa A.A. Kinetics of leaching process using sulfuric acid for sella uranium ore material, South Eastern Desert. // Egypt International Journal of Nuclear Energy Science and Engineering. – 2016. – №6. – P. 62-73. (in English)*
4. *Alikulov S.S. Methods of technological processes' intensification of in situ leaching of uranium from low-penetrating ores. // European Science Review. – 2017. – Issue 3-4. – P. 90-93 (in English)*
5. *Omar Ruiz, Bruce M. Thomson, Jose M. Cerrato. Investigation of in situ leach (ISL) mining of uranium in New Mexico and post-mining reclamation. // New Mexico Geology. – 2016. – №38(4). – P. 77-85. (in English)*

Сведения об авторах:

Поезжаев И.П., канд. геол.-минерал. наук, главный геолог Товарищества с ограниченной ответственностью «МА Иннова» (г. Алматы, Казахстан), ipoyezzhayev@gmail.com

Светлакова К.Р., научный сотрудник Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт Высоких Технологий» (г. Алматы, Казахстан), аспирант PhD кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), k.svetlakova@kazatomprom.iht.kz

Авторлар туралы мәліметтер:

Поезжаев И.П., геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, «М.А. Иннова» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі бас геологы (Алматы қ., Қазақстан), ipoyezzhayev@gmail.com

Светлакова К.Р., «Жоғары технологиялар институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), Сатбаев университеті, гидрогеология және инженерлік геология кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан), k.svetlakova@kazatomprom.iht.kz

Information about authors:

Poyezhaev I.P., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Geologist of the «MA Innova» Limited Liability Company (Almaty, Kazakhstan), ipoyezzhayev@gmail.com

Svetlakova K.R., Researcher of the «Institute of High Technologies» Limited Liability Company (Almaty, Kazakhstan), PhD-student at the Department of Hydrogeology and Engineering Geology of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), k.svetlakova@kazatomprom.iht.kz

Код МРНТИ 38.49.19

К.Б. Каскатаева¹, Т.В. Кряжева¹, А.В. Садчиков¹, В.В. Дьяконов²¹Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан),²Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (г. Москва, Россия)

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЛИСАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрено геологическое строение Лисаковского месторождения. Выделено 4 группы залежей: Главная, Южная, Степная и Восточная. Основные запасы сосредоточены в Главной залежи. Руды месторождения представлены бурыми железняками. Основным рудным минералом является гидрогетит, нерудным – кварц. Целью исследования является изучение геологического строения рудных залежей для целесообразного извлечения в дальнейшем попутных элементов по промышленным типам и концентратам. Исследования показали, что месторождение приурочено к Лисаковской толще верхнеолигоценового возраста. Ширина рудных тел колеблется от 0,2 км до 1,5 км, средняя мощность вскрыши пустых пород составляет 5,4 м. Южная залежь значительно менее выдержанная, чем Главная. Балансовые руды часто перемежаются с забалансовыми, контуры рудных тел извиваются и меняют свое направление.

Ключевые слова: Лисаковское месторождение, геологическое строение, оолиты, гидрогетит, руда, рудные залежи.

Лисаков кен орнының кен шоғырларының геологиялық құрылысы

Андатпа. Мақалада Лисаков кен орнының геологиялық құрылысы қарастырылды. Кен орнында негізгі, Оңтүстік, Дала және Шығыс кен орындарының 4 тобы бөлінген. Негізгі қорлар негізгі кен орнында шоғырланған. Кен орнының кендері қоңыр темір кендерімен ұсынылған. Негізгі кен минералы гидрогетит, кенді емес минерал – кварц болып табылады. Зерттеудің мақсаты кейіннен өнеркәсіптік типтер мен концентраттар бойынша ілеспе элементтерді орынды алу үшін кен шоғырларының геологиялық құрылымын зерттеу болып табылады. Зерттеулер көрсеткендей, кен орны Жоғарғы олигоцен жасындағы Лисаков қалыңдығына орайластырылған. Кен денелерінің ені 0,2 км-ден 1,5 км-ге дейін, бос жыныстарды аршудың орташа қуаты 5,4 м құрайды. Баланстық кендер көбінесе баланстан тыс кендермен қиылысады, кен денелерінің контурлары бұралып, бағытын өзгертеді.

Түйінді сөздер: Лисаков кен орны, геологиялық құрылысы, оолиттер, гидрогетит, кен, кен шоғырлары.

Geological structure of ore deposits of the Lisakovsky deposit

Abstract. The article considers the geological structure of the Lisakovsky field. The field has 4 groups of deposits: Main, Southern, Steppe and Eastern. The main reserves are concentrated in the Main Deposit. Ore deposits are represented by brown ironstone. The main ore mineral is hydrogетite, and the non-metallic mineral is quartz. The purpose of the study is to study the geological structure of ore deposits for the appropriate extraction of associated elements in the future by industrial types and concentrates. Studies have shown that the Deposit is confined to the Lisakovsky thickness of the upper Oligocene age. The width of the ore bodies varies from 0.2 km to 1.5 km, the average capacity of overburden of empty rocks is 5.4 m, the southern Deposit is much less seasoned than the Main one. Balance ores are often interspersed with off-balance ores, and the contours of ore bodies twist and change their direction.

Key words: Lichakovsky deposit, geological structure, oolites, the hydrogoethite, iron ore, ore deposit, Turgay deflection, hydrogетite, platform cover, facies.

Введение

Лисаковское месторождение оолитовых железных руд расположено в северо-западной части Республики Казахстан, на территории Кустанайской области. Это месторождение располагается в пределах северной части обширного Тургайского прогиба [1].

Железородное Лисаковское месторождение разведано и разрабатывается карьерным способом с начала 70-х годов в Главной залежи. Рудоносные отложения, протягивающиеся почти в широтном направлении с запада на восток, оконтурены буровыми разведочными скважинами. Западная часть месторождения расположена вдоль правобережья р. Тобол, восточная – на Тоболо-Убаганском водоразделе [2, 3].

Общие сведения

Геологическая характеристика района

Тургайский прогиб в современную эпоху представляет собой вытянутую в меридиональном направлении обширную депрессию, расположенную между Уральским хребтом и щитом Центрального Казахстана в области сочленения Западно-Сибирской и Туранской плит. Естественная граница последних проводится по гребню обособленной в наиболее узкой части прогиба Кустанайской седловины, в районе которой породы складчатого фундамента максимально близки к поверхности, а осадки платформенного чехла характеризуются минимальными мощностями. К северу и югу мощность отложений платформенного чехла постепенно возрастает и Тургайский прогиб, расширяясь, сливается с равнинами Западной Сибири и Северного Приаралья, не имея, таким образом,

естественных северной и южной границ. Западная граница на севере проводится по Джетыгаринскому разлому, а на юге – между озерами Шалкар-Ега-Кара, Шалкар-Карашатау и южнее – параллельно меридиональному участку течения р. Иргиз. Восточная граница совпадает на севере с меридиональным течением р. Ишим, долина которого наследует зону разломов, а на юге проходит по подножиям горной системы Улутау и ее отрогов [2].

В разрезе Тургайского прогиба было выделено два различных структурных комплекса: первый из них представлен сложно дислоцированными докембрийскими и палеозойскими породами, слагающими складчатый фундамент, а второй – субгоризонтально залегающими мезозойскими и кайнозойскими отложениями осадочно-чехла. Платформенный чехол сложен, в свою очередь, двумя различными по условиям залегания комплексами пород, первый из которых представлен эффузивными и осадочными образованиями нижнего-среднего триаса и континентальными угленосными отложениями верхнего триаса и коры, выполняющего грабены в поверхности складчатого фундамента, а второй – меловыми и кайнозойскими осадками, залегающими сплошным покровом на сформировавшейся в неокоме и покрытой корама выветривания денудационной равнине.

Наши наблюдения показали, что по распространению отложений различных стратиграфических горизонтов мезокайнозойского платформенного чехла и их мощностей в пределах собственно прогиба выделяют Северо-Тургайскую и Южно-Тургайскую впадины, разделенные субширотной Кустанайской седловиной,

а западный и восточный борта прогиба представляют собой, соответственно, Троицко-Камышинскую и Рузавско-Аркалыкскую моноклинали.

Накопление локально развитых континентальных песчано-глинистых отложений неокома, апта-среднего альба, верхнего альбасеномана и турона, слагающих нижнюю часть разреза горизонтально залегающей толщи меловых и кайнозойских осадков, связано с началом прогибания поверхности более древних пород, которое впоследствии привело к образованию Тургайского прогиба. В туронском веке на севере региона начинается трансгрессия Западно-Сибирского моря, в заливах и лагунах которого происходит накопление песчано-глинистых пород и оолитовых железных руд аятской свиты. С этого момента и в течение времени накопления песчаных и глинистых осадков (сантон-кампана и маастрихта, песчано-алевроитоглинистых отложений палеоцена, нижнего эоцена и существенно глинистых осадков среднего верхнего эоцена и верхнего эоцена – нижнего + среднего олигоцена (чеганский горизонт)) на территории региона почти непрерывно существовали морские условия, нарушавшиеся неполной регрессией на границе мелового и палеогенового периодов [4].

Верхние горизонты платформенного чехла представлены различными фациями континентальных отложений олигоцена, с определенными горизонтами которых связаны выделяемые в лисаковскую толщу оолитовые железные руды, а также континентальными осадками неогеновой и четвертичной систем.

В связи с тем, что морские палеогеновые отложения имеют сплошное распространение, а оолитовые железные руды лисаковской толщи приурочены к континентальным олигоценым отложениям, залегающим на более высоких стратиграфических уровнях, ниже приведена стратиграфия только палеогеновой системы, при этом основное внимание уделено стратиграфии континентальных отложений олигоцена, дискуссионные вопросы которой и их решения тесно связаны с палеогеографической обстановкой и условиями накопления оолитовых железных руд Лисаковского, Шиелинского и Кировского месторождений, выделяемых в лисаковскую толщу^{1,2} [5, 6].

Краткие сведения о геологическом строении месторождения

Исследования показали, что в геологическом строении месторождения принимают участие два комплекса пород: комплекс вулканогенно-осадочных пород палеозойского возраста и перекрывающий их комплекс песчано-глинистых пород мезокайнозойского возраста.

Месторождение приурочено к Лисаковской толще верхнеолигоценного возраста, выполняющего древнюю погребенную эрозионную долину, прослеженную разведочными работами на расстояние 120 км при ширине от 1-2 км до 8 км и протягивающуюся почти

в широтном направлении от западного борта Тургайского прогиба к его осевой части.

Долина заполнена на всем протяжении аллювиально-пролювиальными осадками русловой и пойменной фаций, сложенных кварцевыми галечниками, гравием, разнородными кварцевыми песками с железистыми оолитами или лишенными их, алевроитами и песчанистыми глинами³ (рис. 1). Галечно-гравийные отложения, пески и оолитовые руды местами сцементированы гидроокислами железа, сидеритом, железистыми хлоритами, карбонатами [3].

В нижних частях разреза иногда встречаются включения растительных остатков в виде обломков деревьев, веток и скоплений растительной мелочи, которые местами подвергнуты обугливаю или обоживанию.

Описываемые осадки рудоносной толщи залегают в западной части долины на палеозойских породах или корях выветривания по ним, в восточной части долины – на глинах морского палеогена.

Поверхность палеозойского фундамента и ложе древней речной долины испытывают пологое погружение с запада на восток.

По своему составу и условиям залегания лисаковская толща отличается от других континентальных отложений палеогена и представляет собой весьма своеобразный комплекс пород, выделенный в отдельную толщу.

При изучении разреза лисаковской толщи было замечено, что он очень невыдержан и характеризуется быстрой и значительной изменчивостью отложений как по мощности, так и по простиранию, частыми переходами от тонкозернистых песков к грубозернистым, от глинистых к песчаным, от почти безоолитовых песков или песчаников через пески с оолитами к оолитовым рудам.

Отложения оолитовых гидроокисных руд образуют многочисленные линзовидные и пластообразные залежи, которые в плане оконтуриваются в виде изгибающихся лентообразных, сплошных или прерывистых полос, вытянутых вдоль простирания речной долины. Длина рудных полос достигает нескольких десятков километров, ширина – от нескольких десятков до нескольких сот метров. Рудные полосы протягиваются обычно параллельными цепочками. Иногда такие полосы сливаются в одну общую шириной до 1-2 км. Кроме того, для осадков русловой фации характерна косая слоистость, прямолинейная параллельная, обусловленная сменой отлагающегося материала. Часто наблюдаются внутриформационные размывы, срезание одной серии косых слоев другой [4].

Отложения пойменных фаций-отложений стариц и озерно-болотных водоемов различаются формой рудных залежей и размерами рудных тел.

Рудные тела, сформированные в озерно-болотных водоемах, оконтуриваются в виде многочисленных отдельных залежей овальной, линзовидной и неправильной округлой форм. Такие тела тяготеют к бортам долины,

¹Рылов Ю.И. Отчет результатов ГДП-200. – 2005.

²Бекмухаметов А.Е., Билялов Б.Д. Металлогения экзогенных руд железа Тургайского прогиба и перспективы промышленного освоения их Лисаковским ГОКом. – Алматы, 2003. – 256 с.

³Рылов Ю.И. Отчет с изменениями и дополнениями автора. – 2004.

размеры их невелики: в длину до 1 км при ширине до 600-700 м. В отличие от русловых залежей, для них характерна горизонтальная слоистость в чередовании осадков.

Мощность лисаковской рудной толщи крайне непостоянна, часто меняется на коротких расстояниях, колеблется от единиц метров до 40 м. Максимальной мощности рудная толща достигает в продольно-осевой части, уменьшаясь в северном и южном направлениях. Промышленные руды фациально замещаются балансовыми рудами или безрудными кварцевыми песками. Внутри рудной толщи встречаются линзы и прослойки глин, алевроитов мощностью до нескольких метров, наблюдается чередование участков с косой слоистостью и участками, имеющими горизонтальную слоистость, или без видимых следов слоистости [7].

В пределах разведанной части месторождения балансовые руды концентрируются в изолированные рудные тела и залежи, наиболее крупные из последних: Главная, Южная, Степная и Восточная.

В процессе исследования рудных залежей было отмечено, что условия их залегания почти одинаковые. Все они залегают примерно горизонтально и имеют почти широтное простирание.

Границы рудных залежей обусловлены кондиционными содержаниями железа, внутреннее их строение весьма сложное с частой перемежаемостью руд различных типов и прослоев пустых пород.

Первостепенное значение по размерам, запасам и качеству руд имеет Главная залежь, суммарные запасы которой составляют 906,5 млн т со средним содержанием железа 35,6%. Залежь прослежена от разведочной линии 50 на западе до линии 108 на востоке. Доразведкой за отчетный период залежь прослежена и изучена от линии 52 на западе до линии 83 на востоке, протяженность ее в пределах Западной части месторождения около 32 км при ширине 2,5 км на западе и 1 км на востоке. Качество руд на различных участках по всей протяженности залежи значительно варьирует: в центральной продольно-осевой части залежи расположены более богатые руды. На участке 1 среднее содержание железа составило 37,3%; на участке 2 – 36,93%; на участке 3 – 38,81%; на участке 5 – 38,52%. На южном, западном и восточном флангах залежи качество руд ниже и составило: на участке 5' – 32,83%; на участке 4 – 35,82%; на участке 6 – 34,45%; на участке 6' – 33,85% [3, 4].

Средняя мощность залежи 2 м, максимальная в центральной осевой части достигает 40 м. Средняя мощность кондиционных балансовых руд по сумме 3-х горизонтов по участкам Главной залежи составила; на участке 6 – 18,4 м; на участке 5 – 24,6 м; на участке 5' – 18,5; на участке 3 – 20,5; на участке 6' – 19,9 м. На всем протяжении залежь или выходит на дневную поверхность, или перекрывается четвертичными отложениями. Средняя мощность вскрыши около 3 м. Залежь имеет

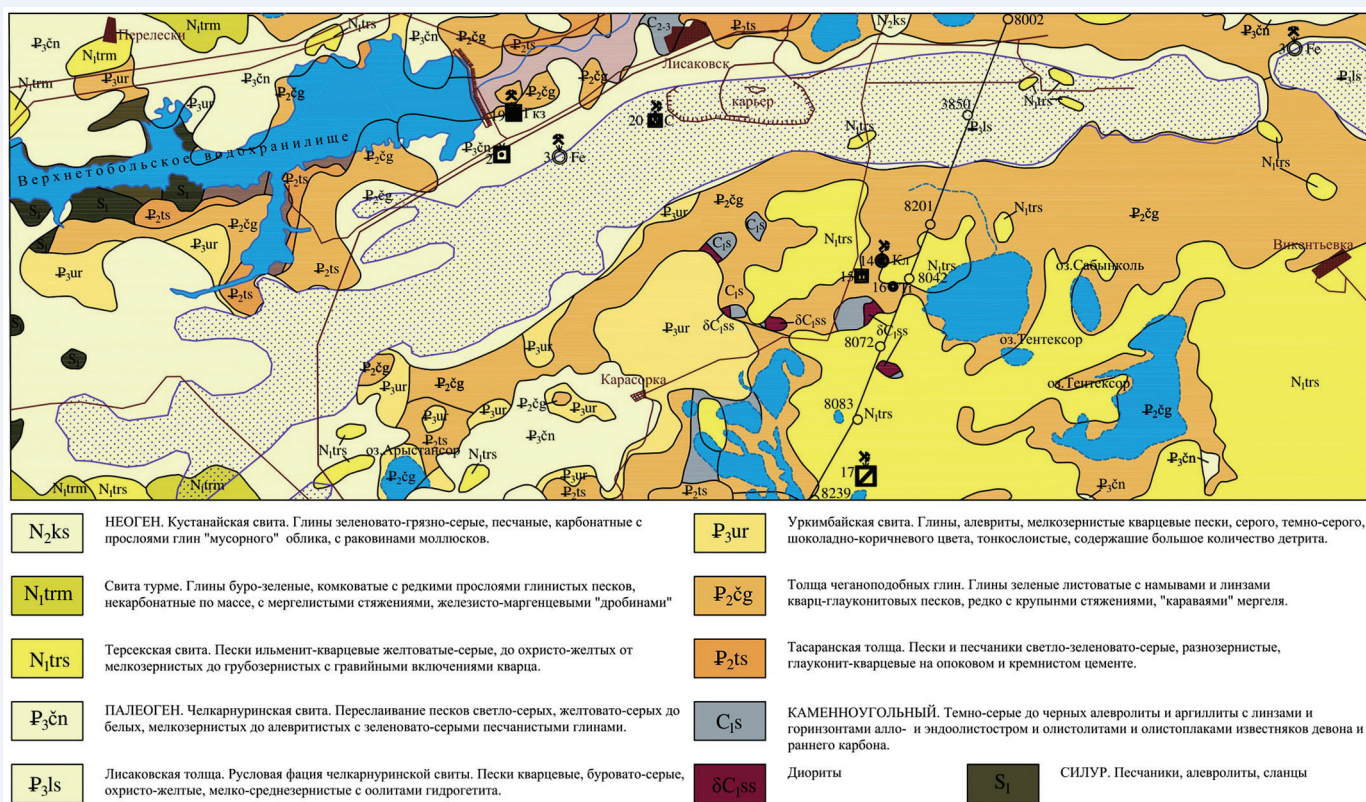


Рис. 1. Геологическая карта Лисаковского месторождения, совмещенная с картой полезных ископаемых (Тургайская серия, масштаб 1:200000).

Сурет 1. Пайдалы қазбалар картасымен біріктірілген Лисаков кен орнының геологиялық картасы (Торғай сериясы, масштабты 1:200000).

Figure 1. Geological map of the Lisakovskoye field combined with the map of minerals (Turgay series, scale 1:200000).

почти широтное простирание и довольно выдержанное в плане площадное распространение балансовых руд. С южного фланга залежь довольно равномерно оконтурена забалансовыми рудами с редкими линзообразными и лентообразными в плане телами балансовых руд.

Южная залежь расположена в западной части месторождения и вытянута вдоль южного фланга от линии 52 до линии 78, состоит из нескольких линзообразных и пластообразных рудных тел, которые в совокупности оконтуриваются на плане в виде изгибающихся лентообразных сплошных или прерывистых пятен, полос, вытянутых вдоль речной долины [8]. Исследованиями выявлено, что ширина рудных тел колеблется от 0,2 км до 1,5 км, средняя мощность вскрыши пустых пород составляет 5,4 м. Южная залежь значительно менее выдержанная, чем Главная. Балансовые руды часто перемежаются с забалансовыми, контуры рудных тел извиваются и меняют свое направление. В пределах линий 69+750 до линии 72+500 залежь прерывается на 2,5 км песчано-глинистыми и глинистыми отложениями с редкими линзами забалансовых руд некондиционной мощности.

В скв. 638, 637 залежь возобновляется в виде прогнутых линзообразных и лентообразных рудных тел, которые выполнены перемежающимися балансовыми и забалансовыми рудами. Качество руд по содержанию железа в компактно расположенных промышленных типах варьируют от 33,27% до 40,99%, среднее содержание железа по залежи – 34,23%, средняя мощность составляет 16,3 м. Залежь прослежена до линии 79+250.

Степная рудная залежь протягивается вдоль северного борта месторождения от линии 70+250 до линии 83+500 прерывистой полосой сложной конфигурации шириной от нескольких сот до 1500 м, общей длиной более 12 км. Залежь состоит из нескольких рудных тел, отделенных друг от друга забалансовыми рудами. Средняя мощность вскрыши по залежи составила 5,6 м. Рудные тела представлены линзообразными и пластообразными телами с сильно изменяющимся контуром. Внутреннее строение ее сложное и неоднородное, качество руды ниже, чем руд Главной и Южной залежи. Среднее содержание железа по залежи¹ составляет 32,12%, средняя мощность руды – 17,0 м [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каскатаева К.Б., Каскатай А., Кряжева Т.В. Характеристика оолитовых руд Лисаковского месторождения. // XXIV Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посвященный 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Томск, 2020. – Т. 1. – С. 205-207. (на русском языке)
2. Рева И.В., Сорокина А.М. Геохимические особенности оолитовых железняков Лисаковского месторождения (Торгайский прогиб, Казахстан). // Труды XXIII Международного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина. – Томск, 2019. – Т. 1. – С. 169-171. (на русском языке)
3. Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Аскарлова Н.С. Минеральный состав руд Лисаковского месторождения. // Международная научно-практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11). – Караганда, 2019. – Часть 3. – С. 287-289. (на русском языке)
4. Кряжева Т.В., Каскатаева К.Б., Дьяконов В.В. Условия образования рудных залежей Лисаковского месторождения. // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №12). – Караганда, 2020. – Часть 2. – С. 63-65. (на русском языке)
5. Сорокина А.М., Рева И.В., Рудмин М.А. Минеральная форма редкоземельных элементов в морских оолитовых железняках. // Сборник тезисов докладов I молодежной научно-образовательной конференции Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов «Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов – от прогноза к добыче». – М.: ЦНИГРИ, 2020. – С. 179-182. (на русском языке)
6. Kokal H.R., Singh M.P., Nayduonov V.A. Удаление фосфора из Лисаковской железной руды методом обжига-выщелачивания. // Материалы конференции TMS Fall Extraction and Processing. / Редакторы: Young S., Alfantazi A., Anderson C., James A. – 2013. – С. 1517-1530. (на английском языке)
7. Ionkov K., Gaydardzhiev S., Gomes O., Neumann R., Correa de Araujo A. Технологически ориентированная характеристика концентрата оолитового железа при дефосфоризации обжигом и выщелачиванием. // Материалы 28-го Международного конгресса по переработке полезных ископаемых. – Квебек, Канада: Канадский Институт горного дела, металлургии и нефти, 2016. – С. 116. (на английском языке)

8. Garnit H., Bouhleb S. Петрография, минералогия и геохимия позднеэоценовых оолитовых железняков Джебель-Анка, Южный тунисский атлас. // *Обзоры рудной геологии. Elsevier Science Publishing Company.* – 2017. – Т. 84. – С. 134-153. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қасқатаева К.Б., Қасқатай А., Кряжева Т.В. Лисаков кен орнының оолитті кендерінің сипаттамасы. // *Ұлы Отан соғысындағы Жеңістің 75 жылдығына арналған. Академик М.А. Усов атындағы студенттер мен жас ғалымдардың «Геология мәселелері және жер қойнауын игеру» XXIV халықаралық ғылыми симпозиумы.* – Томск, 2020. – Т. 1. – С. 205-207. (орыс тілінде)
2. Рева И.В., Сорокина А.М. Лисаков кен орнының оолитті железняктарының геохимиялық ерекшеліктері (Торғай ойысы, Қазақстан). // *Академик Қ.И. Сәтпаевтың 120-жылдығына, профессор К.В. Радугиннің 120-жылдығына арналған, академик М.А. Усов атындағы XXIII Халықаралық симпозиумның студенттері мен жас ғалымдар еңбектері «Геология және жер қойнауын игеру мәселелері».* – Томск, 2019. – Т. 1. – Б. 169-171. (орыс тілінде)
3. Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Асқарова Н.С. Лисаков кен орнының кендерінің минералдық құрамы. // *«Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» атты ғылыми-практикалық халықаралық конференция (Сағынов оқулары №11).* – Қарағанды, 2019. – Бөлім 3. – Б. 287-289. (орыс тілінде)
4. Кряжева Т.В., Каскатаева К.Б., Дьяконов В.В. Лисаков кен орнының кен шоғырларының пайда болу шарттары. // *«Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференция (Сағынов оқулары №12).* – Қарағанды, 2020. – Бөлім 2. – Б. 63-65. (орыс тілінде)
5. Сорокина А.М., Рева И.В., Рудмин М.А. Теңіз ооидті темір кендеріндегі сирек кездесетін элементтердің минералды формасы. // *Орталық ғылыми-зерттеу геологиялық барлау институты Жастар ғылыми-білім беру конференциясының тезистер жинағы «Алмаздардың, асыл және түсті металдардың минералды-шикізат базасы – болжамнан өндіруге дейін».* – Мәскеу: ЦНИГРИ, 2020. – Б. 179-182. (орыс тілінде)
6. Kokal H.R., Singh M.P., Nayduonov V.A. Лисаков темір кенінен фосфорды күйдіру-сілтісіздендіру әдісімен жою. // *TMS Fall Extraction and Processing Конференция материалдары. / Конференция редакторлары: Young C., Alfantazi A., Anderson C., James A.* – 2013. – Б. 1517-1530. (ағылшын тілінде)
7. Ionkov K., Gaydardzhiev S., Gomes O., Neumann R., Correa de Araujo A. Күйдіру және сілтілеу арқылы дефосфорлану кезіндегі оолитті темір концентратының технологиялық бағдарланған сипаттамасы. // *28-ші халықаралық пайдалы қазбаларды өңдеу конгресінің материалдары.* – Квебек, Канада: Канада тау-кен, металлургия және мұнай институты, 2016. – Б. 116. (ағылшын тілінде)
8. Garnit H., Bouhleb S. Кеш эоцендік оолитті темір кендерінің петрографиясы, минералогиясы және геохимиясы Джебель-Анка, Оңтүстік Тунис атласы. // *Кен геологиясына шолу. Elsevier Science Publishing Company.* – 2017. – Т. 84. – Б.134-153. (ағылшын тілінде)

REFERENCE

1. Kaskataeva K.B., Kaskatai A., Kryazheva T.V. Characteristics of oolite ores of the Lisakovsky Deposit. // *Dedicated to the 75th Anniversary of Victory in the Great Patriotic war XXIV International Scientific Symposium of Students and Young Scientists named after academician M.A. Usov «Problems of Geology and subsoil development».* – Tomsk, 2020. – Vol. 1. – P. 205-207. (in Russian)
2. Reva I.V., Sorokina A.M. Geochemical features of oolite ironstones of the Lisakovsky Deposit (Torgai trough, Kazakhstan). // *Proceedings of the XXIII International Symposium named after academician M.A. Usov of Students and Young Scientists, dedicated to the 120th Anniversary of the birth of academician K.I. Satpayev, and the 120th Anniversary of the birth of Professor K.V. Radugin «Problems of Geology and exploitation of mineral resources».* – Tomsk, 2019. – Vol. 1. – P. 169-171. (in Russian)
3. Kaskataeva K.B., Kryazheva T.V., Askarova N.S. Mineral composition of ores of the Lisakovsky Deposit. // *Scientific and Practical International Conference*

«Integration of Science, Education and Production – the Basis for the Implementation of the National Plan» (Saginov readings №11). – Karaganda, 2019. Part 3. – P. 287-289. (in Russian)

4. *Kryazheva T.V., Kaskataeva K.B., Diakonov V.V. Conditions of formation of ore deposits of the Lisakovsky Deposit. // International Scientific and Practical Conference «Integration of Science, Education and Production – the Basis for the Implementation of the National Plan» (Saginov readings №12). – Karaganda, 2020. – Part 2. – P. 63-65. (in Russian)*
5. *Sorokina A.M., Reva I.V., Rudmin M.A. Mineral form of rare earth elements in marine ooid ironstones. // Collection of Abstracts of the Youth Scientific and Educational Conference «Mineral Resource Base of Diamonds, Precious and Non-ferrous Metals – from Forecast to Production». / Moscow: Central Research Geological Exploration Institute of Non-ferrous and Precious Metals, 2020. – P. 179-182. (in Russian)*
6. *Kokal H.R., Singh M.P., Naydyonov V.A. Removal of phosphorus from Lisakovsky iron ore by a roast-leach process. // Proceedings of the TMS Fall Extraction and Processing. / Conference editors: Young C., Alfantazi A., Anderson C., James A. –2013. – P. 1517-1530. (in English)*
7. *Ionkov K., Gaydardzhiev S., Gomes O., Neumann R., Correa de Araujo A. Process oriented characterization of oolitic iron concentrate during dephosphorisation by roasting and leaching. // Proceedings of the 28th International Mineral Processing Congress. – Québec, Canada: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2016. – P. 116 p. (in English)*
8. *Garnit H., Bouhleb S. Petrography, mineralogy and geochemistry of the late eocene oolitic ironstones of the jebel ank, southern tunisian atlas. // Ore geology reviews. Elsevier Science Publishing Company. – 2017. – Vol. 84. – P. 134-153. (in English)*

Сведения об авторах:

Каскатаева К.Б., докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), aigakk@mail.ru

Кряжева Т.В., канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), kryazheva_t@mail.ru

Садчиков А.В., канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), a.sadchikov@kstu.kz

Дьяконов В.В., д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой общей геологии и геологического картирования Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (г. Москва, Россия), mdf.rudn@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Каскатаева К.Б., «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), aigakk@mail.ru

Кряжева Т.В., геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), kryazheva_t@mail.ru

Садчиков А.В., техника ғылымдарының кандидаты, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), a.sadchikov@kstu.kz

Дьяконов В.В., геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, Серго Орджоникидзе атындағы Ресей мемлекеттік геологиялық барлау университетінің жалпы геология және геологиялық карталау кафедрасының меңгерушісі (Мәскеу қ., Ресей), mdf.rudn@mail.ru

Information about the authors:

Kaskataeva K.B., PhD student of the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), aigakk@mail.ru

Kryazheva T.V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department «Geology and exploration of mineral deposits» of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), kryazheva_t@mail.ru

Sadchikov A.V., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department «Geology and exploration of mineral deposits» of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), a.sadchikov@kstu.kz

Dyakonov V.V., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of the Department of General Geology and Geological Mapping of the Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University (Moscow, Russia), mdf.rudn@mail.ru

Код МРНТИ 52.13.03:29.19.19

Н.Д. Рахимов, Г.Б. Абдыкаримова

Институт горного дела имени Д.А. Кунаева – филиал Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан)

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД КУРЖУНКУЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. С увеличением глубины карьера увеличивается влияние геомеханических факторов на безопасность ведения горных работ. Для эффективного и безопасного ведения горных работ проводят расчеты устойчивости откосов и бортов карьера. Физико-механические свойства оказывают существенное влияние на результаты математического моделирования и как следствие этого на принятие решений при проектировании и планировании технологических процессов добычи твердых полезных ископаемых из недр. При определении безопасных параметров дальнейшей отработки карьеров принципиальным является вопрос достоверности прочностных характеристик. Для обоснования достоверных физико-механических характеристик пород массива Куржункульского карьера были проведены лабораторные исследования прочностных свойств массива. Основным источником фактического материала, позволяющим оценить геологическое строение, в том числе состояние и свойства пород и руд Куржункульского месторождения стал керн скважин, полученный в процессе проходки геотехнических скважин.

Ключевые слова: образец, физико-механические свойства, горные породы, сжатие, карьер, угол внутреннего трения, устойчивость, растяжение, прочность пород, лабораторные исследования.

Қоржынкөл кен орны жыныстарының физика-механикалық қасиеттерін зертханалық зерттеу

Аңдатпа. Карьердің тереңдігі ұлғайған сайын, тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігіне геомеханикалық факторлардың әсері күшейеді. Тау-кен жұмыстарын тиімді және қауіпсіз жүргізу үшін беткейлер мен шұңқыр қабырғаларының тұрақтылығын есептеу жүргізіледі. Физикалық-механикалық қасиеттер математикалық модельдеу нәтижелеріне және соның салдарынан қатты пайдалы қазбаларды жер қойнауынан алудың технологиялық процестерін жобалау мен жоспарлау кезінде шешім қабылдауға айтарлықтай әсер етеді. Карьерлерді одан әрі дамытудың қауіпсіз параметрлерін анықтау кезінде беріктік сипаттамаларының сенімділігі мәселесі маңызды болып табылады. Қоржынкөл карьер массиві жыныстарының сенімді физикалық-механикалық сипаттамаларын негіздеу үшін массивтің беріктік қасиеттеріне зертханалық зерттеу жұмыстары жүргізілді. Геологиялық құрылымды, оның ішінде Қоржынкөл кен орны жыныстары мен рудаларының күйі мен қасиеттерін бағалауға мүмкіндік беретін негізгі материалдың көзі геотехникалық ұңғымаларды бұрғылау процесінде алынған керн болды.

Түйінді сөздер: үлгі, физикалық және механикалық қасиеттер, тау жыныстары, сығылу, карьер, ішкі үйкеліс бұрышы, тұрақтылық, созылу, жыныстардың беріктігі, зертханалық зерттеулер.

Laboratory research of physical and mechanical properties of rocks of the Kurzhunkulsky deposit

Annotation. As the depth of the open pit increases, the influence of geomechanical factors on the safety of mining operations increases. For efficient and safe mining, calculations of the stability of slopes and pit walls are carried out. Physical and mechanical properties have a significant impact on the results of mathematical modeling and, as a consequence, on decision-making in the design and planning of technological processes for the extraction of solid minerals from the subsoil. When determining the safe parameters for further development of open-pits, the issue of reliability of strength characteristics is fundamental. To substantiate the reliable physical and mechanical characteristics of the rocks of the Kurzhunkul open-pit massif, laboratory studies of the strength properties of the massifs were carried out. The main source of factual material that makes it possible to assess the geological structure, including the condition and properties of rocks and ores of the Kurzhunkul deposit, was the core of the wells obtained in the process of drilling geotechnical wells.

Key words: specimen, physical and mechanical properties, rocks, compression, open-pit, angle of internal friction, stability, tension, rock strength, laboratory research.

Введение

При проектировании горных работ и контроле состояния горного массива необходим комплекс сведений о физико-механических свойствах горных пород. Более того, нужна определенная систематизация горных пород по свойствам для того, чтобы без проведения специальных углубленных исследований можно было бы представлять основные особенности поведения массива горных пород при определенных видах воздействий, и тем самым контролировать и прогнозировать процессы разрушения, происходящие в массиве [1].

Основной исходной информацией для обоснования углов наклона бортов Куржункульского карьера, при котором обеспечивается его устойчивость и безопасность ведения горных работ является геологическая изученность месторождения,

величины показателей физико-механических и прочностных свойств горных пород и породных контактов, а также структурно-тектонических особенностей горного массива, трещиноватости, обводненности, исследования напряженно-деформированного состояния массива горных пород. В связи с дальнейшим увеличением глубины отработки карьера потребовалось проведение дополнительных инженерно-геологических изысканий [2].

Методика проведенных исследований

Для определения физико-механических свойств вмещающих пород карьера были подготовлены образцы по условиям и требованиям методики исследований пород на прочность при одноосном сжатии и растяжении. Размеры изготавливаемых образцов керна выбирали с учетом требований стандартов к методам испытаний ($h/d/2$, где h – длина образца; d – диаметр керна)



**Рис. 1. Подготовленные образцы пород для испытаний.
Сурет 1. Сынақ үшін жыныстың үлгілері дайындалды.
Figure 1. Prepared rock samples for testing.**

и наличия разнообразных по составу и ориентации поверхностей ослабления¹⁻⁷ [3].

На рис. 1 приведены подготовленные образцы для испытаний, распиловка и обработка которых была проведена на камнерезном станке САСП-1 алмазными дисками с соблюдением строгой параллельности торцов; установленная площадь торцевой части образца 17,34 см².

Прочностные (механические) свойства горных пород определены посредством испытаний образцов на временное сопротивление одноосному сжатию $\sigma_{сж}$ и растяжению² σ_p .

Для исследования пород на прочность при растяжении образцы были изготовлены из материалов керна с геометрическими размерами 1,0 × 1,0 см и 1,5 × 1,5 см, а для слабых и интенсивно трещиноватых пород образцы для испытаний подготовлены с размерами 4,5 × 4,5 см. Торцевые поверхности образцов подвергались шлифовке для обеспечения параллельности контактных поверхностей при нагрузочных испытаниях.

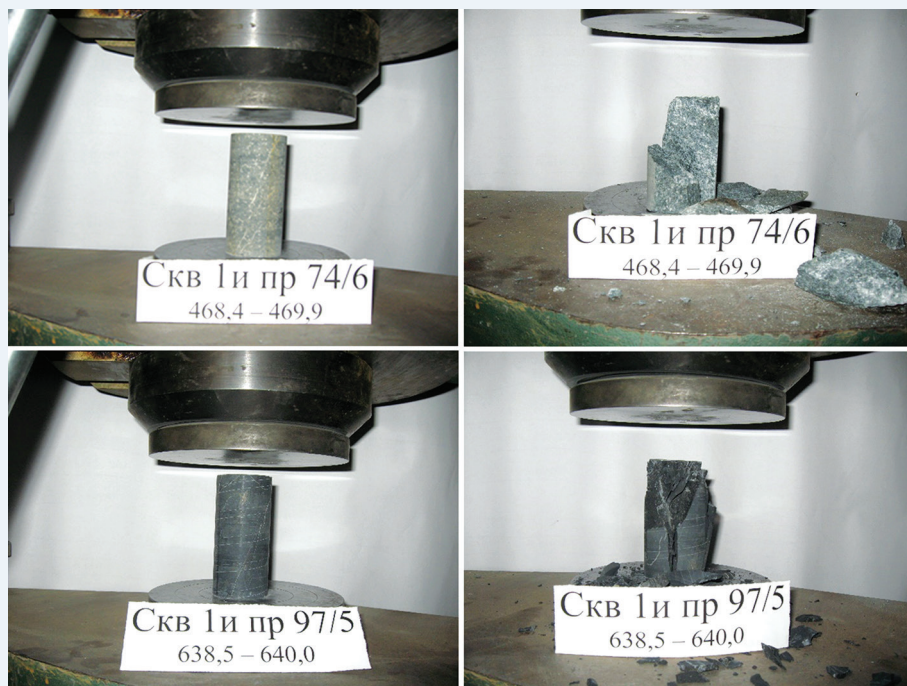
Определение пород на прочность при одноосном сжатии является наиболее распространенным способом оценки прочностных свойств пород (рис. 2). Образец между клиньями (плитами) размещали так, чтобы ось образца и линии касания к нему клиньев (плит) находились в плоскости задаваемого раскола (разрыва породы). Отклонение от плоскости не более 0,5 мм. Образец нагружали до разрушения равномерно с четырьмя диапазонами нагрузок: 0,0-4 т/с; 0,0-10 т/с; 0,0-20 т/с; 0,0-40 т/с.

Прочность пород на растяжение определялась по максимальной нагрузке, прилагаемой по продольной оси образца, разнонаправленно, т. е. на разрыв. Испытания образцов горных пород на растяжение производилось в металлических зажимах

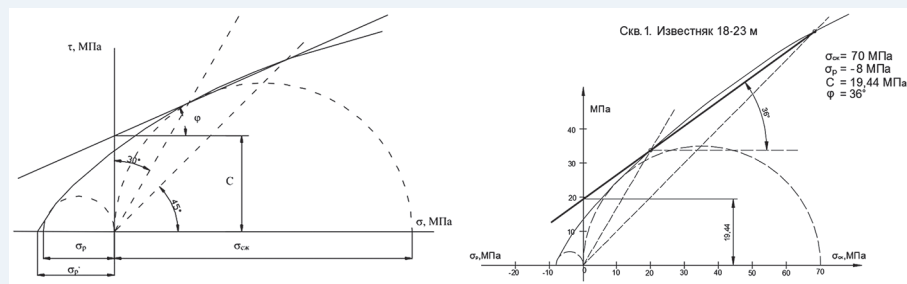
с резиновыми накладками. Механизм динамометра приводился в действие с помощью электродвигателя через редуктор постепенным увеличением нагрузки (растяжения), что позволило достаточно четко фиксировать величину разрушающего усилия. После испытаний анализировался характер разрушения образцов, оценивалась плоскость разрушения. На основе подобных заключений в расчет принимались те образцы, разрушение которых произошло по нормали или ближе к нормали.

Образцы пород с низкой прочностью, поверхность разрушения которых при испытании на растяжение не отвечала указанному правилу обычно в расчет не принимались.

Параметры паспорта прочности (сцепление и угол внутреннего трения) горных пород определялись в соответствии с расчетным методом построения паспорта прочности по данным определения пределов прочности при одноосном сжатии и растяжении по ГОСТ 21153.8-88¹ (рис. 3).



**Рис. 2. Испытание образцов на сжатие.
Сурет 2. Үлгілерді сығымдау сынағы.
Figure 2. Compression test of specimens.**



**Рис. 3. Построение паспорта прочности и пример построения.
Сурет 3. Беріктік паспортын құру және құрылым үлгісі.
Figure 3. Creating a strength passport and an example of building.**

¹ГОСТ 21153.8-88 Породы горные. Метод определения предела прочности при объемном сжатии. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 15 с.

²ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 7 с.

³ГОСТ 28985-91. Породы горные. Методы определения деформационных характеристик при одноосном сжатии. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 19 с.

⁴Кобранова В.Н., Лепарская Н.Д. Определение физических свойств горных пород. – М.: Госгортехиздат, 1957. – 160 с.

⁵Ильницкая Е.И. и др. Определение свойств горных пород. – М.: Недра, 1969. – 392 с.

⁶Карташов Ю.М. и др. Прочность и деформируемость горных пород. – М.: Недра, 1979. – 269 с. (на русском языке).

⁷Еремин Г.М. Совершенствование методов определения прочностных свойств пород и их деформируемости при применении в проектах новых технологических процессов на карьерах и поддержания устойчивости выработок. – М.: Горная книга, 2016. – 36 с.

Основными деформационными характеристиками исследуемых пород являются модуль упругости E и динамический коэффициент Пуассона μ . При подготовке образцов к определению упругих свойств выполнялось обязательное условие – параллельность торцов образца (для плотного контакта с датчиками и соосности их при измерении), соблюдение в образцах соотношения $l/d > 2$.

Определение скорости распространения продольных и поперечных упругих волн в образцах проводилось с использованием соответствующих ультразвуковой аппаратуры и методики измерений. Для получения динамических характеристик проведена серия экспериментов с помощью измерителя времени и скорости распространения ультразвука «Пульсар-2.2». Работа прибора основана на измерении времени и скорости прохождения ультразвукового импульса в материале изделия от излучателя к приемнику. Скорость ультразвука вычисляется делением расстояния между излучателем и приемником на измеренное время и зависит от его плотности и упругости, наличия

дефектов (трещин и пустот), определяющих прочность и качество. Измеренные скорости распространения продольных и поперечных упругих волн позволяют с определенной точностью получить динамические показатели^{6, 8}: модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ [4, 5]:

$$E = V_p^2 \times \frac{(1 + \mu) \times (1 - 2\mu)}{(1 - \mu)} \times \rho, \quad (1)$$

$$\mu = [0,5 - (V_s/V_p)^2] / [1 - (V_s/V_p)^2], \quad (2)$$

где V_s/V_p – соотношение скорости распространения поперечной волны V_s к скорости продольной волны V_p ;

ρ – плотность горной породы.

На основании анализа литологических признаков и физико-механических свойств скальных пород месторождения выделены следующие инженерно-геологические элементы:

1) известняки – от средних до прочных; средние величины предела прочности на одноосное сжатие изменяются от 44,2 МПа до 52 МПа при средних значениях $C = 14,2$ МПа и $\varphi = 35,3^\circ$;

2) порфириды в целом весьма прочные, залегают на всех бортах карьера; средние величины предела прочности на одноосное сжатие изменяются от 39,9 МПа до 89,1 МПа при средних значениях $C = 18,7$ МПа и $\varphi = 33,5^\circ$;

3) метасоматиты – от прочных до весьма прочных; средние величины предела прочности по бортам на одноосное сжатие изменяются от 55,9 МПа до 102,9 МПа при средних значениях $C = 24,7$ МПа и $\varphi = 32,6^\circ$.

Заключение

Результаты лабораторных исследований скальных пород на прочностные свойства Куржункульского месторождения показывают, что по прочности их можно отнести к категории от средних до весьма прочных.

Более слабые прочностные характеристики имеет юго-восточный борт карьера. Его строение по сравнению с юго-западным характеризуется большей степенью метасоматизма, что сопровождается интенсивной трещиноватостью, более низкими прочностными свойствами пород (кроме известняка), слагающих массив. Так, прочностные свойства метасоматитов в юго-восточной части карьера почти в 2 раза ниже, чем в юго-западной части. Западный борт Куржункульского карьера имеет более высокие прочностные свойства. Тенденция увеличения прочностных свойств скальных пород с глубиной прослеживается неявно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волков М.А., Соловьев Д.В., Белина Л.А., Пимонов А.Г. Изучение физико-механических свойств горных пород на разных этапах разрушения. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. – С. 16-19. (на русском языке)
2. Калюжный Е.С., Асанов В.А., Съедина С.А., Рахимов Н.Д. Определение физико-механических свойств горных пород Сарбайского карьера. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2018. – №9. – С. 26-29. (на русском языке)
3. Torabi S.R., Ataie M., and Javanshir M. Применение числа отскока Шмидта для оценки прочности горных пород в конкретных геологических условиях. // Горное дело и окружающая среда. – 2010. – Том 1. – №2. – С. 1-8. (на английском языке)
4. Minaeian B. and Ahangari K. Оценка прочности на одноосное сжатие на основе Р-волны и отскока молота Шмидта с использованием статистического метода. // Арабский журнал геонаук. – 2013. – Т. 6. – №6. – Р. 1925-1931. (на английском языке)
5. Azimian A., Ajalloeian R. and Fatehi L. Эмпирическая корреляция прочности на одноосное сжатие со скоростью продольной волны и индексом прочности при точечной нагрузке на мергелых породах с использованием статистического метода. // Геотехнологические и инженерно-геологические изыскания. – 2014. – Т. 32. – №1. – С. 205-214. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Волков М.А., Соловьев Д.В., Белина Л.А., Пимонов А.Г. Бұзылудың әртүрлі кезеңдеріндегі тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу. // Кузбасс Мемлекеттік Техникалық Университетінің Хабаршысы. – 2007. – Б.16-19. (орыс тілінде)

⁸Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1984. – 359 с. (на русском языке).

2. Калюжный Е.С., Асанов В.А., Съедина С.А., Рахимов Н.Д. Сарыбай карьерінің тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін анықтау. // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2018. – №9. – Б. 26-29. (орыс тілінде)
3. Torabi S.R., Ataei M. and Javanshir M. Шмидт серпілісінің санын нақты геологиялық жағдайларда тау жыныстарының беріктігін бағалау үшін қолдану. // Тау-кен ісі және қоршаған орта журналы. – 2011. – Т. 1. – №2. – Б. 1-8. (ағылшын тілінде)
4. Minaeian B. and Ahangari K. Статистикалық әдіспен p -толқын және Шмидт балғасының серпілісі негізінде сығылу кезіндегі бір осьті беріктігін бағалау. // Arab J. Geosci. – 2013. – Т. 6. – №6. – Б. 1925-1931. (ағылшын тілінде)
5. Azimian A., Ajalloeian R., and Fatehi L. Статистикалық әдісті қолдана отырып, P -толқынының жылдамдығымен және мергель жыныстарына нүктелік жүктеме индексімен бір осьті сығымдау күшінің эмпирикалық корреляциясы. // Геотехнологиялық және инженерлік-геологиялық ізденістер. – 2014. – Т. 32. – №1. – Б. 205-214. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Volkov M.A., Soloviev D.V., Belina L.A., Pimonov A.G. Study of physical and mechanical properties of rocks at different stages of destruction. // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. – 2007. – P. 16-19. (in Russian)
2. Kalyuzhny E.S., Asanov V.A., Sedina S.A., Rakhimov N.D. The determination physical and mechanical properties of rocks at Sarbay mining. // Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2018. – №9. – P. 26-29. (in Russian)
3. Torabi S.R., Ataei M. and Javanshir M. Application of Schmidt rebound number for estimating rock strength under specific geological conditions. // Journal of Mining&Environment. – 2011. – Vol. 1. – №2. – P. 1-8. (in English)
4. Minaeian B. and Ahangari K. Estimation of uniaxial compressive strength based on P -wave and Schmidt hammer rebound using statistical method. // Arabian Journal of Geosciences. 2013. – Vol. 6. – №6. – P. 1925-1931. (in English)
5. Azimian A., Ajalloeian R. and Fatehi L. An empirical correlation of uniaxial compressive strength with P -wave velocity and point load strength index on marly rocks using statistical method. // Geotechnical and Geological Engineering. – 2014. – Vol. 32. – №1. – P. 205-214. (in English)

Сведения об авторах:

Рахимов Н.Д., младший научный сотрудник лаборатории «Управление геомеханическими процессами» Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), nurik.igd@mail.ru
Абдыкаримова Г.Б., младший научный сотрудник лаборатории «Управление геомеханическими процессами» Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), abdykarimovagulnur@gmail.com

Авторлар туралы мәліметтер:

Рахимов Н.Д., Қонаев атындағы тау-кен істер институтының – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» «Геомеханикалық процестерді басқару» зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), nurik.igd@mail.ru
Әбдікәрімова Г.Б., Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істер институтының – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» «Геомеханикалық процестерді басқару» зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), abdykarimovagulnur@gmail.com

Information about the authors:

Rakhimov N.D., Junior Research Assistant at the Laboratory «Control of Geomechanical Processes» of the Institute of Mining after D.A. Kunayev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), nurik.igd@mail.ru
Abdikarimova G.B., Junior Research Assistant at the Laboratory «Control of Geomechanical Processes» of the Institute of Mining after D.A. Kunayev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), abdykarimovagulnur@gmail.com

Статья публикуется в рамках грантового финансирования по проекту №AP08053358 «Управление горным массивом для обеспечения безопасной отработки месторождения на основе комплексной геомеханической модели».

Код МРНТИ 52.13.04:52.35.29

Д. Народхан¹, Т.К. Исабек¹, Н. Хуанган¹, Д.К. Тажипбаев²¹Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Казахстан),²Институт геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики (г. Бишкек, Кыргызстан)

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

Аннотация. В статье представляется для обсуждения проблемный вопрос о взаимном расположении внешних породных отвалов и бортов разрезов или карьеров при открытой разработке угольных или рудных месторождений полезных ископаемых. Известные факты деформаций и обрушений бортов от воздействия внешних породных отвалов свидетельствуют о необходимости разработки и привлечения новых методов исследований устойчивости таких отвалов. Характер нагрузки отвалов на площадку верхнего уступа борта принципиально отличается от сосредоточенной нагрузки горнотранспортного оборудования. При проектировании расположения внешних породных отвалов, особенно бестранспортной технологии отвалообразования, необходимо учитывать научно обоснованное оптимальное расстояние между этими геомеханическими конструкциями. Необоснованно близкое расположение высоких внешних отвалов к верхней кромке борта может привести к аварийным или даже катастрофическим последствиям.

Ключевые слова: угольный разрез, открытый способ, борт разреза, внешний породный отвал, распределенная нагрузка, устойчивость борта, метод конечных элементов.

Сыртқы жыныс үйінділерінің көмір тілігі жағдауының тұрақтылығына әсері туралы

Анатпа. Мақалада пайдалы қазбалардың көмір немесе кен орындарын ашық қазу кезінде сыртқы жыныс үйінділері мен разрездердің немесе карьерлердің ернеулерін өзара орналастыру туралы проблемалық мәселе қарастырылады. Сыртқы жыныс үйінділерінің әсерінен жағдау деформациясы мен опырылуының белгілі фактілері осындай үйінділердің тұрақтылығын зерттеудің жаңа әдістерін әзірлеу және енгізуді қажет етеді. Жағдаудың жоғарғы кемері алаңына үйінділер жүктемесінің сипаты тау-кен көлігі жабдығының шоғырланған жүктемесінен принципті түрде ерекшеленеді. Сыртқы жыныс үйінділерінің, әсіресе үйінді түзудің көліктік емес технологиясының орналасуын жобалау кезінде осы геомеханикалық конструкциялардың арасындағы ғылыми негізделген оңтайлы қашықтықты ескеру қажет. Жоғарғы сыртқы үйінділердің жағдау жоғарғы жиегіне негізсіз жақын орналасуы авариялық немесе тіпті апатты салдарға әкелуі мүмкін.

Түйінді сөздер: көмір тілігі, ашық әдіс, тілік жағдауы, сыртқы жыныс үйіндісі, бөлінген жүктеме, жағдау тұрақтылығы, соңғы элементтер әдісі.

On the influence of external rock dumps on the stability of the sides of coal mines

Abstract. The article presents for discussion the problematic issue of the mutual location of external rock dumps and sides of sections or quarries in the open development of coal or ore deposits of minerals. Known facts of deformations and collapses of boards from the impact of external rock dumps indicate the need to develop and attract new methods of research on the stability of such dumps. The nature of the load of dumps on the platform of the upper ledge of the board is fundamentally different from the concentrated load of mining equipment. Features of the impact of the rock pile is that the load is distributed. Methods for investigating and determining the stability of sections loaded with dumps should take this feature of the load into account. When designing the location of external rock dumps, especially transport-free dump technology, it is necessary to take into account the scientifically justified optimal distance between these geomechanical structures. Unreasonably close location of high external dumps to the upper edge of the Board can lead to emergency or even catastrophic consequences.

Key words: coal cut, quarry, the outer blade, instrument array, open method, cut board, external rock pile, distributed load, side stability, finite element method.

Введение

При разработке твердых полезных ископаемых открытым способом, как правило, возникают две наиболее сложные проблемы – обеспечение устойчивости бортов карьера или разреза и организация размещения породных отвалов на весь период ведения горных работ на месторождении¹. Теоретически и практически установлено, что устойчивость бортов зависит от многих факторов [1]: горно-геологических, гидро-геологических и климатических условий, технологий, используемого горнотранспортного оборудования и т. п. По организации породных отвалов есть два пути решения: внутреннее или внешнее отвалообразование. Организация внутренних отвалов эффективна, но возможна лишь по мере образования достаточной площади и объема выработанного пространства на разрезе для складирования пород вскрыши. Поэтому на начальном этапе работы по освоению месторождения, в частности, угольного открытым способом формируются внешние породные отвалы.

И в этой технологии существует выбор вариантов организации внешнего отвалообразования – транспортное или бестранспортное. Первый вариант предполагает вывоз пород вскрыши автомобильным или иным транспортом на значительные расстояния от борта

разреза, что приводит к дополнительным затратам и увеличению себестоимости добычи угля.

В этом плане бестранспортный способ внешнего отвалообразования характеризуется как наиболее рациональный, но требующий специального горнотранспортного оборудования, например, мощных шагающих экскаваторов-драглайнов. Кроме того, как предупреждают авторы известных работ [2], необходимо правильно назначить (принять) величину отстояния породного отвала от верхней кромки борта разреза. В этой же работе приводится пример нарушения устойчивости бортов карьеров Тургайского месторождения бокситового рудоуправления, когда одной из установленных причин оползневых явлений на борту явилось необоснованно близкое расположение внешних породных отвалов бестранспортной вскрыши от верхней площадки бортов.

Практические примеры и теоретические исследования показывают, что эти две ответственные геомеханические конструкции – борт и внешний породный отвал – следует рассматривать с учетом их взаимного влияния. Особенно актуально это в современных условиях, когда увеличиваются нагрузки на открытые способы разработки, возрастает дефицит земельных площадей, экологические причины² и т. п.

¹Попов И.И., Шпаков П.С., Поклад Г.Г. Устойчивость породных отвалов. – Алма-Ата: Недр, 1987. – 224 с. (на русском языке)

²Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Ленинград: ВНИМИ, 1972. (на русском языке)

Вопрос о безопасном расстоянии между основанием внешнего породного отвала и ближайшим бортом очень важен и при эксплуатации угольных разрезов. На рис. 1 приведен вид последствий оползневого явления в виде образования вертикальных трещин борта на одном из угольных разрезов Экибастузского месторождения. Одной из возможных причин нарушения устойчивости борта разреза могло послужить опасное приближение верхней кромки борта по мере его разноски к основанию внешнего породного отвала.

Методы исследований

При проектировании расположения и обосновании максимальных параметров внешних породных отвалов необходимо учитывать воздействие близко расположенного отвала на верхнюю площадку борта разреза. Необходимость учета воздействия внешних породных отвалов на устойчивость верхнего уступа борта разреза, а затем и борта в целом отмечалась в публикуемых работах ученых, занимающихся этой проблемой [3].

Ниже приведены некоторые наиболее важные и часто встречающиеся технологические и технические причины появления оползней или трещин отрыва (обрушений)³. К ним относятся:

- а) подрезка горными работами слабых контактов, фильтрующих пород, поверхностей тектонических трещин и нарушений, имеющих наклон в сторону выработанного пространства и простирающие, приблизительно параллельное фронту борта;
- б) вскрытие разрезом слабых, пластичных, обводненных пород основания борта, а также укладка пород отвала на наклонное основание или на слабые, обводненные породы;
- в) размещение на бортах и уступах разреза не предусмотренных проектными расчетами отвалов пустых пород, тяжелого горнотранспортного оборудования, при производстве в разрезе массовых взрывов большей, чем по проекту, единичной мощности;
- г) несоблюдение установленных проектными расчетами геометрических параметров (высоты, углы откосов) уступов, бортов разреза;
- д) отсутствие районирования горного отвода разреза по физико-механическим свойствам пород и угла с точки зрения устойчивости уступов и бортов;
- е) невыполнение специальных исследований для использования в проектах эксплуатации и развития разреза научно обоснованных параметров бортов и отвалов с учетом их геомеханического взаимодействия.

Существуют и горно-геологические факторы [4], способствующие усилению отрицательного воздействия внешнего отвала на устойчивость борта разреза. Это – неблагоприятное падение пластов угля и вмещающих пород в сторону выработанного пространства разреза. При наличии слабых контактов (глинистые или мягкие породы) внешние нагрузки на площадку уступа могут быть источниками для возникновения оползневых явлений. Наличие тектонических нарушений также негативно влияет на устойчивость бортов разреза.

Горно-геологические, гидрогеологические и климатические условия месторождения – объективные факторы, которые относятся к неуправляемым. Все остальные, указанные выше причины или факторы являются управляемыми в разной степени. Отдельно необходимо отметить фактор взаимного расположения внешнего породного отвала по отношению к ближайшему борту разреза. Здесь самый сложный вопрос – каким способом или методом рассчитать и установить оптимальное расстояние между этими геомеханическими конструкциями, устойчивость каждой из которых имеет решающее значение для успешной и безопасной их эксплуатации.

Дело в том, что поверхностная нагрузка на рабочую площадку борта разреза может быть двух видов – сосредоточенная и распределенная. Первый вид нагрузки, как правило, горнотранспортное оборудование – экскаваторы, большегрузные автосамосвалы, буровые установки и т. п. Точками приложения сосредоточенной нагрузки служат колеса автосамосвалов, гусеницы экскаваторов и т. п. Для сосредоточенной нагрузки разработаны и используются графические и аналитические методы расчета устойчивости бортов [5]. Определяется глубина трещины вертикального отрыва:

$$H_{90} = (\sigma_0 - q) / \gamma, \text{ м}, \tag{1}$$

где q – величина сосредоточенной нагрузки, МПа;

γ – объемный вес пород прибортового массива, МН/м³;

σ_0 – нормальная составляющая напряжения, определяемая по формуле:

$$\sigma_0 = 2 \times C_n \times \text{ctg}(45 - \varphi/2), \text{ МПа}, \tag{2}$$

где C_n – сцепление пород массива с учетом коэффициента запаса устойчивости n ;

φ – угол внутреннего трения пород массива, град.

При этом виде нагрузки известна точка расположения трещины вертикального отрыва, откуда начинается линия скольжения призмы обрушения прибортового массива. Далее принимается определенный вид поверхности скольжения (например, круглоцилиндрическая), и на этой основе вычисляются



Рис. 1. Трещины разрыва вследствие нарушения устойчивости борта разреза.

Сурет 1. Қима жағдауының тұрақтылығының бұзылуы салдарынан пайда болған жарықтар.
Figure 1. The fracture gap due to violation of stability of the open pit.

³Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – Санкт-Петербург, 1978. (на русском)

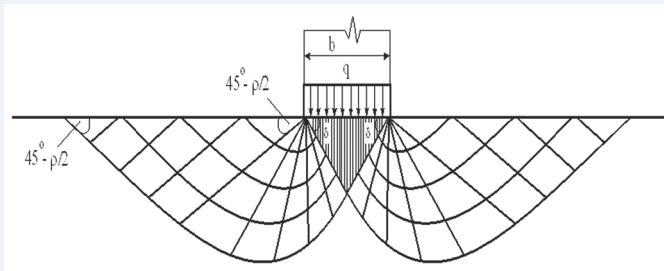


Рис. 2. Сеть линий скольжения под действием штампа.

Сурет 2. Штампа әсерінен сырғыма сызықтарының желісі.

Figure 2. Network of sliding lines under the action of a stamp.

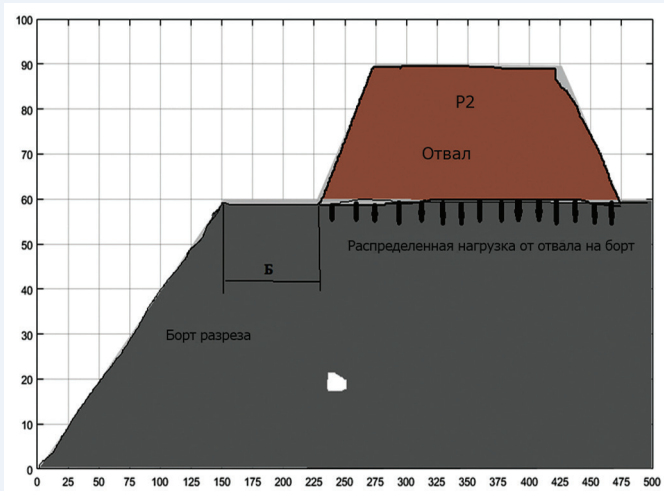


Рис. 3. Схематическое представление действия отвала на борт разреза.

Сурет 3. Қима жағдауына жыныс үйіндісінің әсер етуінің схемалық көрінісі.

Figure 3. Schematic representation of the action of the blade on the side of the section.

сдвигающие и удерживающие силы для расчета коэффициента запаса устойчивости.

Второй вид нагрузки – это отвалы пород внешней и внутренней вскрыши. Нагрузка равномерно передается от основания отвала на верхнюю площадку борта разреза. Авторы работы² утверждают, что при этом виде нагрузки не могут применяться методы расчета параметров устойчивости бортов, разработанные для сосредоточенных нагрузок. Обосновывается это утверждение следующими обстоятельствами:

- размеры (ширина и высота) отвала, расположенного на борту разреза, соизмеримы с высотой борта;
- поэтому, в отличие от сосредоточенной нагрузки, поверхность скольжения может сформироваться в любой точке под отвалом;
- невозможно определить местоположение этой точки и, следовательно, начало поверхности скольжения.

Существует иногда применяемый метод, когда внешняя нагрузка на борт разреза (или карьера)

рассматривается как штамп ограниченных размеров; поверхность скольжения при таком откосе начинается под краем площадки загрузки (рис. 2). Такой способ моделирования действия отвала на борт разреза тоже неправомерно применять в силу указанных выше причин. Линии скольжения начинаются от края штампа, что не соответствует геомеханическому процессу от распределенной нагрузки на борт.

По мнению авторов, более правильное действие распределенной нагрузки от отвала на борт разреза схематически представлено на рис. 3, где видно, что для исследования устойчивости нагруженных ярусов бортов разреза под действием распределенной нагрузки необходимы специальные методы расчета. Расстояние B от верхней кромки борта до ближайшей границы внешнего породного отвала играет существенную роль в определении устойчивости борта. По мере развития горных работ, разноски бортов и увеличения размеров отвала будет усиливаться отрицательное его воздействие на борт. В случае моделирования действия внешнего породного отвала метод должен учитывать, кроме общеизвестных факторов, протяженные размеры отвала, давление на поверхность площадки борта, расстояние от верхней кромки борта до ближайшей границы основания отвала.

Один из методов моделирования взаимодействия борта разреза с отвалом, по нашему мнению, который можно использовать, это метод конечных элементов, в настоящее время довольно широко применяемый в решении задач горной геомеханики⁴. В частности, в этой работе⁴ решена задача определения напряженно-деформированного состояния откоса борта разреза в двух различных постановках. Использование метода конечных элементов, для которого разработаны и апробированы пакеты компьютерных программ, дает возможность определять характеристики напряженно-деформированного состояния прибортового массива под действием распределенной нагрузки. Вычисление главных напряжений позволяет использовать критерий прочности Кулона-Мора и определять критические зоны неустойчивости массива в любой точке [6].

Выводы

Практика отвалообразования при разработке твердых полезных ископаемых открытым способом показала, что необоснованно близкое расположение внешних породных отвалов к рабочим бортам разрезов или карьеров может вызывать деформацию и нарушение устойчивости последних.

При проектировании расположения отвалов по отношению к бортам разреза (карьера) нужно учитывать обоснованное расчетами безопасное расстояние между этими ответственными геомеханическими конструкциями и для обеспечения их совместной устойчивости⁵.

Для численного моделирования устойчивости откосов бортов под действием распределенной нагрузки необходимо пользоваться методами, отличными от методов учета сосредоточенной нагрузки.

⁴Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1965. – 278 с. (на русском языке)

⁵Амусин Б.З., Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в решении задач горной геомеханики. – М.: Недра, 1975. – 143 с. (на русском языке)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Панжин А.А., Сашурин А.Д., Панжина Н.А. Исследования НДС массива в районе Киембаевского карьера. // VII Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений»: сборник докладов. – Екатеринбург, 2018 (10-11 апреля). – С. 284-290. (на русском языке)
2. Шпаков П.С., Поклад Г.Г., Лягина О.И., Ожигин С.Г. Определение величины отстояния отвала бестранспортной вскрыши от верхней бровки борта карьера. // Сдвигение горных пород и земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых. – Караганда, 1984. – С.8-17. (на русском языке)
3. Соколов И.А. О безопасных расстояниях расположения экскаваторов и отвалов от бровки уступа. // Безопасность труда в промышленности. – 1961. – №5. – С. 24-25. (на русском языке)
4. Kajzar V., Doležalová H., Souček K., Staš L. Gabriela Locality: начало геодезических наблюдений для обнаружения поверхностных проявлений. // Acta Geodynamica et Geomaterialia. – 2012. – Vol. 9. – №3. – с. 401-407. (на английском языке)
5. Харисов Т.Ф. Обеспечение устойчивости бортов карьера в тектонически напряженном массиве горных пород. // VII Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений»: сборник докладов. – Екатеринбург, 2018 (10-11 апреля). – С. 295-305. (на русском языке)
6. Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б. Управление устойчивостью бортов карьеров. // VIII Международный научный конгресс «Интерэкспо Гео-Сибирь – 2012». – Новосибирск: УГГА, 2012. – С. 30-34. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Панжин А.А., Сашурин А.Д., Панжина Н.А. Киембаев карьері ауданындағы массивтің шиеленісті-деформацияланған күйін зерттеу. // VII Халықаралық ғылыми-техникалық конференция «Кен және кен емес кен орындарын игерудегі инновациялық геотехнологиялар»: баяндамалар жинағы. – Екатеринбург, 2018 (10-11 сәуір). – Б. 284-290. (орыс тілінде)
2. Шпаков П.С., Поклад Г.Г., Лягина О.И., Ожигин С.Г. Карьердің бортының жоғарғы жиегінен көліксіз аршу үйіндісінің тұру шамасын анықтау. // Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезінде тау жыныстары мен жер бетінің жылжуы. – Қарағанды, 1984. – Б. 8-17. (орыс тілінде)
3. Соколов И.А. Экскаваторлар мен үйінділердің кертпеш жиегінен қауіпсіз орналасу қауіптіліктері туралы. // Өнеркәсіптегі еңбек қауіпсіздігі. – 1961. – №5. – Б. 24-25. (орыс тілінде)
4. Kajzar V., Doležalová H., Souček K., Staš L. Gabriela Locality: беткі көріністерді анықтау үшін геодезиялық бақылаулардың басталуы. // Acta Geodynamica et Geomaterialia. – 2012. – Vol. 9. – №3. – Б. 401-407. (ағылшын тілінде)
5. Харисов Т.Ф. Тау жыныстарының тектоникалық шиеленіскен массивіндегі карьер ернеулерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету. // «Кен және кенсіз кен орындарын игерудегі инновациялық геотехнологиялар» VII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы: баяндамалар жинағы. – Екатеринбург, 2018 (10-11 сәуір). – Б. 295-305. (орыс тілінде)
6. Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б. Карьер борттарының орнықтылығын басқару. // «Интерэкспо Гео-Сибирь – 2012» VIII Халықаралық ғылыми конгресі. – Новосибирск: УГГА, 2012. – Б. 30-34. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Panzhin A.A., Sashurin A.D., Panzhina N.A. Studies of the stress-shaped state of the massif in the region of the Kiembaevsky quarry. // VII International scientific and technical conference «Innovative geotechnologies in the development of ore and non-metallic deposits»: Collection of reports. – Yekaterinburg, 2018 (April 10-11). – P. 284-290. (In Russian)
2. Shpakov P.S., Poklad G.G., Lyagina O.I., Ozhigin S.G. Determination of the distance between the dump of the transportless overburden from the upper edge of the pit side.

- // Shift of rocks and the earth's surface during the development of mineral deposits. – Karaganda, 1984. – P. 8-17. (In Russian)*
3. *Sokolov I.A. On the safe distances of the location of excavators and dumps from the edge of the ledge. // Labor safety in industry. – 1961. – №5. – P. 24-25. (In Russian)*
 4. *Kajzar V., Doležalová H., Souček K., Staš L. Gabriela Locality: Starting Geodetic Observations to Detect the Surface Manifestations. // Acta Geodynamica et Geomaterialia. – 2012. – Vol. 9. – №3. – P. 401-407. (In English)*
 5. *Kharisov T.F. Ensuring the stability of the pit walls in a tectonically stressed rock mass. // VII International Scientific and Technical Conference «Innovative Geotechnologies in the Development of Ore and Non-metallic Deposits»: Collection of reports. – Yekaterinburg, 2018 (April 10-11). – P. 295-305. (In Russian)*
 6. *Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., Ozhigina S.B. Management of the stability of quarry walls. // VIII International Scientific Congress «Interexpo Geo-Siberia – 2012». – Novosibirsk: UGGA, 2012. – P. 30-34. (In Russian)*

Сведения об авторах:

Народхан Д., PhD докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), dos_good@mail.ru

Исабек Т.К., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), tyiak@mail.ru

Хуанган Н., доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), kuangan-nur@mail.ru

Тажибоев Д.К., канд. техн. наук, заведующий лабораторией «Механика горных пород» Института геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики (г. Бишкек, Кыргызстан), dantaji@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Народхан Д., Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу» кафедрасының PhD докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), dos_good@mail.ru

Исабек Т. К., техника ғылымдарының докторы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), tyiak@mail.ru

Хуанган Н., Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), kuangan-nur@mail.ru

Тажибоев Д.К., техника ғылымдарының кандидаты, Кыргызстан Республикасының Ұттық Ғылым Академиясы «Геомеханика және жер қойнауын игеру» институтының «Тау жыныстарының механикасы» зертхана меңгерушісі, (Бишкек қ., Қырғызстан), dantaji@mail.ru

Information about the authors:

Narodkhan D., PhD Doctoral Student at the Department «Development of mineral deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), dos_good@mail.ru

Isabek T.K., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of mineral deposits» of the RSE at the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), tyiak@mail.ru

Huangan N., Associate Professor at the Department «Development of mineral deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), kuangan-nur@mail.ru

Tazhibayev D.K., PhD, Head at the Laboratory «Rock mechanics» of the Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic (Bishkek, Kyrgyzstan), dantaji@mail.ru

Код МРНТИ 52.01.82

Б.Б. Амралинова, А.Т. Ақылбаева, А.А. Рагданова, А. Берікболұлы

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті (Өскемен қ., Қазақстан)

КЕНОРНЫН ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ ТАУ-КЕН ҚҰРЫЛЫМДАРЫНЫҢ ТҰРАҚТЫ ЖАЙ-КҮЙІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Аңдатпа. Бұл мақалада пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезінде тау құрылыстарының тұрақты жағдайын қамтамасыз ету әдістері ұсынылған. Ашық әдіспен пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезінде карьер ернеулерінің тұрақтылығы мәселесі ең өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Ашық тау-кен қазбаларының баурайларының тұрақтылығы екі негізгі фактормен анықталады: біріншісі-борт маңы массивінің кернеулі жай-күйі, сондай-ақ тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері. Тау-кен геологиялық және технологиялық жағдайларға байланысты карьерлік еңістердің тұрақтылық деңгейін белгілеу үшін геомеханикалық модель таңдалады, онда егжей-тегжейлі талдаудан кейін есептеу схемасы қабылданады, содан кейін есептеулер жүргізіледі.

Түйінді сөздер: тау-кен қазбалары, массивтің сірескен-деформацияланған күйі, геомеханикалық процестер, тұрақтылық қорының коэффициенті, инженерлік-геологиялық модель, математикалық моделдеу, тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттері, тұрақтылықты есептеу, карьердің жақтары мен жиектері.

Обеспечение стабильного состояния горных сооружений при разработке месторождений

Аннотация. В данной статье предложены методы обеспечения устойчивого состояния горных сооружений при разработке месторождений полезных ископаемых. При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом вопрос устойчивости бортов карьера является одним из самых актуальных. Устойчивость откосов открытых горных выработок определяется двумя основными факторами: напряженным состоянием прибортового массива, а также физико-механическими свойствами горных пород. Для установления уровня устойчивости карьерных откосов в зависимости от горно-геологических и технологических условий выбирается геомеханическая модель, где после детального анализа принимается расчетная схема, по которой затем производятся расчеты.

Ключевые слова: горные выработки, напряженно-деформированное состояние массива, геомеханические процессы, коэффициент запаса устойчивости, инженерно-геологическая модель, математическое моделирование, физико-механические свойства горных пород, расчет устойчивости, борта и уступы карьера.

Stable operation of mining structures during the development of the field ensuring the state of affairs

Abstract. This article offers methods for ensuring the stable state of mining structures in the development of mineral deposits. When developing mineral deposits in an open way, the question of the stability of the sides of the quarry is one of the most urgent. The stability of the slopes of open mine workings is determined by two main factors: the first is the stress state of the instrument array, as well as the physical and mechanical properties of rocks. To determine the level of stability of quarry slopes, depending on the mining, geological and technological conditions, a geomechanical model is selected, where, after a detailed analysis, a calculation scheme is adopted, which is then used for calculations.

Key words: mine workings, stress-strain state of the massif, geomechanical processes, coefficient of stability margin, engineering and geological model, mathematical modeling, physical and mechanical properties of rocks, calculation of stability, sides and ledges of the quarry.

Кіріспе

Геомеханикада ақпараттық технологияны қолданудың негізгі міндеті – деректерді үлкен жылдамдықпен өңдеу, өңдеу жылдамдығы, қажетті ақпараттың жылдам қол жетімділігі, деректерді басқару тиімділігі. Мұндай заңдылықтар жағдайлардың немесе объектілердің жіктелуін жүргізуге мүмкіндік беретін түрлі үлгідегі модельдер түрінде ұсынылады, олардың мінез-құлқын болжау, ұқсас объектілер және т. б. топтарын анықтау.

Геомеханикада бағдарламалық-компьютерлік жабдықтарды пайдалану карьер ернеуінің оңтайлы параметрлерін олардың тұрақтылық шарты бойынша модельдеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Зерттеу әдістері

Геомодельдер әртүрлі математикалық және статистикалық әдістерге негізделген арнайы алгоритмдердің көмегімен объектілер, бақылаулар мен жағдайлар туралы бар деректерді талдау процесінде құрылады.

Жұмыстың негізгі мазмұны

Ашық әдіспен пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезінде карьер ернеулерінің тұрақтылығы ең өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Ашық тау-кен қазбалары еңістерінің тұрақтылығы екі негізгі факторлармен, яғни борт маңы массивінің сірескен жай-күйімен және тау-кен жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерімен анықталады [1].

Карьерлер борттарының тұрақтылығына әсер ететін негізгі факторлар 1-ші кестеде көрсетілген.

Есептеу сызбасын математикалық сипаттау тау массивінің шекті тепе-теңдік теориясының теңдеулерімен жүргізіледі, еңіс деформациясын сипаттау үшін ең қолайлы деп саналады. Объективті бағалау үшін есептеулер бірнеше есептік схемалар бойынша жүргізіледі. Нәтиже үшін орнықтылық қоры коэффициентінің мәні ең аз болып алынатын схема бойынша есептеулер қабылданады. Есептеулерді іске асыру заманауи компьютерлік технология бойынша ЭЕМ-де сандық әдістермен жүргізіледі. 1 суретте-екі өлшемді есептің соңғы элементтері әдісімен шешу көрсетілген.

Массивте геомеханикалық процестерді зерттеудің сапалық деңгейі екі бағыт бойынша: жоғары дәлдікпен заманауи құралдардың көмегімен табиғи өлшеу-GPS технологиясы және қазіргі заманғы бағдарламалық қамтамасыз етумен іске асырылатын математикалық модельдеу көмегімен жүргізіледі.

Бейінді желілерде борт жанындағы массивтің жылжуын өлшеуге арналған GPS технологиясын қолдану электронды тахеометрмен үйлесімде қолданылады. GPS-қабылдағыштармен өлшеуді статика немесе кинематика режимінде тірек реперде, ал электронды тахеометрмен жұмыс реперінде орындайды. Мұндай өлшеулер кезінде кеңістіктегі бақыланатын нүктенің

Карьерлер борттарының тұрақтылығына әсер ететін факторлар тізімі

Кесте 1

Перечень факторов, влияющих на устойчивость бортов карьеров

Таблица 1

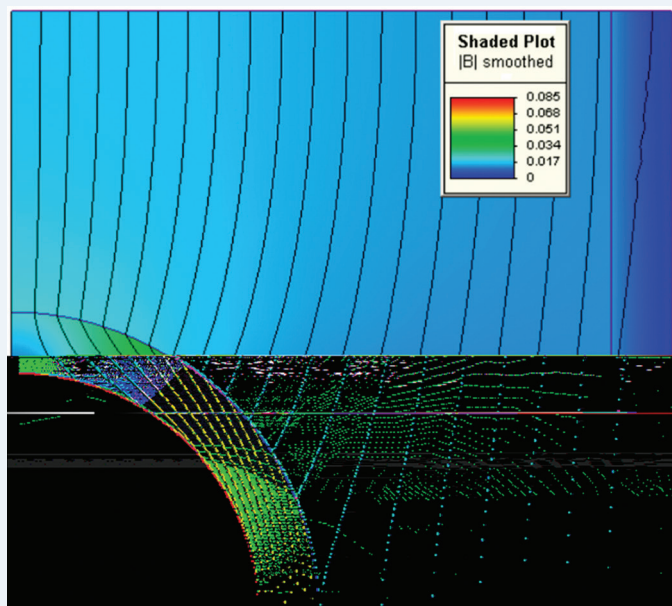
List of factors affecting the stability of quarry sides

Table 1

Негізгі факторлар	Сұрақтардың зерттелуі
Инженерлік-геологиялық	Тау жыныстарының генетикалық типі, литологиялық-петрографиялық құрамы (заттық құрамы, құрылымы, текстура) үлгідегі жыныстардың беріктілігі
	Жыныстардың жату жағдайлары, массивтің құрылысы
	Массивтегі жыныстардың беріктілігі
	Уақыт бойынша қасиеттерінің өзгеруі арқылы жыныстардың бейімділігі (ісіну, тығыздану, сілтісіздендіру, желдену)
Гидрогеологиялық	Борт маңы массивінің сулану сипаты
	Сулы қабаттарды қоректендіру
Физикалық-географиялық	Климаттық жағдайлар
	Орогеографиялық жағдайлар
	Геохронологиялық жағдайлар
	Ауданның сейсмикалығы
Тау-кен техникалық	Ашу тәсілі, тау-кен жұмыстарының технологиясы
	Жоспардағы алу түрі, борттың биіктігі мен профилі
	Массивті жерасты қазбаларымен өңдеу

ығысуының толық векторы алынады, өйткені барлық үш координаталар анықталады¹ (X, Y, Z). [2].

Карьердің жүктелген жұмыс істемейтін бортының басқарылатын параметрлеріне мыналар жатады:



Сурет 1. Екі өлшемді есептің соңғы элементтері әдісімен шешу.

Рис. 1. Решение двумерной задачи методом конечных элементов.

Figure 1. Solution of a two-dimensional problem by the finite element method.

жұмыс істемейтін кемерлер еңістерінің биіктігі мен бұрышы, көліктік бермалардың ені. Ішкі үйінділердің басқарылатын параметрлері-үйіндінің көлемі мен биіктігі, үйінді жұмыс қабаттарының саны, үйінді жұмыс қабаттарының биіктігі, үйінді жұмыс істемейтін қабаттар еңістерінің биіктігі мен бұрышы, яғни үйінді қабаттар еңістерінің биіктігі мен бұрышы, үйінді жұмыс алаңдарының ені.

Карьер ернеулерінің тұрақтылығын есептеу бойынша бағдарлама алгоритмінің блок-схемасы 3-ші суретте көрсетілген. Алгоритмді іске асырудың бастапқы кезеңінде бағдарламада карьер ернеуінің тұрақтылығын есептеу үшін физикалық-механикалық қасиеттері мен геологиялық-геометриялық деректері бойынша бастапқы деректер беріледі, содан кейін осы деректерді өңдеу жүргізіледі².

Борттардың және карьерлердің кемерлерінің тұрақтылығын басқару әдістемесін әзірлеу, ол келесі міндеттерді қамтуы тиіс:

- жоспардағы және тереңдігі бойынша тау-кен жұмыстарын дамыту кезінде тұрақты параметрлерді жобалау және түзету кезінде еңістердің орнықтылығын бағалау;
- құламалардың нақты жай-күйін бағалау және пайдалану процесінде олардың тұрақтылығын болжау; тау-кен кәсіпорны үшін өмірлік маңызы бар объектілерді қорғау.

Геомеханикалық мониторинг жүргізу зерттелетін ортаны танудың белгілі бір әдістемені қолдануды талап етеді. Бұл ретте таным әдістері заттың мәнін адекватты түрде көрсетуі, құбылыстың негізгі заңдылықтарын

¹Протосеня А.Г., Тимофеев О.В. Геомеханика. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт, 2010. – 117 с.

²Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы. Утверждены приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан №352 от 30.12.2014.

ашуды және әртүрлі факторлар арасындағы байланыстарды орнатуды қамтамасыз етуі тиіс^{3,4}.

Негізгі рәсім соңғы элементтер әдісі органы серпімді ретінде қарастырады және белгісіз орын ауыстыруларға қатысты сызықты алгебралық теңдеулер жүйесін шешуге сай келеді. Сызықты емес есептерді шешу өзгертілетін серпімді параметрлері бар бірнеше тізбекті сызықты шешімдердің көмегімен жүзеге асырылады.

Ашық тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде карьер ернеулерінде серпімді, серпінділік ығысу және жыныстардың бұзылуы орын алады. Тау жыныстарының деформациялануын және борт маңы массивінің тұрақтылығын талдау әдістерімен болжау теориялық сипатқа ие және практикалық пайдалану үшін тікелей пайдаланыла алмайды⁵.

Тау-кен жыныстарының бастапқы физикалық-механикалық қасиеттері тиісті қабаттар бойынша мынадай деректерді қамтуы тиіс: қалыңдығы, m ; тығыздығы ρ , kg/m^3 ; ішкі бұрыш φ , град.; ілінісу коэффициенті C , МПа; деформация модулі E , МПа; Пуассон коэффициенті ν .

Карьердегі тау жыныстарының массиві динамикалық жүйе болып табылады, негізгі элементі карьер борты кеңістікте және уақытта өзгереді және тау-кен жыныстарының тұрақты өзгермейтін біркелкі емес көлемді кернеулі күйін анықтайды. Сурет 3-еңістің тұрақтылық коэффициентін анықтаудың есептік схемасы көрсетілген.

Карьер бортының сірескен жай-күйінің (тұрақтылығының) бұзылуы:

- массив жыныстарының беріктігі ($R_{мас}$);
- карьер биіктігі H және борттың көлбеу бұрышы α ;
- құламаның тұру уақытымен T – жұмыс, жұмыстан тыс.

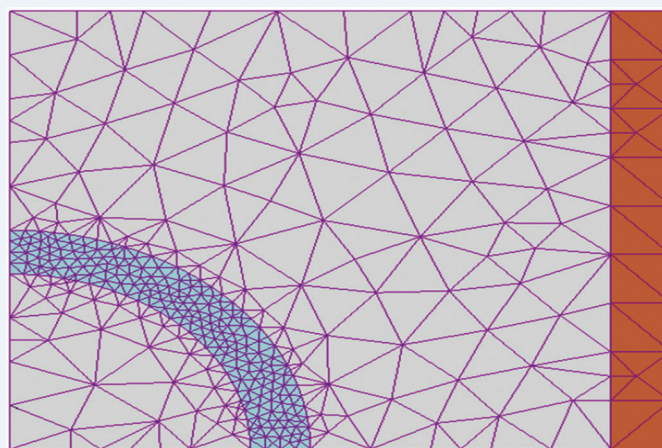
Жыныстар массивтерінің деформациясы (борттардың тұрақтылығы) табиғи (баяу ағатын) және тау-кен-техникалық (тез ағатын) факторлардың бірлескен әсерінен болады: физикалық-механикалық қасиеттері (φ , C , $R_{мас}$); атмосфералық әсерлердің (жауын-шашын.); әртүрлі бағытталған жыныстардың байланыстары мен жыныстардың болуы; сулы қабаттардың болуы; мерзлотты процестердің пайда болуы; жыныстардың ісінуге бейімділігі, бөлу, жұмсарту, шөгуді, суффозия, желдету; кемерлер мен борттардың көлбеу бұрыштарының жоғарылауы (α); карьерлік алаңдарды құрғатудың нашар ұйымдастырылуы; карьерлер борттарында үйінділердің орналасуы; тау-кен-көлік жабдығының динамикалық әсер етуі; бұрғылау-жару жұмыстары (БЖЖ); пайдалану шарттарына және басқа да.

Карьерлерді жобалау кезінде борттар мен кемерлердің (еңістердің) орнықтылығын (еңіс бұрыштарын) есептеу әдістемесін дұрыс таңдау маңызды. Еңіс екі параметрмен сипатталады: биіктігі H және еңіс бұрышы α . Өзгермеген кезде H көп болса α , соғұрлым тұрақты, яғни көлбеу бұрышы H биіктігінен функциясы болып табылады [3].

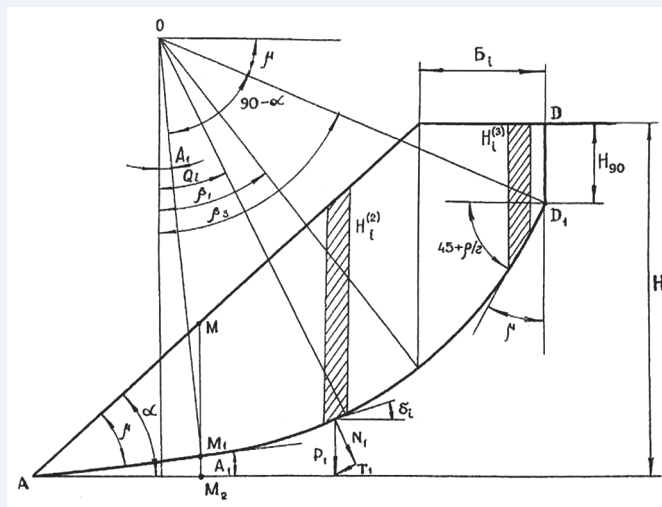
Күрделі инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайларда терең төселген карьерлер ернеулерінің тұрақтылығын бағалау кезінде келесі міндеттерді дәйекті шешу қажет.

1. Тұқымдардың литологиялық құрамын анықтау; жыныстардың құрылымы, массивтегі бұзылулар; жыныстардың жарылу сипаты мен дәрежесі; кен орнының гидрогеологиялық жағдайы; үлгідегі және массивтегі жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері.

2. Суретте тау жыныстарының қасиеттерінің сипаттамасын табу. Тау-кен жыныстарының беріктілік сипаттамаларын анықтау дәлдігі Карьер бортының тұрақтылық қорының коэффициентін дұрыс алудың сенімділігіне әсер етеді. Зерттеу барысында ілініс мәні 10%-ға өзгерген кезде тұрақтылық қорының коэффициенті 2,5%-ға, ал ішкі үйкеліс бұрышы 10%-ға өзгерген кезде 12%-ға өзгергені анықталды. Жыныстардың деформациялық сипаттамаларына борт маңы массивінің деформация сипатын анықтаудың дұрыстығы байланысты.



Сурет 2. Соңғы элементтерге бөлу.
Рис. 2. Деление на конечные элементы.
Figure 2. The division into finite elements.



Сурет 3. Еңістің орнықтылық коэффициентін анықтаудың есептік схемасы.
Рис. 3. Расчетная схема определения коэффициента устойчивости откоса.
Figure 3. Calculation scheme for determining the slope stability coefficient.

³Оловянный А.Г. Некоторые задачи механики массивов горных пород. – СПб.: ФГУП «Множественный научный центр» ВНИИМИ, 2013. – 234 с.

⁴Баклашов И.В., Картозия Б.А., Шашенко А.Н., Барисов В.Н. Геомеханика: учебник для вузов / в 2 т. Геомеханические процессы. – М.: МГГИ, 2010. – Т. 2. – 249 с.

⁵Казикаев Д.М. Геомеханика подземной разработки руд. – М.: МГТУ, 2015. – 542 с.

3. Кен орнының және сыйымды жыныстардың геологиялық құрылымын, гидрогеологиясын ескеретін порт маңындағы массивтің геомеханикалық моделін құру.

4. Борт маңы массивінің есептік геомеханикалық моделін құрғаннан кейін және соңғы элементтер әдісі негізінде сандық үлгілеу көмегімен қойылған есепті шешкеннен кейін алынған нәтижелерді талдау.

5. Борт маңы массивінің кернеулі-деформацияланған жай-күйі тау-кен жұмыстарын жүргізу процесінде және бортты Соңғы жағдайға қою кезінде кернеулер мен салыстырмалы деформациялардың бөлінуімен бағаланады. Еңісті деформациялау процесін бағалау кезінде салыстырмалы көлденең деформациялар ерекше рөл атқарады, оның арқасында созылу аймағын және ең кернеулі сырғанау бетін анықтауға болады. Бұдан басқа, Карьер борты желісі бойынша деформацияларды бөлудің сапалық және сандық сипатын белгілеу қажет: күндізгі бет желісі бойынша және карьер түбінің желісі бойынша тік ығысуларды, сондай-ақ еңіс желісі бойынша көлденең ығысуларды талдау.

6. Орындалғаннан кейін есептеу нәтижелерін басқа әдістемелер мен заттай бақылаулар бойынша алынған деректермен салыстыру.

Қарастырылып отырған объектінің соңғы элементтері әдісінің математикалық моделі келесі жорамалдар кезінде құрылған:

- зерттелетін аймақтың сыртқы шекаралары тау-кен қазбаларының шекарасынан олардың қозғалмаған массивтің кернеулі-деформацияланған жай-күйіне әсері ең аз (5%-тен кем) қашықтықта орнатылады);
- жыныстардың жоғарыда жатқан қалыңдығының салмағы зерттелетін аймақтың төменгі шекарасына қолданылатын біркелкі бөлінген жүктеме түрінде ескеріледі;
- зерттелетін аймақтың бүйір бетінде көлденең ығысулар жоқ ($u = 0$) және жанама кернеу ($\tau = 0$);
- топырақтың деформациясы ескерілмейді ($u = v = 0$).

Есептік модельдердің келтірілген негіздері Карьер борттарының тұрақтылығын бағалау жөніндегі міндеттерді шешу үшін бағдарламалық іске асыру кезінде пайдаланылатын болады.

Бағдарламалық қамтамасыз етуді одан әрі жетілдіру және соңғы элементтер әдісінің кең мүмкіндіктерін пайдалану мақсатында «USTO-Au» жаңғыртылған бағдарламалық модулі әзірленеді. Осы нұсқада кемерлер мен карьер ернеулерінің еңісінің орнықтылық коэффициентін

анықтау тура сызықты және қисық сызықты учаскелердің сырғу беттерінің комбинациясын есепке ала отырып, есептік сызба бойынша да жүргізіледі. Кіріс және шығыс деректері бағдарламалық модульді геотехнологиялық кешенді басқарудың корпоративтік жүйесіне интеграциялау үшін MS Access деректер қоры түрінде ұсынылған.

Бақылау нәтижелері бойынша сырғу еңістің жоғарғы жиегінен δ_i қашықтықта орналасқан DD_i желісі бойынша $H = 90$ м тереңдіктен басталатыны анықталды. Төменде бұл бет $= 45^\circ - \rho/2$ бұрышында жүреді (ρ -массивтегі жыныстардың ішкі үйкеліс бұрышы) басты кернеуге және $D_i M_i$ учаскесінде қисық сызықты сипатта болады, мұнда шеңбер доғасымен аппроксимацияланады. Одан әрі $M_i A$ учаскесіндегі сырғанау беті тік сызықты және μ бұрышымен еңіске шығады [4, 5].

Қорытынды

Негізгі міндет ақпараттық технологиялар тұрады анықталған жиынтықтағы мәліметтердің үлкен көлемін жасырын заңдылықтарын, тәуелділіктер мен өзара байланыстарды. Мұндай заңдылықтар жағдайлардың немесе объектілердің жіктелуін жүргізуге, олардың мінез-құлқын болжауға, ұқсас объектілер мен т. б. топтарын анықтауға мүмкіндік беретін түрлі үлгідегі үлгілер түрінде ұсынылады. Модельдер әртүрлі математикалық және статистикалық әдістерге негізделген арнайы алгоритмдердің көмегімен объектілер, бақылаулар мен жағдайлар туралы қолда бар деректерді талдау процесінде құрылады.

Сонымен қатар, нақты құрылыстарды есептеуге қандай да бір модельдер мен әдістерді іс жүзінде қолдану үлкен қиындықтар туғызады. Сандық модельдеу ретінде қолдану соңғы элементтер әдістері нақты есептерді шешу кезінде көрінетін бірқатар артықшылықтарға ие: зерттелетін аймақтың еркін формасы; түпкі элементтердің пішінін сызықтық кеңістіктен кеңістікке дейін таңдау; қолданылатын бөлу торын ерекше дәлдік қажет емес модельденген аймақтың жерлерінде сирек жасауға болады.

Соңғы элементтердің әдістері «тең жан-жақты» үш-бұрыштарға іске асыру үшін аймақты автоматты бөлу алгоритмдерінің жоқтығынан кең таралған жоқ (қателік, әдістің вариациясына байланысты, керісінше синусқа немесе ең өткір немесе ең тұйық бұрышқа қарама-қарсы). Бұл мәселені сәтті шешу автоматтандырылған, әрине-элементтік АЖЖ құруға мүмкіндік берді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Макаров А.Б., Ананин А.И. Таза камералардың тұрақтылық өлшемдері. // ВНИИцветметтің ғылыми еңбектерінің жинағы «Түсті металдар өндірісі кезінде кенді және техногендік шикізатты өндіру мен қайта өңдеудің прогрессивті технологиялары». – Өскемен: ВНИИцветмет, 2015. – Б. 12-19. (орыс тілінде)
2. Трушко В.Л., Протосеня А.Г., Плащинский В.Ф. Ашудың тұрақтылығын бағалау және Яковлевка кенішін өндіру қондырғысындағы жүктемелерді есептеу. // «Тау-кен өнеркәсібінің заманауи мәселелері» тау-кен институтының жазбасы. – СПб., 2016. – Том 168. – Б. 115-122. (орыс тілінде)
3. Trefry J.H., Smith J.P. Бариттің бұрғылау ерітіндісіндегі сынаптың формалары және олардың ортадағы тағдыры. // Шолу және синтез. Paper SPE 80571. – Richardson, TX, 2013. – Б. 12-13. (ағылшын тілінде)

4. Stewart S.V., Forsyth W.W. Ашық тазалау қазбасын жобалау тәсілі. // CIM Bulletin. – 2010. – №999. – Б. 45-53. (ағылшын тілінде)
5. Langefeld O. Ашық және жер асты тау-кен ісі әлемі. // Жер үсті және жер асты тау-кен ісі әлемі. – 2018. – 70(6). – Б. 363-364. (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров А.Б., Ананин А.И. Критерии устойчивости очистных камер. // Сборник научных трудов ВНИИцветмета «Прогрессивные технологии добычи и переработки рудного и техногенного сырья при производстве цветных металлов». – Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 2015. – С. 12-19. (на русском языке)
2. Трушко В.Л., Протосеня А.Г., Плащинский В.Ф. Оценка устойчивости обнажений и расчет нагрузок на крепь выработок Яковлевского рудника. // Записки горного института «Современные проблемы горной промышленности». – СПб., 2016. – Том 168. – С. 115-122. (на русском языке)
3. Trefry J.H., Smith J.P. Формы ртути в буровом растворе барита и их участь в среде. // Обзор и синтез. Paper SPE 80571. – Richardson, TX, 2013. – С. 12-13. (на английском языке)
4. Stewart S.V., Forsyth W.W. Способ проектирования открытой очистной выработки. // CIM Bulletin. – 2010. – №999. – С. 45-53. (на английском языке)
5. Langefeld O. Открытые и подземные горные работы. // Мир горного дела открытого и подземного. – 2018. – 70(6). – С. 363-364. (на английском языке)

REFERENCES

1. Makarov A.B., Ananin A.I. Criteria for stability of cleaning chambers. // Collection of scientific works of VNIItsvetmet/ Advanced technologies of mining and processing of ore and technogenic raw materials in the production of non-ferrous metals. – Ust-Kamenogorsk: VNIItsvetmet, 2015. – P. 12-19. (in Russian)
2. Trushko V.L., Protosenya A.G., Plashchinsky V.F. Assessment of the stability of outcrops and calculation of loads on the support of the Yakovlevsky mine workings. // Records of the mining Institute «Modern problems of the mining industry». – St. Petersburg, 2016. – Volume 168, – P. 115-122, (in Russian)
3. Trefry J.H., Smith J.P. Forms of Mercury in Drilling Fluid Barite and their Fate in Marine Environment. // A Review and Synthesis. Paper SPE 80571. Richardson, TX: SPE, 2013. – P. 12-13. (in English)
4. Stewart S.V., Forsyth W.W. The Mathews' method for open stope design. // CIM Bul. – 2010. – №999. – P. 45-53. (in English)
5. Langefeld O. Surface world of mining underground. // World of mining surface and underground. – 2018. – №70(6). – P. 363-364. (in English)

Авторлар туралы мәлімет:

Амралинова Б.Б., доктор PhD, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің деканы, доцент (Өскемен қ., Қазақстан), bakytzhan_80@mail.ru

Ақылбаева А.Т., Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің аға оқытушысы, техника ғылымдарының магистрі (Өскемен қ., Қазақстан), akilbaeva@mail.ru

Разданова А.А., Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің аға оқытушысы, техника ғылымдарының магистрі (Өскемен қ., Қазақстан), altynai.2492@mail.ru

Берікболұлы А., Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің оқытушысы, техника және технология ғылымдарының магистрі (Өскемен қ., Қазақстан), berikboluly.arman@mail.ru

Сведения об авторах:

Амралинова Б.Б., доктор PhD, доцент, декан Школы наук о Земле и окружающей среде Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серікбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), bakytzhan_80@mail.ru

Ақылбаева А.Т., магистр техн. наук, старший преподаватель Школы наук о Земле и окружающей среде Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серікбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), akilbaeva@mail.ru

Разданова А.А., магистр техн. наук, старший преподаватель Школы наук о Земле и окружающей среде Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серікбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), altynai.2492@mail.ru

Берікболұлы А., магистр технических и технологических наук, преподаватель Школы наук о Земле и окружающей среде Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серікбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), berikboluly.arman@mail.ru

Information about authors:

Amralinova B.B., PhD, Docent Dean at the Faculty of Earth Sciences and the Environment of the D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Oskemen, Kazakhstan), bakytzhan_80@mail.ru

Akylbayeva A.T., Senior Lecturer at the Faculty of Earth Sciences and the Environment of the D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Oskemen, Kazakhstan), akilbaeva@mail.ru

Ragdanova A.A., Senior Lecturer at the Faculty of Earth Sciences and the environment of the D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Oskemen, Kazakhstan), altynai.2492@mail.ru

Berikboluly A., Lecturer at the Faculty of Earth Sciences and the environment of the D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Oskemen, Kazakhstan), berikboluly.arman@mail.ru

Код МРНТИ 52.13.21

Р.О. Нурлыбаев

Институт горного дела имени Д.А. Кунаева – филиал Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан)

СОСТОЯНИЕ, РАЗВИТИЕ И ПРОБЛЕМЫ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье приведены некоторые основные результаты исследований, освещающих аспекты и проблемные вопросы буровзрывного комплекса на горнодобывающих предприятиях страны. На основе обзора, анализа и обобщения достигнутых в нынешних условиях горнодобывающими предприятиями результатов в области буровзрывных работ, установлены состояние и тенденции развития буровзрывного комплекса в целях совершенствования технологии взрывной отбойки. Дана оценка полученным результатам, выявившая как положительные, так и проблемные стороны в вопросах развития и совершенствования буровзрывного комплекса. Критический анализ и оценка обнаруженных слабых его сторон позволили наметить пути решения проблем и указать перспективные направления по совершенствованию технико-технологического уровня буровзрывных работ для расширения области их эффективного применения, исходя из многообразия горно-геологических условий и динамично меняющихся по мере ведения взрывных работ прочностных характеристик отбиваемых горных пород.

Ключевые слова: горнорудная промышленность, горнодобывающие предприятия, буровзрывной комплекс, техника, технология, буровзрывные работы, взрывное разрушение (отбойка), взрывчатые вещества, управление энергией взрыва, горные породы, проведение выработок.

Кен өндіру кәсіпорындарындағы бұрғылайжару жұмыстарының күйі, дамуы және мәселелері, олардың шешу жолдары

Аңдатпа. Мақалада еліміздегі кен өндіру кәсіпорындарындағы бұрғылайжару жиынтығының аспектерімен мәселелерінің зерттелген бірталай негізді нәтижелері келтірілген. Қазыргы кездегі кен өндіру кәсіпорындарының бұрғылайжару жұмыстар бойынша қол жеткізген нәтижелерін шолып, талдап, жинақтай отыра, бұрғылайжару жиынтығының күйімен даму тенденциясы, жарылыс жұмыстарының технологияларын жетілдіру мақсатында анықталған. Бұл нәтижелерге баға беруде, олардың жағымды да жағымсыз жақтары бұрғылайжару жиынтығының даму және жетілдіру мәселелерін айқындайды. Жарылыс жұмыстарын жүргізу барысында, алуантүрлі таукен-геологиялық жағдайларын ескере келе және таужыныстарының жиіде жылдам өзгеріп отыруына қарай бұрғылайжару жұмыстарын, әсерлі кен қолдану үшін ашылған кемістіктер жақтарын сыни түрде талдап бағалау арқылы, мәселелердің шешу жолдарымен болашақта бұрғылайжару жұмыстарының технико-технологиялық деңгейін жетілдіру бағыттары белгіленген.

Түйінді сөздер: таукен өнеркәсібі, кен өндіру кәсіпорындары, бұрғылайжару жиынтығы, техника, технология, бұрғылайжару жұмыстары, жарылыстық қырау (уатпа), жарылғыштық заттар, жарылыс энергиясын басқару, таужыныстар, қазбалар жүргізу.

State, development and problems of drilling and blasting operations at mining enterprises and ways to solve them

Abstract. The article presents some of the main results of research covering aspects and problematic issues of the drilling and blasting complex at the country's mining enterprises. Based on the review, analysis and synthesis achieved in the current circumstances the mining companies results in the field of drilling and blasting operations, the status and development trend of drilling and blasting complex in order to improve the technology of blasting. The assessment of the results obtained has revealed both positive and problematic aspects in the development and improvement of the drilling and blasting complex. Critical analysis and assessment of the detected weaknesses allowed us to identify ways to solve problems and indicate promising directions for improving the technical and technological level of drilling and blasting operations to expand the scope of their effective application, based on the variety of mining and geological conditions and dynamically changing characteristics of the rock being broken off in the course of blasting.

Key words: mining industry, mining enterprises, drilling and blasting complex, equipment, technology, drilling and blasting operations, explosive destruction (rebound), explosives, explosion energy management, rocks, workings.

Введение

Современное состояние буровзрывного комплекса (БВК) характеризуется развитием как технических средств и технологий, так и способов ведения буровзрывных работ (БВР) и методов расчетов их параметров. БВР при добыче твердых полезных ископаемых применяются повсеместно и в больших объемах, являясь важной составляющей в общем комплексе работ.

Буровзрывной способ отбойки горных пород к настоящему времени и на далекую перспективу будет оставаться самым эффективным, высокопроизводительным и надежным методом ведения работ в проходческих и/или очистных забоях по разрушению, дроблению и отделению от горного массива заданной его части с определенными параметрами для последующих технологических операций (уборка, погрузка, транспортировка). По утверждению ученых и специалистов, еще длительное время буровзрывному способу отбойки не будет достойной альтернативы, т. к. взрыв по своей

природе и химико-физической сути является самым мощным средством, способным разрушить и раздробить практически любую твердую физическую среду самой высокой крепости^{1, 2}. Вместе с тем, обзор научно-технической информации показывает, что в развитых европейских странах, а также в Китае при строительстве тоннельных сооружений во многих случаях предпочтение отдают щитовой технологии [1], т. е. применению тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК), т. к. этот метод в определенных ситуациях более экологичен, экономичен и эффективен в зависимости от конкретных условий, физико-технических характеристик и параметров пород, слагающих горный массив [1-3]. Объяснить это можно тем, что буровзрывной способ, оставаясь приоритетным вариантом, в некоторых случаях при проходке туннелей невыгоден, неэкономичен и небезопасен, в силу специфических недостатков [1, 5]. Несмотря на это, буровзрывная технология отбойки, благодаря своим

¹Битимбаев М.Ж., Шапошник Ю.Н., Крупник Л. А. и др. Взрывное дело: учебник. Ассоциация вузов РК. – Алматы: Print-S, 2012. – 822 с.

²Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ: учебник для студентов. – М.: Горная книга, 2018. – Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом. – 473 с.

неоспоримым преимуществом, в горнодобывающей отрасли считается самым прогрессивным и передовым методом ведения как подземных, так и открытых горных работ в проходческих и очистных забоях^{1,2} [1, 2]. Взрывной отбойке придается важное теоретическое и практическое значение, а также предъявляются определенные требования в целях повышения эффективности процесса отбойки на основе рационального управления действием энергии взрыва при обеспечении необходимой безопасности работ, что, безусловно, является одной из актуальных проблем, требующих решения во многих горно-производственных ситуациях, в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

В настоящее время постоянно совершенствуются взрывчатые материалы (ВМ) и средства взрывания, техника и технология ведения БВР, научно-теоретическая база в целях достижения наиболее высоких технико-экономических показателей (ТЭП) горного предприятия как по добыче руды, так и по проведению выработок [6-10]. Эффективность добычи рудной массы на горнодобывающих предприятиях во многом определяется достигнутым уровнем горнопроходческих работ, так как в стоимости добытой руды затраты на проведение выработок составляют 30-40%, а одна треть из этих затрат приходится на взрывные работы.

Цель и задачи исследования – оценка уровня развития буровзрывного комплекса на горнодобывающих предприятиях страны в современных условиях для повышения эффективности и безопасности добычи твердых полезных ископаемых в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Достижение поставленной цели требует решения ряда задач, связанных с теоретическими и практическими аспектами буровзрывных работ, в том числе изучением научно-технических разработок и достижений в области буровзрывной технологии разрушения и отбойки горных массивов как в проходческих, так и очистных забоях.

Методы исследования – обзор литературных источников, изучение научно-технической информации, освещающей вопросы буровзрывного комплекса и буровзрывных работ, анализ и обобщение результатов исследований с критической их оценкой для обоснования необходимости дальнейшего развития и совершенствования исследуемого вопроса (объекта исследования).

Результаты исследования и их обсуждение

Развитие материально-технической базы БВК, сопровождающееся постоянным совершенствованием технических средств и технологий БВР продиктовано, прежде всего, всевозрастающей потребностью в природных ресурсах для нужд различных отраслей промышленности. Это обуславливает наращивание мощности горного производства, увеличение темпов и объемов добычи полезных ископаемых, что, в свою очередь, непосредственно связано с увеличением объемов горнопроходческих работ. Например, на рудниках ПО «Жезказганцветмет» за год проходят около 60 км горизонтальных выработок, не считая наклонных и вертикальных, а всего в корпорации «Казахмыс» – более 100 км. Следовательно, БВК играет важную и ключевую

роль в горнорудной отрасли, от чего напрямую зависят ТЭП и рентабельность работы предприятия.

В настоящее время буровзрывной комплекс находится на довольно высоком материально-техническом уровне, оснащен современными высокопроизводительными буровыми и зарядными установками, разными по физико-химическим, взрывчатым показателям и назначению взрывчатыми веществами (ВВ), эффективными средствами инициирования и взрывания зарядов ВВ, а также вспомогательным оборудованием.

Неоценимый вклад в развитие горной отрасли, в том числе и взрывного дела внесли и продолжают вносить ученые и специалисты из различных научно-исследовательских, проектно- и опытно-конструкторских организаций, научно-производственных структур, занимающихся буровзрывной деятельностью и оказывающих услуги горнодобывающим, строительным и гидростроительным предприятиям. Среди таких производственных структур следует отметить весомый вклад ТОО НПП «Интеррин», которое на протяжении ряда лет совершенствует и разрабатывает новые высокоэффективные ВМ и ВВ, а также технику и технологию взрывных работ, развивая и совершенствуя взрывное дело, тем самым, выводя его на качественно новый уровень [6].

В условиях возрастающих объемов добычи даже относительно небольшое улучшение показателей взрывного разрушения пород, сокращение материальных и трудовых затрат на каждый метр проводимой горной выработки позволит получить весьма существенную экономию. Значительный прогресс в технике и технологии БВР, достигнутый в настоящее время, способствовал увеличению скорости проведения горных выработок и снижению трудоемкости отбойки горной массы на очистных и подготовительных работах, тем не менее, решение задачи повышения темпов проведения горных выработок, а также повышения производительности труда рабочих требует дальнейших мер по усовершенствованию техники и технологии БВР [7-10].

Основным направлением технического прогресса на подземных горных работах, в том числе и при проходке горных выработок различного назначения, было и остается внедрение высокопроизводительного современного основного и вспомогательного самоходного оборудования, позволяющего осуществить комплексную механизацию всех операций проходческого цикла и обеспечивающего повышение производительности труда проходчиков по сравнению с предшествующим поколением переносного оборудования. Но, вместе с тем, приобретение предприятиями новых образцов высокопроизводительной техники для горнопроходческих работ увеличивает долю амортизационных отчислений из-за высокой их стоимости. В структуре затрат на добычу руды горно-капитальные и горно-подготовительные работы занимают 40-45% по трудоемкости и 15-35% по стоимости. Поэтому повышение эффективности горнопроходческих работ непосредственно приведет к снижению себестоимости добычи полезного ископаемого.

Другим не менее важным направлением совершенствования взрывных работ при проведении горных

выработок является процесс управления энергией взрыва в целях повышения эффективности силы действия взрыва за счет максимального использования его энергии соразмерно расходу взрывчатых материалов и объему отбиваемых пород, исходя из их прочностных характеристик. В этой связи большинство широко применяемых ВВ изготавливают на местах их использования, что считается технически целесообразным и экономически выгодным, поскольку исключаются затраты на хранение и транспортировку от завода-изготовителя до места их потребления [6, 7]. Кроме того, обеспечивается физическая стабильность ВВ, которая обычно нарушается в результате хранения, транспортировки и даже во время заряжания, что снижает степень полезного использования энергии взрыва. Из-за снижения коэффициента полезного действия взрыва уменьшается и коэффициент использования шпура (КИШ) при прочих равных условиях, что снижает темп проведения выработки, а, учитывая общий объем ежегодно проводимых выработок различного назначения, приводит к потере многих тысяч метров шпуров, скважин и наносит большой экономический ущерб горнорудной отрасли страны. При этом доля крепких и очень крепких горных пород с коэффициентом крепости 10-20 по шкале проф. М.М. Протоdjяконова, в которых будут пройдены выработки в ближайшее время, превысит 60% от общего объема проходки.

Главной задачей повышения эффективности взрывных работ в проходческих и очистных забоях является достижение максимального значения КИШ и наибольшего подвигания груди забоя выработки при минимальных материальных и трудовых затратах. Это реализуемо за счет решения комплекса вопросов, связанных с управлением энергией взрыва, сохранением физической стабильности ВВ на всех стадиях, включая процесс заряжания и врубообразования [6]. Поэтому к управлению энергией взрыва необходимо подойти комплексно, решая задачи, связанные с обеспечением необходимых эксплуатационных свойств и характеристик ВВ, а также соответствующей врубовой полости и рациональных ее параметров, позволяющих достигать наибольшего КИШ, что приобретает большую практическую значимость и актуальность, особенно с тенденцией увеличения глубины шпуров.

Одним из главных условий повышения эффективности производства БВР, темпа проведения выработок является максимальное использование потенциальной технико-эксплуатационной возможности бурового оборудования с доведением глубины бурения шпуров до технологически возможного в зависимости от физико-технических характеристик горного массива, площади поперечного сечения забоя выработки, применяемого типа ВВ, а также метода и схемы ведения работ. В связи с этим совершенствование технологии и повышение эффективности взрывной отбойки, базирующиеся на развитии научно-технических основ управления энергией взрыва при проведении горных выработок, особенно в крепких породах на больших глубинах является весьма актуальной задачей, имеющей как теоретическое, так и практическое значение.

На современном этапе развития масштабы и объемы горнопроходческих и очистных работ из года в год неуклонно увеличиваются, в связи с этим параллельно совершенствуются и сами БВР. Все это предъявляет высокие требования к научно-техническим разработкам, обеспечивающим горное производство и в части буровзрывных технологий. Неуклонное развитие комплекса БВР обусловлено уровнем науки и техники, а также вводом в эксплуатацию все новых месторождений как с обычными, так и со сложными горно-геологическими, гидрогеологическими, геомеханическими условиями, требующими комплексного научно-технического подхода. Расширение объемов добычи полезных ископаемых и сокращение затрат на их вскрытие и подготовку несовместимо с устаревшими концепциями, заложенными в проектных решениях, которые противоречат современным технико-экономическим требованиям.

В связи с продолжающимся истощением из года в год основных балансовых запасов месторождений полезных ископаемых, наращиванием темпов повторной отработки более бедных балансовых и забалансовых руд, оставленных в различных целиках, в обрушенных и других труднодоступных зонах полевая подготовка приобретает особое значение. Например, только в корпорации «Казахмыс» осуществляется и значительный объем горнопроходческих работ, направленных на обеспечение добычи оставленных ранее балансовых и забалансовых запасов в различных горно-геологических условиях. Нынешнее состояние и перспективы технического перевооружения горнопроходческих работ обуславливают дальнейшее развитие теории и практики ведения взрывных работ. Техническое перевооружение предприятий с целью повышения производительности на очистных (добычных) работах требует пересмотра основных концепций проведения и крепления горных выработок в части БВР и поддержания контура этих выработок.

В современных условиях горного производства, главной задачей взрывной отбойки является использование энергии взрыва соразмерно прочностным характеристикам разрушаемых горных пород. Однако на практике зачастую бывает так, что при значительных энергозатратах достигаются лишь невысокие показатели взрывного разрушения (отбойки). При этом основными причинами потери недешевой энергии взрыва следует считать слабое использование знаний о теоретических положениях взрывного дела, например, о характере и механизме взрывного разрушения крепких скальных горных пород зарядами ВВ.

На современной стадии изученности явлений детонации и закономерности разрушения горных пород взрывом, может быть намечен целый ряд методов управления энергией взрыва, одним из которых является повышение работоспособности и эффективности врубов за счет совершенствования их конструкций, максимально обеспечивающих использование всей силы энергии с повышением полезного ее действия на разрушаемую среду. Среди множества факторов, влияющих на показатели шпуровой отбойки, ключевым является качество вруба, обеспечивающее полное разрушение породы

на всю глубину пробуренных шпуров и выброс раздробленной породной массы из места взрыва при прочих равных условиях. Как показывает практика ведения горных работ, все сказанное реализуется при использовании прямого призматического вруба, который по сравнению с другими типами наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к взрывному способу отбойки, благодаря своей работоспособности и возможности видоизменяться для адаптации к различным условиям. Несмотря на это, исследования, посвященные конструкциям прямых врубов и характеру их работы в породах различной крепости показывают, что полный механизм работы взрывной энергии в шпурах прямых призматических врубов изучен еще недостаточно. В практике ведения взрывных работ имеется ряд примеров, когда в одних и тех же условиях выброс раздробленного материала из полости вруба не осуществлялся. В настоящее время исследованиями по определению параметров такого вруба и области его рационального применения занимаются многие ученые и специалисты.

Среди наиболее распространенных факторов, сдерживающих повышение эффективности БВР является недостаточный учет динамики изменчивости свойств и состояния массива, вследствие чего происходит несоответствие параметров БВР этим условиям. Практика показывает, что в пределах одного месторождения достаточно трудно найти даже в одинаковых по составу породах два участка с точно совпадающими свойствами. Поэтому предварительное изучение в каждом конкретном случае характеристик и свойств пород при воздействии на них взрывных нагрузок имеет первостепенное значение для расчета параметров заложения зарядов ВВ и проектирования паспортов БВР. Наиболее важным моментом при разработке паспортов БВР считается выбор соответствующего горно-геологическим условиям типа и конструкции вруба, который является одним из основных составляющих элементов этих паспортов. От выбранного типа вруба во многом зависят назначаемые параметры и получаемые в последующем показатели шпуровой отбойки.

Из анализа паспортов проходческих и очистных забоев, техники и технологических параметров БВР на подземных отечественных и зарубежных рудниках [6-11] видно, что условия ведения взрывной отбойки для получения наилучших стабильных результатов не всегда выполняются, вследствие чего неэффективно используется буровое оборудование и другая техника, снижается безопасность работ, поскольку в гонке за уменьшением объема бурения, нагрузки на шпуровые заряды ВВ существенно возрастают, в результате чего снижается полезное действие взрыва. Здесь главным техническим фактором, снижающим эффективность БВР, является нерациональное использование бурового оборудования. Одним из основных требований, предъявляемых к буровзрывным технологиям на проходческих работах, является обеспечение заданного подвигания забоя выработки, исходя из технических потенциальных возможностей буровой техники и имеющегося ассортимента ВВ. В настоящее время на горных работах

применяют мощные высокопроизводительные дорогостоящие буровые установки, которыми можно бурить шпуры диаметром от 40 мм до 70 мм и длиной 8-10 м, но на практике длина шпуров не превышает 4,0 м из-за искривления, особенно при бурении горизонтальных шпуров (скважин), следовательно технико-эксплуатационные возможности бурового оборудования в полной мере не реализуются. При этом подвигание забоя максимально составляет 3,2-3,5 м, т. е. КИШ не превышает 0,80-0,85. Увеличение длины шпуров и применение более мощных ВВ не дало ощутимых результатов из-за несовершенства применяемых конструкций врубов и зарядов ВВ, необоснованности диаметра, схемы и сетки расположения комплектов шпуров (врубных, вспомогательных, отбойных и оконтуривающих), нарушения схем и последовательности взрывания секций зарядов, а также других параметров проходческого цикла, в результате несоответствия их реальным горно-геологическим условиям и характеристикам массива.

Наряду с приведенными причинами, влияющими на показатели БВР, существует и человеческий фактор, влияния которого можно избежать при технологии, обеспечивающей управление оборудованием дистанционно. Анализируя и обобщая изложенное, можно сделать ряд выводов, необходимых для совершенствования параметров и технологий БВР.

Выводы

Одно из главных условий повышения эффективности БВР – это, прежде всего, знание свойств и состояния горного массива и особенно границ его участков с различными прочностными характеристиками, уже претерпевшими некоторые изменения тем или иным воздействием сейсмике взрыва. Поэтому установление характеристик и состояния массива необходимо по мере удаления от поверхности отрыва в глубь забойного массива в результате ведения взрывных работ и, в зависимости от этого, надлежащая подготовка забоя к следующему циклу взрыва, что должно включать требуемую корректировку и уточнение всех технологических параметров в паспортах БВР в каждом конкретном случае, исключая тем самым применение стандартных шаблонных паспортов.

Как установлено, схема взаимного расположения шпуров предопределяет направление взаимодействия шпуровых зарядов при их взрывании, а схема и очередность взрывания – характер этого взаимодействия. Следовательно, выбирая конкретную схему взаимного расположения шпуров и расстояний между ними, необходимо исходить из возможности обеспечения наилучшего и наибольшего их взаимодействия, от первого и до конечного шпура. Шпуры должны взрываться по такому принципу: после взрыва очередного шпурового заряда следующим взрывается только ближайший соседний заряд (шпур). Такая очередность взрывания в сочетании с рациональной схемой взаиморасположения шпуров обеспечит наилучший режим взрывного нагружения массива, эффективное его разрушение и максимально полный отрыв.

Нынешнее состояние и уровень развития БВР показывает, что одной из действенных и прогрессивных

мер повышения качества и эффективности взрывного разрушения является переход от практики частичного улучшения отдельных или нескольких составляющих к оптимизации всего технологического комплекса БВР в целом на основе развития научно-технических положений управления энергией взрыва. При этом одним из главных условий повышения эффективности производства БВР, скорости и темпа проведения выработок является максимальное использование потенциальной технико-эксплуатационной возможности бурового оборудования с доведением глубины бурения шпуров до технологически возможного уровня в зависимости от физико-механических свойств и других характеристик горного массива, площади поперечного сечения (забоя) выработки и применяемого типа ВВ, а также методов и схем ведения работ в целом.

Все возрастающие требования к БВР в нынешних условиях, когда происходит интенсивное оснащение горно-проходческого комплекса современным оборудованием и техническими средствами, возможности прямого призматического вруба, несмотря на его неоспоримые преимущества перед другими, для достижения желаемых результатов взрывной отбойки становятся недостаточными и исчерпываются самой физической природой вруба, т. е. происходит некоторое несоответствие параметров вруба потенциальным техническим возможностям горно-проходческого оборудования, которое требует значительного фронта работ, что не может обеспечить прямой вруб с его

ограниченным компенсационным пространством для последующей отбойки породного или рудного призматического массива. Так, в результате недостаточности объема обнажения и свободных поверхностей, образуемых при прямом врубе, не обеспечивается эффективное использование дорогостоящей техники для обурирования забоя, следовательно, снижается производительность труда и скорость проходки выработки, что, в конечном счете, приводит к повышению себестоимости добычи руды.

Следовательно, возникает необходимость совершенствования конструкций и параметров применяемых врубов, в том числе и прямого в целях достижения максимальной их работоспособности, удовлетворяющей условиям эффективного использования высокопроизводительной горной техники как в проходческих, так и очистных забоях.

И, наконец, для снижения влияния роли человеческого фактора на результаты работы, необходимо изучить его причинно-следственную связь, которую методом убеждения разъяснить горному персоналу, насколько отрицательно отражается этот негативный фактор на выполнении планового задания, от которого материально зависит сам рабочий забойной группы и, тем самым, заинтересовать его в недопущении отклонений параметров БВР от паспортных значений и, наряду с этим, разработать меры и способы устранения, позволяющие минимизировать влияние данного фактора на показатели БВР в проходческих и очистных забоях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чеканов В.В., Полянкин А.Г., Горх Л.И. Тенденции, проблемы и перспективы развития подземного строительства. // *Метро и тоннели*. – 2018. – №4. – С. 2-8. (на русском языке)
2. Yin Wengang, Wang Hailiang, Hu Hongxing, Zhang Fugiang et al. Исследование технологии взрывных работ в тоннелях и зоны повреждений от взрывов. // *Строительство тоннелей*. – 2018. – Т. 38. – №5. – С. 851-856. (на английском языке)
3. Yang Jihua, Zhu Shaobin, Yan Chan-gbin, Miao Dong et al. Изучение факторов геологического влияния на эффективность тоннелирования ТБМ. // *Строительство тоннелей*. – 2018. – Т. 38. – №5. – С. 782-789. (на английском языке)
4. Dwivedi P.D., Goel R.K., Singh M., Viladkar M.N. et al. Прогнозирование поведения грунта при тоннелировании горных пород. // *Горная механика и горная инженерия*. – 2019. – Т. 52. – №4. – С. 1165-1177. (на английском языке)
5. Нурлыбаев Р.О. Состояние и развитие буровзрывного комплекса в современных условиях горной промышленности. // *Сб. науч. трудов. ИГД им. Д.А. Кунаева. «Научно-техническое обеспечение горного производства»*. – Алматы, 2011. – Т.81. – С. 70-76. (на русском языке)
6. Тамбиев Г.И., Ольшанский Е.Н. Развитие производства промышленных ВВ и их применение в НПП «Интеррин». // *Взрывное дело*. – 2007. – №98/55. – С. 192-203. (на русском языке)
7. Ляшенко В.И., Галик В.И., Комоценко В.И., Небогин В.З. Повышение эффективности производства взрывных работ с помощью эмульсионных ВВ на шахтах. // *Взрывное дело*. – 2018. – №76. – С. 143-163. (на русском языке)
8. Старшинов А.В., Жамьян Ж., Гильманов Р.А., Мозговой В.Г. и др. Современные средства взрывания и возможности оценки их эффективности в полигонных условиях. // *Горная промышленность*. – 2019. – №1. – С. 66-73. (на русском языке)

9. Silva Jhon, Li Lifeng, Gernand Jeremy M. Анализ надежности проведения взрывных работ в зависимости от типа и времени замедления. // Международный журнал горных наук и технологий. – 2018. – Т. 28. – №2. – С. 195-204. (на английском языке)
10. Гожин Д.А., Евдокимов А.Г., Кочанов А.Н. Анализ параметров БВР при сооружении подземных горных выработок. // 3 конф. Международной научной школы академика К.Н. Трубецкого «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр». – М.: ИПКОН РАН, 2018 (25-29 июня). – С. 181-184. (на русском языке)
11. Нурлыбаев Р.О. Анализ паспортов буровзрывных работ проходческих и очистных забоев в условиях Жезказганского месторождения и повышение эффективности шпуровой отбойки. // Сб. науч. трудов ИГД им. Д.А. Кунаева «Научно-техническое обеспечение горного производства». – Алматы, 2011. – Т.81. – С.61-69. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Чеканов В.В., Полянкин А.Г., Горх Л.И. Жерасты құрлыстарының тенденциялары, мәселелері және болашақ дамуы. // Метро және тоннелдер. – 2018. – №4. – Б. 2-8. (орыс тілінде)
2. Yin Wengang, Wang Hailiang, Hu Hongxing, Zhang Fugiang et al. Тоннельмен басқарылатын жару технологиясын және қоршаған жыныстардың жарылыс әсерінен зақымдану аймағын зерттеу. // Туннель құрылысы. – 2018. – Т. 38. – №5. – Б. 851-856. (ағылшын тілінде)
3. Yang Jihua, Zhu Shaobin, Yan Chan-gbin, Miao Dong et al. Экстреника әдісіне негізделген ТБМ тоннелінің тиімділігіне геологиялық әсер етуші факторларды зерттеу. // Туннель құрылысы. – 2018. – Т. 38. – №5. – Б. 782-789. (ағылшын тілінде)
4. Dwivedi P.D., Goel R. K., Singh M., Viladkar M. N. et al. Тау жыныстарын тоннельдеуге арналған жердің әрекетін болжау. // Тау-кен механикасы және тау-кен техникасы. – 2019. – Т. 52. – №4. – Б. 1165-1177. (ағылшын тілінде)
5. Нұрлыбаев Р.О. Қазіргі уақыттағы таукен өнеркәсіп жағдайларында бұрғылайжару жиынтығының күйімен дамуы. // Д.А. Қонаев атындағы таукен істері институтының ғылыми еңбектерінің жинағы «Таукен өндірісін ғылыми-техникалық қамтамасыздандыру». – Алматы, 2011. – Т. 81. – Б. 70-76. (орыс тілінде)
6. Тамбиев Г.И., Ольшанский Е.Н. Жарылғыш заттарын өндіру өнеркәсібінің дамуы және оларды «Интеррин FOM де қолдану. // Ғылыми-техникалық жинағы «Жарылыс ісі». – 2007. – №98/55. – Б. 192-203. (орыс тілінде)
7. Ляшенко В.И., Гали В.И., Комощенко В.И., Небогин В.З. Шахталардағы жарылыс жұмыстар өндірісінің әсерін эмульсиялық жарылғыш заттарының көмегімен жоғарлату. // Ғылыми-техникалық жинағы «Жарылыс ісі». – 2018. – №76. – Б. 143-163. (орыс тілінде)
8. Старшинов А.В., Жамьян Ж., Гильманов Р.А., Мозговой В.Г. Заманауи жарылыс құралдары және олардың полигон жағдайларында әсерлілігін бағалау мүмкіншіліктері. // Тау-кен өнеркәсібі. – 2019. – №1. – Б. 66-73. (орыс тілінде)
9. Silva Jhon, Li Lifeng, Gernand Jeremy M. Шахтағы жарылыс жұмыстарының сенімділігі, кешіктіру түрі мен атыс уақытына байланысты талдау. // Тау-кен ғылымдары мен технологияларының халықаралық журналы. – 2018. – Т. 28. – №2. – Б. 195-204. (ағылшын тілінде)
10. Гожин Д.А., Евдокимов А.Г., Кочанов А.Н. Жерасты кен қазбаларын жасақтауда бұрғылайжару жұмыстарының параметрлерін талдау. // Академик К.Н. Трубецкойдың халықаралық ғылыми мектебіне арналаған 3 конф. «Жер қойнауының мәселелері және оның келешектегі кешенді түрде игерілуі мен қорғалуы». – Мәскеу: ЖКИМИ РФА, 2018 (25-29 маусым). – Б. 181-184. (орыс тілінде)
11. Нұрлыбаев Р.О. Жезқазған кен орыны жағдайында үңгіме және тазарту беткейінің бұрғылайжару жұмыстарының паспорттарын талдау және шпурлық уатпасын әсерлі арттыру. // Д.А. Қонаев атындағы тау кен істері институтының ғылыми еңбектерінің жинағы «Таукен өндірісін ғылыми-техникалық қамтамасыздандыру». – Алматы, 2011. – Т. 81. – Б. 61-69. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Chekanov V.V., Polynkin A.G., Gorch L.I. Trends, problems and prospects of underground construction development. // *Metro and Tonels*. – 2018. – №4. – P. 2-8. (in Russian)
2. Yin Wengang, Wang Hailiang, Hu Hongxing, Zhang Fugiang et al. Study of tunnel controlled blasting technology and blast-induced damage zone of surrounding rocks. // *Tunnel Construction*. – 2018. – Vol. 38. – №5. – P. 851-856. (in English)
3. Yang Jihna, Zhu Shaobin, Yan Chan-gbin, Miao Dong et al. Study of geological influencing factors on TBM tunneling efficiency based on extenics theory. // *Tunnel Construction*. – 2018. – Vol. 38. – №5. – P. 782-789. (in English)
4. Dwivedi P.D., Goel R. K., Singh M., Viladkar M. N. et al. Prediction of Ground Behaviour for Rock Tunneling. // *Rock Mechanics and Rock Engineering*. – 2019. – Vol. 52. – №4. – Pp. 1165-1177. (in English)
5. Nurlybayev R.O. Aging and development of the drilling and blasting complex in modern conditions of the mining industry. // *Collection of scientific works IOM named after D.A. Kunayev. «Scientific and technical support of mining production»*. – Almaty, 2011. – Vol. 81. – P. 70-76. (in Russian)
6. Tambiev G.I., Olshansky E. N. Development of production of industrial explosives and their application in NPP «Interrin». // *Explosive case*. – 2007. – №98/55. – P. 192-203. (in Russian)
7. Lyashenko V.I., Galik V.I., Komeshchenko V.I., Nebogin V.Z. Improving the efficiency of blasting operations using emulsified explosives in mines. // *Explosive case*. – 2018. – №76. – P. 143-163. (in Russian)
8. Starshinov A.V., Zhamyan Zh., Gilmanov R.A., Mozgovoy V.G. and others. Modern explosive devices and the possibility of evaluating their effectiveness in landfill conditions. // *Mining industry*, 2019, №1, Pp. 66-73. (in Russian)
9. Silva Jhon, Li Lifeng, Gernand Jeremy M. Reliability analysis for mine blast performance based on delay type and firing time. // *International Journal of Mining Science and Technology*. – 2018. – Vol. 28. – №2. – P.195-204. (in English)
10. Gozhin D.A., Evdokimov A.G., Kochanov A.N. Analysis of DBO parameters in the construction of underground mine workings. // *3 Conf. International scientific school of academician K.N. Trubetskoy «Problems and prospects of integrated development and conservation of the earth's interior»*. – M.: IPIDM RAS, 2018 (June 25-29). – P. 181-184. (in Russian)
11. Nurlybaev R.O. Analysis of the passport drilling and blasting operations of sinking and cleaning faces in the conditions of the Zhezkazgan field and increasing the efficiency of drilling ripping. // *Collection of scientific proceedings of Mining Institute of the Kunayev: «Scientific and technical support of mining production»*. – Almaty, 2011. – Vol. 81. – P. 61-69. (in Russian)

Сведения об авторе:

Нурлыбаев Р.О., канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории взрывных работ Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), Nurlybayev.Rymbek@mail.ru

Автор туралы мәлімет:

Нұрлыбаев Р.О., техника ғылымдарының кандидаты, Д.А. Қонаев атындағы таукен істері институтының жарлыс жұмыстары лабораториясының жетекші ғылыми қызметкері, аталған институт – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» (Алматы қ., Қазақстан), Nurlybayev.Rymbek@mail.ru

Information about the author:

Nurlybayev R.O., Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Blasting Laboratory, Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» of the Mining Institute named after Kunayev D.A. (Almaty, Kazakhstan), Nurlybayev.Rymbek@mail.ru

Код МРНТИ 52.45.29

А.В. Трушин, И.А. Лагойда, К.С. Ширяева

Общество с ограниченной ответственностью «Техноаналитприбор» (г. Москва, Россия)

ПОТОЧНЫЙ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА НА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЕ

Аннотация. Поточный рентгеноспектральный анализатор АРП-2Ц позволяет определять массовые доли химических элементов от серы до урана в технологических продуктах переработки руд как в твердом, так и в пульпообразном состояниях в потоке в режиме реального времени. В конфигурации анализатора источником излучения является рентгеновская трубка. В работе представлен процесс калибровки поточного рентгенофлуоресцентного анализатора для анализа железорудного концентрата на конвейерной ленте. Описаны основные этапы построения градуировочной кривой во время реальной работы прибора на предприятии. Основная цель – продемонстрировать на реальном примере основные критерии, необходимые для успешного внедрения анализатора в технологический процесс.

Ключевые слова: рентгенофлуоресцентный анализ, характеристическое рентгеновское излучение, обогащение руды, автоматизация процессов обогащения, химический анализ, анализ руды.

Конвейерлік таспада темір кен концентратын толассыз рентген флуоресценттік талдау

Аңдатпа. АРП-2Ц толассыз рентген спектрлік талдауышы кендерді өңдеудің технологиялық өнімдерінде қатты күйінде де, пульпа тәрізді күйлерінде де аққан кезде нақты уақыт режиммен күкірттен бастап уранға дейін химиялық элементтердің салмақтық үлестерін анықтауға мүмкіндік береді. АРП-2Ц талдауышының конфигурациясында рентген түтікшесі сәулеленудің қайнар көзі болып табылады. Темір кенді концентратты конвейерлік таспада талдау үшін АРП-2Ц рентген флуоресценттік талдауышын калибрлеу үдерісі жұмыста көрсетілген. Аспаптың кәсіпорында нақты жұмыс істеу уақытында сатыланған қысық сызықты құрудың негізгі кезеңдері сипатталған. Негізгі мақсат – талдауышты технологиялық үдеріске табысты түрінде енгізу үшін қажет болатын негізгі критерийлерді нақты үлгімен көрсету.

Түйінді сөздер: рентген флуоресценттік талдау, сипаттамалық рентген сәулеленуі, кен байыту, байыту үдерістерін автоматтандыру, химиялық талдау, кенді талдау.

Online X-ray fluorescence analysis of iron ore concentrate on a conveyor belt

Abstract. The ARP-2C X-ray fluorescence analyzer allows to determine the mass fractions of chemical elements from sulfur to uranium in technological products of ore processing, both in solid and pulp-like states in the stream in real time. In the configuration of the ARP-2C analyzer, the radiation source is an x-ray tube. The paper presents the process of calibration an online x-ray fluorescence analyzer ARP-2C for the analysis of iron ore concentrate on a conveyor belt. The main stages of constructing the calibration curve during the actual operation of the device in the enterprise are described. The main goal is to demonstrate on a real example the basic criteria necessary for the successful implementation of the analyzer in the process.

Key words: x-ray fluorescence analysis, characteristic x-ray radiation, ore beneficiation, automation of ore dressing processes, chemical analysis, mass fractions, chemical elements, solid and pulp-like states, radiation source, x-ray tube.

Введение

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА)¹ позволяет определять массовые доли исследуемого вещества путем регистрации спектров характеристического рентгеновского излучения (ХРИ)². Для возбуждения характеристического излучения используется рентгеновская трубка или радионуклидные источники. Регистрация спектров ХРИ осуществляется полупроводниковыми детекторами [1]. Поточный анализатор АРП-2Ц состоит из блока автоматики, датчика и управляющего ПК. В блоке автоматики содержатся системы питания и основные устройства для взаимодействия анализатора с другими цифровыми системами. В датчике расположены рентгеновская трубка и полупроводниковый детектор.

Анализатор АРП-2Ц оперирует интенсивностями ХРИ, полученными от элементов, находящихся в исследуемом веществе. В простейшем случае концентрация элемента в веществе определяется по формуле [2]:

$$C = K \times I, \quad (1)$$

где C – концентрация элемента;

K – коэффициент пропорциональности;

I – интенсивность ХРИ элемента.

Однако такая простая зависимость концентрации элемента от интенсивности его ХРИ используется в основном для демонстрации основ РФА и встречается крайне редко. Даже в лаборатории, где процедуре пробоподготовки

уделяется довольно большое внимание [3], представленная формула (1) требует значительных поправок. Дело в том, что в исследуемом веществе обычно возбуждаются практически все элементы и, следовательно, уже они становятся дополнительными источниками или поглотителями ХРИ других элементов. Особенно сильно эти эффекты проявляются, когда в веществе находятся элементы, расположенные близко друг к другу в таблице Д.И. Менделеева, либо, когда есть присутствие тяжелых

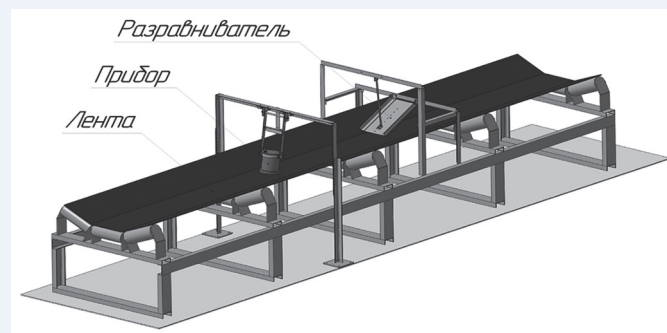


Рис. 1. Схема установки анализатора АРП-2Ц на конвейерной ленте.
Сурет 1. АРП-2Ц талдауышын конвейерлік таспада орнату сұлбасы.
Figure 1. The scheme of the ARP-1C device on the conveyor belt.

¹Beckhoff B., Kanngießner B., Langhoff N., Wedell R., Wolff H. Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis. Berlin. Springer, 2006. – 899 p.

²Павлинский Г.В. Основы физики рентгеновского излучения. – М.: Физматлит, 2007. – 240 с.

Таблица 1

Результаты измерений анализатора АРП-2Ц без поправок и данные химического анализа

Кесте 1

АРП-2Ц анализаторын түзетулерсіз өлшеу нәтижелері және химиялық талдау деректері

Table 1

Measurement results of the ARP-2C analyzer without corrections and chemical analysis data

Номер пробы	$C_{хим}, \%$	$I, \text{имп./с} \times \kappa_{э}$	$C_{АРП-2Ц}, \%$	$\Delta C/C, \%$
1	65,400	207,49	65,59	0,29
2	64,20	213,21	65,57	2,1
3	65,14	200,01	65,62	0,73
4	65,30	200,94	65,61	0,47
5	65,53	180,22	65,69	0,24
6	66,15	181,28	65,69	0,70
7	65,80	187,06	65,66	0,21
8	66,29	197,66	65,63	1
9	65,87	196,96	65,63	0,36
10	66,15	235,03	65,49	1
11	65,53	229,88	65,21	0,49
12	65,94	215,21	65,56	0,53

Таблица 2

Результаты измерений анализатора АРП-2Ц с поправками и данные химического анализа

Кесте 2

Түзетулері бар АРП-2Ц талдаушыын өлшеу нәтижелері және химиялық талдау деректері

Table 2

Measurement results of the ARP-2C analyzer with corrections and chemical analysis data

Номер пробы	$C_{хим}, \%$	$I, \text{имп./с} \times \kappa_{э}$	$C_{АРП-2Ц}, \%$	$\Delta C/C, \%$
1	65,40	2,61	65,03	0,56
2	64,20	2,52	64,62	0,65
3	65,14	2,62	65,03	0,17
4	65,30	2,65	65,42	0,18
5	65,53	2,80	65,83	0,46
6	66,15	2,81	65,87	0,42
7	65,80	2,75	65,60	0,31
8	66,29	2,84	66,01	0,22
9	65,87	2,90	66,26	0,59
10	66,15	2,82	65,92	1,8
11	65,53	2,82	65,92	0,59
12	65,94	2,78	65,75	0,29

элементов, таких как свинец и т. д. Более детально с тонкостями РФА можно познакомиться в монографиях^{3,4}.

Таким образом, в сложных многокомпонентных образцах, имеющих место в реальной рудной промышленности, формула (1) требует значительных поправок на структуру самого вещества, эффекты подвозбуждения либо поглощения, влажность и т. д. [4]. В общем виде концентрация интересующего элемента определяется по формуле:

$$C = K \times I + \sum_i a_i I_i + \sum_i e_i I_i + \sum_i b_i I_i, \quad (2)$$

где I_i – интенсивности элементов, на которые вводятся поправки;

a_i, e_i, b_i – коэффициенты корреляции, вводимые для поправок на поглощение, возбуждение и на другие эффекты соответственно.

Следовательно, формула (1) неприменима в реальном процессе калибровки, т. к. на самом деле регистрируется не реальная интенсивность ХРИ элемента, а интенсивность с «отпечатком» всей матрицы в веществе.

Анализ данных

Суть процесса калибровки анализатора АРП-2Ц заключается в определении основных эффектов, искажающих реальную интенсивность интересующих

³Van Grieken R., Markowicz A. Handbook of X-Ray Spectrometry Second Edition. – New York: Marcel Dekker, Inc. Practical Spectroscopy Series, 2001. – Vol. 29. – 1016 p.

⁴Смагунова А.Н., Козлов В.А. Примеры применения математической теории эксперимента в рентгенофлуоресцентном анализе. – Иркутск: Восточно-сибирская правда, 1990. – 231 с.

элементов, и в подборе коэффициентов корреляции для ввода поправок на эти эффекты⁵. Некоторые эффекты могут проявиться не сразу, т. к. зависят не только от физики процесса, но и от того, насколько полно удается охватить и отразить в калибровке анализатора всевозможные технологические изменения в процессе работы фабрики, что влияет на свойства анализируемого продукта⁶. Таким образом, процесс калибровки заключается в накоплении базы спектров ХРИ исследуемого материала и в дальнейшем ее анализе.

В базе спектров ХРИ должны быть охвачены следующие технологические особенности:

- получены спектры ХРИ для минимально и максимально возможных содержаний интересующего элемента в исследуемом веществе;

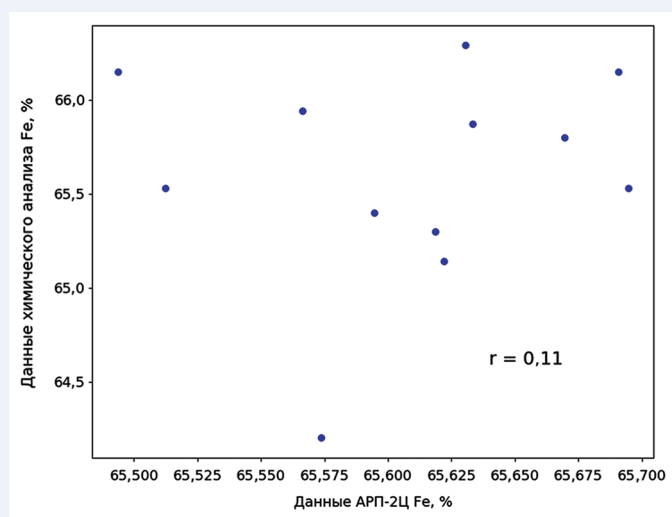


Рис. 2. Корреляционная зависимость измеренной анализатором АРП-2Ц концентрации Fe на ленте конвейера от результатов измерений Fe, полученных методом химического анализа, в соответствующих отобранных пробах. Калибровка прибора выполнена без введения поправок на интенсивность сопутствующих элементов (коэффициент корреляции $r = 0,11$).

Сурет 2. Конвейер таспасындағы АРП-2Ц анализаторымен өлшенген Fe концентрациясының тиісті іріктелген сынамаларда химиялық талдау әдісімен алынған Fe өлшеу нәтижелеріне корреляциялық тәуелділігі. Құрылғыны калибрлеу ілеспе элементтердің қарқындылығына түзетулер енгізбестен жүзеге асырылады (корреляция коэффициенті $r = 0,11$).

Figure 2. Correlation dependence of the Fe concentration measured by the ARP-2C analyzer on the conveyor belt on the results of Fe measurements obtained by chemical analysis in the corresponding selected samples. The instrument was calibrated without introducing corrections for the intensity of the accompanying elements (correlation coefficient $r = 0,11$).

- получены спектры ХРИ, в которых содержание элементов, влияющих на интенсивность исследуемого элемента, минимально и максимально;

- охвачен весь цикл работы предприятия или значительная его часть, где отображены такие эффекты, как изменение расстояния между датчиком и уровнем руды на конвейере, колебания влажности в помещении, где установлен анализатор и т. д.

Изложенное показывает, что процесс довольно трудоемкий, однако при содействии сотрудников фабрики позволяет в небольшие сроки вывести анализатор на рабочий режим, обеспечив предприятие устройством, способным проводить количественный концентрационный анализ в режиме реального времени (в течение 3-5 минут).

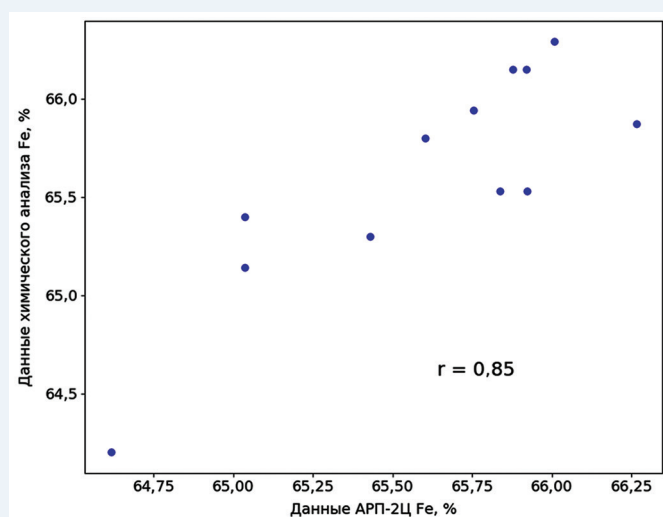


Рис. 3. Корреляционная зависимость измеренной анализатором АРП-2Ц концентрации Fe на ленте конвейера от результатов измерений Fe, полученных методом химического анализа, в соответствующих отобранных пробах. Прибор откалиброван с учетом поправок на интенсивность сопутствующих элементов (коэффициент корреляции $r = 0,85$).

Сурет 3. Конвейер таспасындағы АРП-2Ц анализаторымен өлшенген Fe концентрациясының тиісті іріктелген сынамаларда химиялық талдау әдісімен алынған Fe өлшеу нәтижелеріне корреляциялық тәуелділігі. Аспап ілеспе элементтердің қарқындылығына түзетулерді ескере отырып калибрленген (корреляция коэффициенті $r = 0,85$).

Figure 3. Correlation dependence of the Fe concentration measured by the ARP-2C analyzer on the conveyor belt on the results of Fe measurements obtained by chemical analysis in the corresponding selected samples. The instrument is calibrated to adjust for the intensity of the associated elements (correlation coefficient $r = 0,85$).

⁵Бахтияров А.В., Савельев С.К. Рентгенофлуоресцентный анализ минерального сырья. / Автореф. дисс... д-ра техн. наук. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2014. – 44 с.

⁶Черноруков Н.Г., Нипрук О.В. Теория и практика рентгенофлуоресцентного анализа. / Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 57 с.

калибровки, т. к. незначительные отклонения от соблюдения методики отбора проб с конвейера приводят к отклонениям в показаниях анализатора АРП-2Ц. В общем случае относительная погрешность анализатора для рудных концентратов находится в пределах 5-10%. В случае соблюдения всех предписаний по калибровке анализатора погрешность удастся уменьшить до 0,3-5%. Так, на предприятии, где выполнялись все требования к калибровке и отбору проб, средняя абсолютная погрешность составила 0,21%, относительная – 0,32%.

Таким образом, анализатор АРП-2Ц представляет собой высокотехнологичное, наукоемкое оборудование, которое при должном обращении позволяет оснастить фабрику устройством, способным проводить количественный анализ массовых долей химических элементов технологического продукта переработки руд непосредственно на конвейере в режиме реального времени, в течение 3-5 минут, значительно уменьшая задержки по времени предоставления данных, сопутствующие методу химического анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Pennicard D., Pirard B., Tolbanov O. and Iniewski K. Полупроводниковые материалы для рентгеновских детекторов. // *MRS Bulletin*. – 2017. – Т. 42. – Вып. 6. – С. 445-450. (на английском языке)
2. Lagoida I.A., Trushin A.V. Рентгенофлуоресцентный анализ металлов низких концентраций в геологических образцах и технологических продуктах. // *Журнал физики: серия конференций*, 2016. – Т. 675. – С. 042002. (на английском языке)
3. Tiago R.T., Lidiane C.N. и др. Упрощение пробоподготовки для анализа плодородия почвы методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии. // *Аппаратура наблюдения*. – 2019. – Т. 19(23). – С. 5066. (на английском языке)
4. Соколов А.Д. и др. Оперативный анализ хромо-железных руд на конвейерной ленте с использованием рентгенофлуоресцентного анализа. // *Рентгеноспектрометрия* – 2005. – Т. 34(5). – С. 456-459. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Pennicard D., Pirard B., Tolbanov O. and Iniewski K. Рентгендік детекторларға арналған жартылай өткізгіш материалдар. // *MRS Bulletin*. – 2017. – Т. 42. – Шығ. 6. – Б. 445-450. (ағылшын тілінде)
2. Lagoida I.A., Trushin A.V. // Төмен металдардың рентгенофлуоресценттік талдауы геологиялық үлгілердегі және технологиялық өнімдердегі концентрациялар. // *Журнал физиктер: конференциялар сериясы*, 2016. – Т. 675. – Б. 042002. (ағылшын тілінде)
3. Tiago R.T., Lidiane C.N. и др. Топырақ құнарлылығын талдау үшін сынама дайындауды жеңілдету рентгенофлуоресценттік спектроскопия әдісімен. // *Бақылау аппаратурасы*. – 2019. – Т. 19(23). – Б. 5066. (ағылшын тілінде)
4. Соколов А.Д. және бәрі. Рентгенофлуоресценттік талдауды пайдалана отырып, конвейерлік таспада хром-темір кендерін жедел талдау. // *Рентгендік Спектрометрия*. – 2005. – Т. 34(5). – Б. 456-459. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Pennicard D., Pirard B., Tolbanov O. and Iniewski K. Semiconductor materials for x-ray detectors. // *MRS Bulletin*. – 2017. – Vol. 42. – Issue 6. – P. 445-450. (in English)
2. Lagoida I.A., Trushin A.V. X-Ray fluorescence analysis of low concentrations metals in geological samples and technological products. // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2016. – Vol. 675. – P. 042002. (in English)
3. Tiago R.T., Lidiane C.N. et al. Simplifying Sample Preparation for Soil Fertility Analysis by X-ray Fluorescence Spectrometry. // *Sensors*. – 2019. – Vol. 19(23). – P. 5066. (in English)
4. Sokolov A.D. et al. On-line analysis of chrome-iron ores on a conveyor belt using x-ray fluorescence analysis. // *X-Ray Spectrometry*. – 2005. – Vol. 34(5). – P. 456-459. (in English)

Сведения об авторах:

Трушин А.В., директор Общества с ограниченной ответственностью «Техноаналитприбор» (г. Москва, Россия), atrushin@techade.ru
Лагойда И.А., инженер Общества с ограниченной ответственностью «Техноаналитприбор» (г. Москва, Россия), i.lagoida@techade.ru
Ширяева К.С., инженер Общества с ограниченной ответственностью «Техноаналитприбор» (г. Москва, Россия), kseniya.shiryayeva@techade.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Трушин А.В., «Техноаналитприбор» Жауапкершілігі шектеулі қоғам директоры (Мәскеу қ., Ресей), atrushin@techade.ru
Лагойда И.А., «Техноаналитприбор» Жауапкершілігі шектеулі қоғам лауазымы инженері (Мәскеу қ., Ресей), i.lagoida@techade.ru
Ширяева К.С., «Техноаналитприбор» Жауапкершілігі шектеулі қоғам лауазымы инженері (Мәскеу қ., Ресей), kseniya.shiryayeva@techade.ru

Information about the authors:

Trushin A.V., Director of the «Technoanalytdevice» Limited Liability Company (Moscow, Russia), atrushin@techade.ru
Lagoida I.A., Engineer of the «Technoanalytdevice» Limited Liability Company (Moscow, Russia), i.lagoida@techade.ru
Shiryayeva K.S., Engineer of the «Technoanalytdevice» Limited Liability Company (Moscow, Russia), kseniya.shiryayeva@techade.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ
в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»
(действуют с 1 сентября 2019 года)

1. «Горный журнал Казахстана» принимает к публикации оригинальные статьи научного и научно-технического содержания, отражающие результаты исследовательской и научной деятельности, имеющие рекомендации к практическому применению решаемых вопросов по следующим направлениям (полный перечень рубрик указан на сайте minmag.kz):

- ✓ *Геотехнология (подземная, открытая и строительная)*
- ✓ *Геомеханика, маркшейдерское дело и геодезия*
- ✓ *Разрушение горных пород*
- ✓ *Горные машины и оборудование*
- ✓ *Обогащение полезных ископаемых*
- ✓ *Геоэкология горно-перерабатывающей промышленности*
- ✓ *Охрана труда и промышленная безопасность*
- ✓ *Теоретические основы проектирования горно-технических систем*
- ✓ *Металлургия*
- ✓ *Горно-промышленная геология и геофизика*
- ✓ *Экономика горно-металлургической отрасли*

По указанным направлениям также принимаются статьи обзорного характера, отвечающие критериям первой научной публикации.

Дополнительные рубрики:

- ✓ *Подготовка кадров (применительно к теме журнала)*
- ✓ *История горного дела, металлургии и геологии*
- ✓ *Юбилеи*
- ✓ *Реклама*

2. Основные требования к статьям, представленным для публикации в журнале:

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метадаанные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, тщательно выверенный вариант статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата с помощью специальной программы (например, www.text.ru);
- необходимо указать одно из научных направлений, которому в наибольшей степени соответствует тематика статьи.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском и русском языках;
 - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов;
 - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна) предоставляются на казахском и русском языках;
 - полное название организации (-й), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
 - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (реферат) предоставляется на казахском и русском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
 - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском и русском языках;
 - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
 - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

Основной раздел статьи на казахском или русском языках должен быть четко структурирован.

- ✓ Введение (*Introduction*) должно отражать актуальность темы исследования, обзор литературы по теме, постановку проблемы, формулировку целей и задач исследования.

✓ Методы/исследования (*Materials and Methods*) – описание методов исследования, схем экспериментов (наблюдений) с тем, чтобы позволить другим ученым и практикам воспроизвести результаты, пользуясь лишь текстами статьи; описание материалов, приборов, оборудования, выборка и условия проведения экспериментов (наблюдений).

✓ Результаты (*Results*). Этот раздел должен отражать фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).

✓ Обсуждение результатов (*Discussion*) – типовая структура этого раздела имеет такой вид:

- чем могут быть объяснены полученные результаты;
- благодаря каким именно особенностям предложенных решений обеспечиваются преимущества;
- что можно считать преимуществами данного исследования по сравнению с аналогами;
- в чем состоят недостатки исследования;
- в каком направлении исследование целесообразно развивать, с какими трудностями при этом можно столкнуться.

✓ Заключение (*Conclusion*) – краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в ней.

✓ Благодарности (*Acknowledgments*) – выражение признательности коллегам за помощь.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

РИСУНКИ должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. Подписи к рисункам и заголовки таблиц **ОБЯЗАТЕЛЬНЫ**.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские – курсивом. **Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста** (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. В список литературы не включаются любые материалы, не имеющие конкретного автора, в том числе: законы, стандарты (включая ГОСТ), статьи из словарей и энциклопедий, страницы сайтов, для материалов которых не указан конкретный автор и интервал страниц. Если у Вас возникает необходимость сослаться на подобные материалы, то ссылки на них оформляются как сноски в тексте статьи. Список приводится на русском (казахском) языке, а также в переводном и транслитерированном варианте (транслитерация выполняется по стандарту BSI: <https://translit.net/ru/bsi/>). Оба варианта списка литературы должны быть идентичны по содержанию. Сначала подготавливается русскоязычный (казахскоязычный) список литературы, включающий все источники (даже на иностранных языках), затем он переводится на английский язык и транслитерируется.

К статье прилагаются сведения на английском языке:

✓ заглавие (Title) – без сокращений и транслитерации, кроме случаев, когда встречаются непередаваемые названия имен собственных, например, название предприятий, приборов и др.;

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных метадаанных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия;

✓ сведения об авторе (-ах), без сокращений;

✓ полное название организации (аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД Scopus), ее адрес, город, страна с указанием индекса;

✓ реферат (аннотация) – Abstract. В реферат не допускается включать ссылки на источники из полного текста, а также аббревиатуры, которые раскрываются только в полном тексте. Реферат должен быть:

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой казахско-русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированным (следовать логике описания результатов в статье, кратко отображая основные мысли, содержащиеся в ее структурных частях – от проблемы, цели и методов до результатов исследований, предложений и главных выводов);
- быть написанным качественным английским языком;
- объемом не менее 700 знаков.

✓ ключевые слова (Keywords) в количестве не менее 10, сокращения не допускаются, также не допускается использование слов в кавычках.

4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении не менее 5 (пяти) экземпляров журнала с 50% скидкой, которые он(они) имеют право распространять среди горной общественности. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги. После оплаты статья публикуется в очередном номере журнала, а автору(авторам) предоставляются экземпляры журнала, согласно счету.



ГЕОКАЛИНИНГРАД-2021

Нефтегазовая, рудная геология и геофизика

научно-практическая конференция

Прием докладов до 10 марта 2021 г.



**Организатор:
ООО «ГеоЕвразия»**

**г. Калининград
26-30 апреля 2021
www.geoearu.com**