



С ДНЕМ ШАХТЕРА!

ТОО “Mining Way Central Asia”
Опытная команда для новых решений

Оборудование для открытых и подземных горных работ

Оборудование для геологоразведки

Буровой инструмент

<https://mwca.kz/>

г. Алматы, ул.

Жамакаева 99, офис 422

+7 707 874 3898

info@mwca.kz

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 №290 от 28.06.2022 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,
+7 (747) 343-15-02
minmag.kz

Представитель журнала на специализированных мероприятиях – Общество с ограниченной ответственностью «Маркетинг от Тимченко»

Представители журнала:

Республика Узбекистан –
ШЕРЗОД ВАФО-ОГЛЫ КАРИМОВ
karimov20-13@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 **29.08.2023 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

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

Редакционная коллегия:

Fathi Habashi (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

М.Б. Барменшинова, канд. техн. наук

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

А.А. Бекботаева, PhD

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

В.Ф. Демин, д-р техн. наук

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

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

Ш.В. Каримов (Узбекистан), PhD

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

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

У.Ф. Насиров (Узбекистан), д-р техн. наук, профессор

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

Б.Т. Ратов, д-р техн. наук, профессор

К.Б. Рысбеков, канд. техн. наук, профессор

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

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Ш.Н. Туробов (Узбекистан), PhD

О.Г. Хайитов (Узбекистан), д-р геол.-минерал. наук, профессор

Р.А. Хамидов (Узбекистан), PhD

А.Н. Шодиев (Узбекистан), д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 4** Колонка главного редактора
- 5** *Эгберт Бурхардт, Амир Кенжалиев*
Энергоэффективное измельчение с помощью HGPR
Новости ESAB в Центральной Азии
- 8** Шаг вперед к работе в любых условиях
- 11** Concorde Cell от Metso: революция в области обогащения полезных ископаемых ®
- Геотехнология
- 15** **Е.С. Башилова, А.Б. Байбатица*
Интенсификация разработки урановых месторождений с учетом геологических особенностей путем применения бактериального окисления железа
Крепление горных выработок
- 23** *V.F. Demin, B.E. Issakov, *A.M. Suimbayeva, E. Bilisbekkyzy*
Justification of parameters for maintaining mine workings in the conditions of coal mines
Геология
- 30** **Г.К. Бекенова, В.В. Перегудов, В.Л. Левин, К. Шаймураткызы*
Тонкодисперсное золото открытых кор выветривания и алмазосодержащих руд Кумдыкольского месторождения
Гидрогеология
- 38** **Н.М. Итемен, Е.Ж. Муртазин, Е.Ш. Жексембаев, И.К. Рахметов*
Особенности изотопного состава подземных вод Южного Мангышлака
Геодезия
- 45** *Ф.К. Низаметдинов, Д.С. Ожигин, Р.Ф. Низаметдинов, *Е.В. Ситникова*
Комплексные методы инструментального контроля состояния насыпных оградительных дамб хвостохранилищ обогатительных фабрик
Металлургия
- 53** *Е.Б. Тажиев, *Е.Е. Жолдасбай, А.А. Аргын, Г.М. Койшина*
Подготовка моношихты на основе марганцевых отходов для получения ферромарганца: расчет расхода углерода
Горные машины
- 62** **В.В. Поветкин, А.З. Нурмуханова, А.З. Букаева, М.Ф. Керимжанова*
Технологические методы повышения износостойкости деталей грунтового центробежного насоса
Охрана труда и безопасность в горной промышленности
- 71** **Л.И. Едильбаева*
Вопросы сохранения профессионального здоровья на рабочих местах предприятий Республики Казахстан
Юбилей
- 76** Жаутиков Бахыт Ахатович
- 80** Требования к оформлению и условия предоставления статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат
Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

*Дорогие читатели!
Уважаемые коллеги!*

Мы с вами представляем ту часть человечества, которая наряду с работниками агропромышленного комплекса, животноводства, лесного хозяйства, рыболовства и освоения животного и растительного миров в мировом Океане непосредственно, изо дня в день осваивает подземные недра.

Обеспечение мировой цивилизации металлами, жидкими, газообразными и твердыми углеводородами, химическим и строительным сырьем представляет собой до сих пор решаемую достаточно успешно задачу, которая все равно не прощает благодушия, ибо содержит в себе много неизвестного.

Неизвестные проблемы в большинстве случаев проявляют себя из-за растущего потребления, которое требует освоения новых просторов недр в глубину и в горно-геологических условиях, которые требуют поисков и нахождения неизвестных до сих пор свойств природы и техногенного воздействия на ее системы закономерностей, способствовавшие образованию, в первую очередь, рудных месторождений.

Новые задачи, возникшие на повестке дня вследствие обнаруженной необходимости «озеленять» экономику, связанную накрепко с использованием сырьевых ресурсов и производством энергии, могут быть решены только с удорожанием товарного продукта из недр и переходом на возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Этими источниками определены ветер и солнце, использование которых принимает глобальный масштаб, принося с собой не только чистую и возобновляемую энергию, но и невероятно высокие затраты на их получение, ремонт, восстановление и использование огромных территорий, изымаемых на установку ВИЭ.

Возникшие противоречия заслуживают особого внимания из-за неверной политизации чисто технических проблем, отсутствия взаимопонимания между сторонами из-за желания потребителей заработать еще и прибыль за счет поставщиков традиционных источников.

Надвигается новая проблема, которая может создать угрозу вселенского масштаба из-за ожидающегося в течение 30-150 лет полного исчерпания запасов металла в континентальной земной коре до глубины антропогенно-технических возможностей человека в 5 км.

Объединение воедино изложенных ожидаемых в реальной обстановке показывает тревожность той обстановки, в которой человечество может оказаться, пренебрегая необходимостью мировому сообществу создать единую концепцию выхода на новый уровень освоения недр.

Усилия производителей в этой ситуации должны быть направлены на технологическое и организационное обеспечение каждого конкретного месторождения, начиная с уровня проектирования, на полный текущий цикл освоения недр.

Взаимосвязанным направлением по достижению экономически эффективного, безопасного, ресурсоспроизводящего использования недр является комплексное решение всех составляющих создания технологии циркулярной экономики с эффективным использованием однажды добытых металлов многократно.

Но все наши трудовые будни должны когда-то помочь исполнителям и отдохнуть от повседневных забот за праздничным столом в кругу друзей и коллег. Один такой праздник мы с вами отметили – это День металлурга в июле. В последнее воскресенье августа нас приглашает другой праздник – День шахтера.

С праздником, коллеги!

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ HGPR

Измельчающие валки высокого давления (ИВВД/HGPR) внедрены в горнодобывающей промышленности уже несколько десятилетий. Однако в связи с ростом цен на энергоносители, давлением, направленным на снижение выбросов углекислого газа, и необходимостью переработки более твердых и сложных руд преимущества HGPR, вероятно, приведут к их более широкому применению в будущем.

Эгберт Бурхардт, Амир Кенжалиев, FLSmidth

Появившись в горнодобывающей промышленности в 1980-х годах, валковые дробилки высокого давления (HGPR) стали шагом вперед в разработке схем измельчения, сравнимым с разработкой мельниц самоизмельчения (AG) и полусамоизмельчения (SAG) несколькими десятилетиями ранее. Обладая более высокой энергоэффективностью и более низкими эксплуатационными расходами по сравнению с традиционными вариантами измельчения, HGPR сначала заменили конусные дробилки в алмазной промышленности, а в 1990-х годах получили широкое распространение в производстве железорудных окатышей.

К началу XX века HGPR широко заменили конусные дробилки и мельницы SAG в качестве третьей стадии дробления в новых проектах по добыче твердых пород, требующих переработки руд высокой обогатимости. Эта технология также была успешно модернизирована на обычных дробильно-измельчительных установках для увеличения общей производительности установки или извлечения при более высокой тонкости продукта. Более того, было показано, что при использовании HGPR для дробления гальки в схемах SAG/шаровой мельницы (SABC) они повышают производительность мельницы SAG и снижают удельные эксплуатационные затраты на всю схему.



Рис. 1. HGPR

Преимущества HGPR при добыче твердых пород: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

HGPR работают за счет уплотнения руды до удельного веса около 90% между двумя вращающимися валками под высоким давлением, что приводит к межчастичному измельчению в слое материала. Такой способ измельчения гораздо более энергоэффективен, чем другие технологии измельчения, что является ключевым преимуществом

HGPR. Кроме того, при измельчении с помощью HGPR не требуется большого количества мелющих тел, а используются только валковые футеровки небольшого объема. Это еще больше снижает эксплуатационные расходы (OPEX), а также способствует значительному сокращению выбросов углерода, поскольку исключаются выбросы, связанные с производством и поставкой мелющих тел и стальных футеровок.

Еще одним преимуществом является то, что при переработке сильно изменчивых руд HGPR обеспечивают более равномерную и стабильную работу по сравнению с SAG-мельницами. Это связано с тем, что удельный расход энергии в мельницах SAG обычно колеблется в пределах от 4 кВт-ч/т до 12 кВт-ч/т на золотомедных предприятиях, что может привести к колебаниям производительности на +/-50%. В отличие от этого удельный расход энергии на третичное дробление с использованием HGPR составляет всего около 2,6 кВт-ч/т и обычно не изменяется более чем на +/-0,3 кВт-ч/т в аналогичных условиях. Это позволяет улучшить консистенцию сырья для последующего шарового измельчения, повысить эффективность и последующее флотационное извлечение.

Наконец, HGPR обеспечивают гораздо более высокую эффективность при мелком дроблении по сравнению с обычными конусными дробилками, позволяя дробить до <3 мм при гораздо меньших затратах на эксплуатацию и гораздо большей производительности. С другой стороны, требования к техническому обслуживанию несколько выше, чем для традиционных схем SABC, в основном это касается оборудования для транспортировки материалов.

Преимущества HGPR наиболее ярко проявляются при дроблении твердых и устойчивых руд, в то время как при работе с более мягкими рудами оптимальным решением по-прежнему остаются мельницы SAG. Между этими двумя типами руд находится «серая зона», где решение о выборе наиболее подходящей технологии измельчения зависит от конкретных условий проекта, таких как доступность энергии и стоимость. Однако, поскольку все большее число твердых руд придется измельчать более тонко, чтобы добиться вскрытия, что приведет к увеличению энергопотребления, баланс, скорее всего, изменится в пользу HGPR.

Следующий уровень технологии HGPR

В результате перечисленных выше преимуществ за последние два десятилетия традиционные HGPR успешно повысили экономичность измельчения в различных областях применения. Теперь эти преимущества расширяются благодаря внедрению FLS HGPR Pro. Если стандартная мо-



Рис. 2. HGR Pro

дель HGR 24/17 способна обеспечить производительность около 40 000 т/сутки измельчения при <math>< 6-8 \text{ мм}</math>, то самая крупная модель (30/20) последнего поколения HGR Pro способна увеличить этот показатель более чем в два раза – до 90 000 т/сутки в типичных условиях добычи меди/золота и даже больше в условиях добычи железной руды.

Ключевыми особенностями концепции HGR Pro являются вращающиеся боковые пластины (rotating side plates – RSP) и система ограничения перекоса (skew limiting system – SKL), интеллектуальная система онлайн-мониторинга состояния валков и усовершенствованная система защиты машины, а также новая система смазки маслом. Все эти функции могут быть установлены на существующие стандартные HGR.

Вращающиеся боковые пластины (RSP) на установках FLS HGR, уже проверенные как в опытно-промышленных испытаниях, так и на нескольких промышленных объектах, позволяют повысить производительность до 20%, снизить энергопотребление до 15% и увеличить срок службы валков до 30%. RSP поддерживаются недавно разработанным ограничителем перекоса (SKL), который защищает от повреждений из-за чрезмерного перекоса валков во время работы, обеспечивая безопасную и надежную работу машины.

Новая система обнаружения штифтов – это лазерная система онлайн-мониторинга состояния, которая непрерывно измеряет износ штифтов, обнаруживая в режиме реального времени любые сломанные штифты и краевые блоки. Обнаружение сломанных штифтов позволяет системе сразу же распознать временный брак или негабаритную подачу, что позволяет удалить их до того, как произойдет серьезное повреждение поверхности валков. Ремонт сломанных штифтов также может быть правильно спланирован во время плановых остановок, поскольку их количество и расположение известны заранее. Это позволяет продлить срок службы валков, так как обслуживание производится только в случае необходимости.

Кроме того, усовершенствованная система защиты машины (Advanced Machine Protection System AMPS) гаран-

тирует, что HGR Pro всегда будет работать в безопасных пределах, снижая износ, уменьшая затраты на обслуживание и запасные части, а также максимально повышая эксплуатационную готовность.

Наконец, срок службы основных подшипников увеличен благодаря системе смазки маслом, которая заменяет традиционную консистентную смазку. В результате HGR Pro может непрерывно работать на более высоких скоростях и давлениях измельчения без риска перегрева подшипников. Это позволяет увеличить производительность при более высоких мощностях, а также (опять же) снизить затраты на запасные части.

Удаленные цифровые сервисы поддерживают услуги на месте

Наличие местного сервисного персонала является ключевым фактором надежной и экономичной работы HGR. Понимая это, мы продолжаем предлагать все уровни поддержки на местах силами собственного экспертного персонала. Однако к этому добавляется дистанционная цифровая поддержка, которая начинается с момента ввода в эксплуатацию и наращивания мощности и может продолжаться в течение всего срока службы машины.

Дистанционная поддержка осуществляется с помощью облачной передачи данных (полевой агент, OSI PI или аналогичный), что позволяет удаленно оценить текущие условия и производительность HGR. Эти данные лежат в основе сервисного предложения FLS Asset Health –

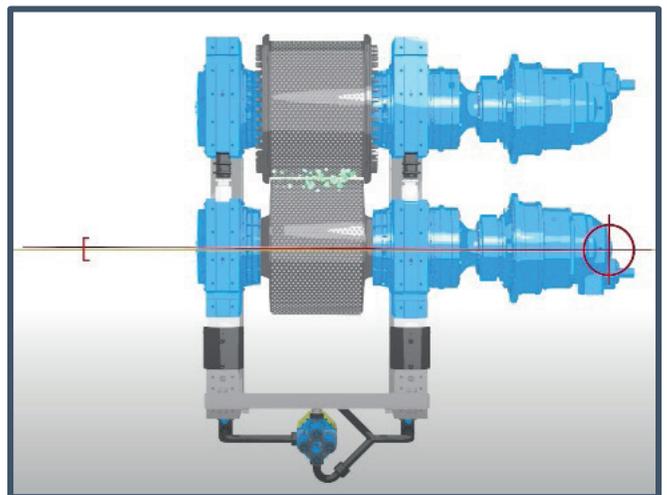


Рис. 3. Система сканирования и регулирования

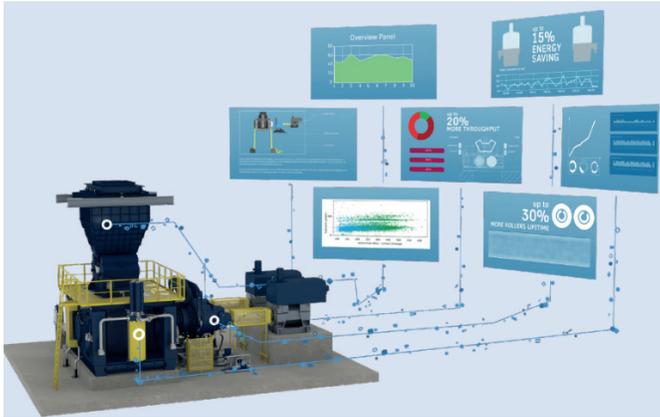


Рис. 4. Преимущества HPGR Pro

услуги, основанной на данных, которая помогает поддерживать HGPR на требуемом уровне производительности. Сочетая мониторинг состояния оборудования в режиме реального времени с передовой аналитикой, наши специалисты могут предоставлять с помощью Asset Health информацию и рекомендации по улучшению работы оборудования и снижению операционных затрат.

Такая передача данных позволяет также осуществлять первоначальный дистанционный поиск неисправностей и предварительный анализ причин их возникновения. В случае возникновения механических или технологических проблем персонал FLS может мгновенно подключиться к глобальной сети экспертов компании и получить поддержку.

Износ: ключевой фактор затрат

Замена изношенных валков является основным фактором расходов, связанных с износом при эксплуатации HGPR. Поэтому увеличение срока службы валков является одним из основных направлений нашей работы. В основе этого лежит понимание взаимодействия между подаваемыми и изнашиваемыми материалами. Благодаря глубокому опыту компании в этой области мы добились значительных успехов в повышении срока службы валков как для своих, так и для сторонних HGPR, зачастую добиваясь удвоения срока службы. Например, в одном из железорудных месторождений срок службы валков был увеличен с 8000 часов до более чем 20 000 часов.

Замена изношенных валов HGPR является стратегически важным мероприятием и должна планироваться заблаговременно.

К основным факторам относятся:

- Вес валков, которые необходимо будет транспортировать и затем обслуживать на руднике.
- Есть ли работы, которые могут быть выполнены более экономично на месте или в мастерской?
- Какая инфраструктура необходима на месте для замены валков?
- Где будут производиться валки и поставляться комплектующие?

Лучшие ответы на эти вопросы будут отличаться на разных рудниках. FLSmidth имеет опыт работы с клиентами, чтобы обеспечить наиболее быстрое, надежное и экономичное решение.



Рис. 5. Вращающиеся боковые пластины RSP

В будущее с нулевым уровнем выбросов

HGPR играют важную роль в технологической схеме фабрик FLSmidth MissionZero. Заменяя мельницы SAG или шаровые мельницы для тонкого измельчения, HGPR снижают потребление энергии на 30-50%, что также значительно сокращает выбросы углерода в атмосферу.

Следующим этапом является работа HPGR с воздушными классификаторами для получения еще более тонкого продукта для финальной флотации или флотации промежуточных крупных частиц, например, в рамках концепции FLS coarseAir™ компании FLSmidth. Эта стадия предварительной концентрации удаляет фракцию более грубых хвостов перед измельчением и, таким образом, экономит энергию, которая в противном случае была бы потрачена на тонкое измельчение отработанного материала в последующей вертикальной мельнице FLS (FTM). Эта концепция обеспечивает двойную экономию: меньшая производительность измельчения при меньших затратах энергии в более эффективных мельницах с перемешивающей средой.

В заключение следует отметить, что горнодобывающая промышленность стремится к поиску альтернативных, высокоэнергоэффективных технологических схем измельчения. В среднесрочной и долгосрочной перспективе этот спрос откроет новые возможности для HGPR.

Компания FLSmidth обеспечивает устойчивую производительность в мировой горной и цементной промышленности. Мы предлагаем лучшие на рынке инженерные решения, оборудование и сервисную поддержку, помогая заказчикам повысить производительность, сократить расходы и снизить воздействие на экологию. Компания осуществляет деятельность в различных регионах мира; наш персонал насчитывает около 10977 работников в более чем 60 странах. В 2022 году выручка FLSmidth составила 21,8 миллиарда датских крон. MissionZero – программа устойчивого развития FLSmidth, направленная на сокращение выбросов в горной и цементной промышленности до нуля к 2030 году.

Контакты:

info.qazaqstan@flsmidth.com

<https://www.flsmidth.com/en-gb/ru>

ШАГ ВПЕРЕД К РАБОТЕ В ЛЮБЫХ УСЛОВИЯХ

Республика Казахстан – ведущая экономика в Центральной Азии. Страна богата углем, нефтью, природным газом и ураном. В последние годы в регионе наблюдается значительный рост разведки и добычи. Как правило, она ведется на отдаленных и труднодоступных территориях, в любых погодных и климатических условиях, осложненных факторами запыленности и перепадами высот. Все эти факторы способствуют ускоренному выходу из строя составных элементов горнодобывающей техники.

Если продлить срок службы и защитить оборудование от абразивного воздействия и «контактной усталости» помогает наплавка с использованием электродов, сплошных и порошковых проволок, то что помогает обеспечить качество расходных сварочных материалов?

Неочевидная сторона

Правильная подготовка к сварочным работам является залогом ее надежного и качественного выполнения. В свою очередь, контроль за хранением и подготовкой расходных материалов – не менее важный этап, требующий серьезных дополнительных ресурсов.

Для обеспечения стабильной работы с использованием сварочных электродов помещение должно быть сухим, а условия складирования расходных материалов должны исключать их загрязнение, отсыревание и механическое повреждение. Важно обеспечить стабильную температуру хранения не ниже +14 °С, поскольку именно резкие перепады напрямую влияют на поверхность расходного материала для сварки и качество последующей работы.



Губительной является и высокая влажность: она не должна превышать 50%, если температура воздуха не более 25 °С.

При несоблюдении этих условий обмазка электродов с основным покрытием, а также электродов для сварки нержавеющей стали начинает интенсивно вбирать в себя влагу. Это, в свою очередь, приводит к порообразованию, растрескиванию сварного соединения и появлению трещин.

Для обеспечения стабильной сварочной дуги из электрода необходимо удалить избыточную влагу путем процесса сушки или прокалки. Но, что делать, если качественная подготовка и прокалка электродов на производственной площадке затруднительна или вовсе невозможна?

Семь бед – одно решение

Компания ESAB, один из лидеров в области сварочного оборудования и расходных материалов для сварки и резки, предлагает свое решение, которое не только обеспечивает длительное хранение электродов, но и минимизирует временные и финансовые затраты на хранение и подготовку материалов к работе.

Новая упаковка электродов ESAB VacPac – незаменимое решение при сварке ответственных конструкций на открытом воздухе, в условиях влажного климата, а также на площадках, где качественная подготовка и прокалка электродов затруднительна.

Оптимизация затрат, экономия ресурсов, минимизация дефектов

На ответственных участках покрытые электроды с основной обмазкой в обязательном порядке должны всякий раз подвергаться прокалке перед началом работ.



Новости ESAB в Центральной Азии

Сварочные электроды с основным покрытием нужно прокалывать в течение двух часов при температуре около 250 °С.

Покрытые электроды, поставляемые в упаковках VacPac, можно применять сразу после вскрытия упаковки без предварительной прокали и хранения в сушильных шкафах или термопечалах. Размер вакуумной упаковки рассчитан таким образом, чтобы сварщик мог полностью использовать ее в течение одной рабочей смены.

Решение компании позволяет существенно снизить не только временные и финансовые затраты за счет снижения требований к хранению и подготовки электродов, но и риски дефектов при сварке во время выполнения сварочных работ.



Доверяй и доставляй

Не менее ответственным этапом является и транспортировка электродов. В процессе производства специалисты упаковывают электроды в пластиковую коробку, вакуумируют и запаивают в многослойную воздухонепроницаемую алюминиевую фольгу, которая герметично закрыта вокруг прочной пластиковой внутренней коробки. Внешняя коробка из плотного гофрокартона минимизирует риски механического повреждения при транспортировке, а также обеспечивает неограниченный срок годности и не требует особых условий хранения при условии. После

вскрытия после подтверждения вакуума электроды становятся свежими и сухими.

Сегодня в новой упаковке VacPac к заказу доступны электроды ОК 53.70 и ОК 74.70. В ближайшее время ESAB планирует наладить поставки в Центральную Азию всех типов электродов: для сварки трубопроводов, теплоустойчивых, высокопрочных и нержавеющей сталей.



T

Тимченкодан
Маркетинг

Маркетингік
нигилизм
агенттігі

+7 705 818 40-65
communication@stimchenko.com
www.stimchenko.kz

S



МЕНЯЕМ СУТЬ ПРИВЫЧНЫХ ВЕЩЕЙ

Стратегия | Анализ | Репутация | Дизайн | Отраслевые выставки | СМИ

CONCORDE CELL ОТ METSO: РЕВОЛЮЦИЯ В ОБЛАСТИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Компания Metso – один из мировых лидеров в области обогащения полезных ископаемых, металлургии и производства нерудных металлов. Она предлагает широкий спектр комплексных услуг от поставки оборудования до различных сервисных решений, которые помогают повышать рентабельность и снижать операционные затраты и риски. Обладая необходимыми возможностями для осуществления научно-исследовательской деятельности, Metso ведет непрерывный поиск новых путей для внедрения передовых, инновационных решений.

Одно из них – Concorde Cell™. Это новая технология, которая позволяет эффективно извлекать тонкие и ультратонкие частицы путем высокоинтенсивной пневматической флотации.

О технологии Concorde Cell™

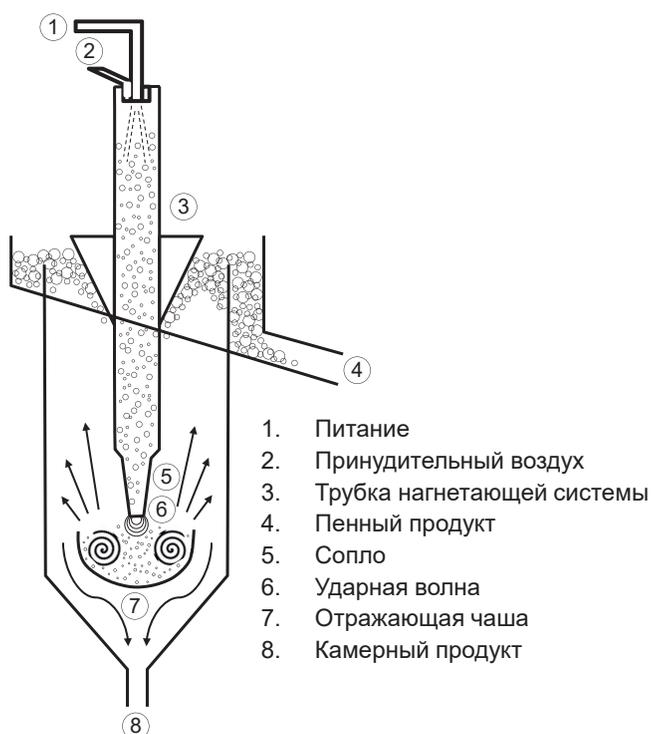
Флотация – это один из методов обогащения полезных ископаемых, который основан на различии способностей минералов удерживаться на межфазовой поверхности, обусловленный различием в удельных поверхностных энергиях. Этот метод применяют для обогащения большинства руд цветных металлов, апатитовых, фосфоритовых, графитовых, флюоритовых и других руд, а также широко используют в сочетании с другими методами при обогащении руд черных металлов и угля.



Concorde Cell™ – технологический комплекс, во главе которого находится отдельная установка с местной панелью управления и системой контроля пены в режиме реального времени, что позволяет управлять процессом и оптимизировать при необходимости.

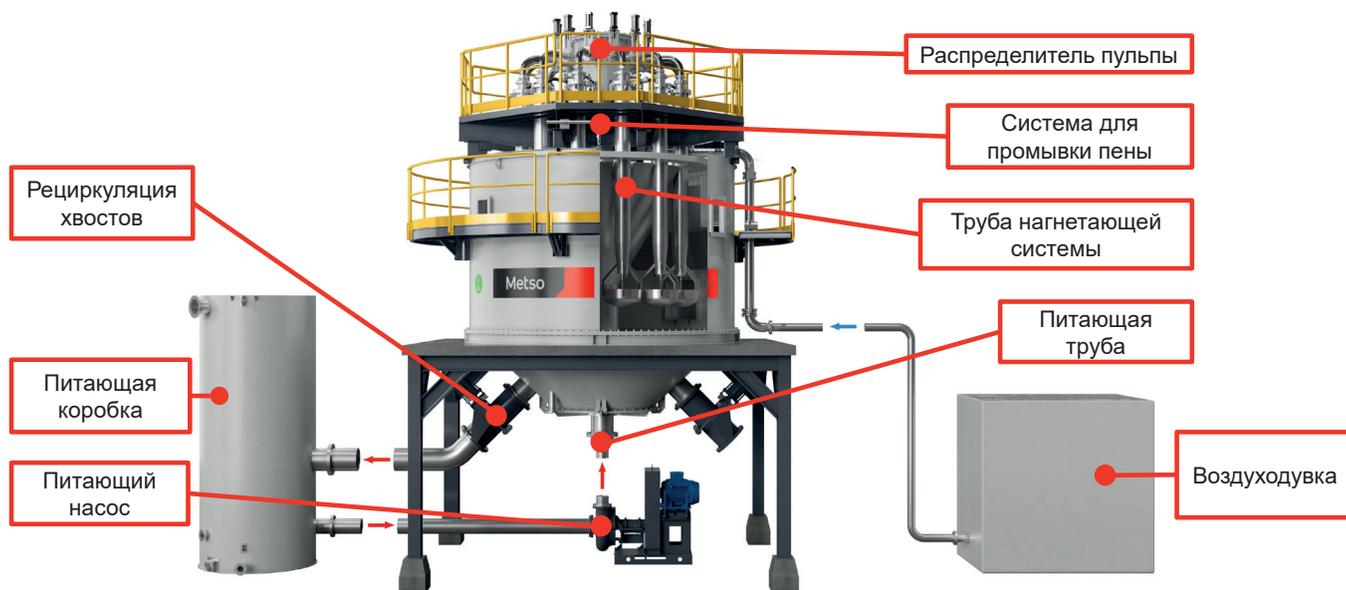
Принцип работы установки

В камере создаются условия для очень высокой частоты контакта пузырьков с частицами и образования чрезвычайно мелких пузырьков воздуха. Это увеличивает скорость кинетики частиц размером менее 20 микрон.



Технические характеристики

| | |
|--|---------------------------|
| Макс. плотность пульпы | 1,35 кг/м ³ |
| Типовая пропускная способность трубы нагнетающей системы | 85 м ³ /ч |
| Производительность флотационной камеры | до 3000 м ³ /ч |
| Стандартное содержание твердого материала | 10-25 % |
| Стандартная крупность материала | 10-45 мкм |
| Соотношение рециркуляции хвостов | до 1:2 |
| Стандартное соотношение воздуха к пульпе | 0,5-1,5 |
| Уровень пенного слоя | до 1,0 м |



Основные особенности

- Интенсивное рассеивание энергии и малый размер пузырьков, движущихся со сверхзвуковой скоростью, генерирует ударную волну.
- Принудительный поток воздуха обеспечивает повышение соотношения воздуха к пульпе.
- Внутренняя рециркуляция хвостов и включенный контроль уровня не зависят от управления флотационным воздухом.

Транспортировка по трубе нагнетающей системы Concorde с принудительной подачей воздуха пропускает 100% свежего питания и, в сочетании с внутренней рециркуляцией хвостов, обеспечивает повышение эффективности. Это позволяет более тонко измельченным ценным минеральным частицам достичь дополнительного высвобождения без риска потерь в хвостах.

Новые задачи, стоящие перед процессами обогащения полезных ископаемых, диктуют необходимость в переработке более тонковкрапленных и комплексных руд. Низкое качество исходной руды требует улучшения в селективности флотации. Технология Concorde Cell™ компании Metso позволяет преодолевать данные препятствия в циклах флотации и добиваться повышения эффективности извлечения тонких и ультратонких частиц.

Дооснащение трубы нагнетающей системы

Concorde Cell™ может поставляться не только как отдельная установка, но и как комплект оборудования для дооснащения трубы нагнетающей системы уже существующей флотационной камеры. В объем поставки входят распределитель пульпы и воздуха, трубы нагнетающей системы, система управления воздухом флотации, воздуходувка флотационного воздуха, шламовые насосы и панель управления.

Данное решение позволит более эффективно управлять технологическим процессом за счет добавления

принудительного потока воздуха, оптимизирует технологические показатели обогащения, а также уменьшит площадь, занимаемую флотационным оборудованием.

Основные преимущества и особенности технологии Concorde Cell™:

1. Технологичное решение для тонких и ультратонких частиц для ранее забалансовых руд;
2. Скорость предварительно аэрированного потока пульпы поднимается до сверхзвуковой, поток подвергается интенсивному локальному рассеиванию энергии для более эффективного контакта частиц с пузырьками воздуха;
3. Трубка нагнетания пропускает 100% свежего питания совместно с внутренней рециркуляцией хвостов и обеспечивает повышенную эффективность процесса;
4. Площадь пены флотационной камеры и промывка пены спроектированы согласно требованиям технологического режима;
5. Камера не содержит движущихся частей, что обеспечивает простоту ее технического обслуживания.

Planet Positive

Технология Concorde Cell™ направлена на максимально рациональное использование природных ресурсов. Повышение извлечения тонких частиц и меньшая площадь установки позволяют горнодобывающим предприятиям минимизировать потребление энергии и воды на объем выпускаемой продукции.

Новаторская технология входит в портфолио решений Planet Positive – это всеобъемлющий подход Metso к устойчивому развитию. Он охватывает вопросы охраны окружающей среды, социальной ответственности бизнеса и финансовые аспекты экологической устойчивости. Действия, связанные с Planet Positive, помогают воплотить цель компании по созданию стабильной и безопасной современной жизни.

Сервис

Компания Metso предоставляет широкий спектр сервисных услуг по обслуживанию и улучшению работы флотационного оборудования, включающий в себя шеф-монтаж и ввод в эксплуатацию, планирование остановов, модернизации, а также долгосрочное сервисное обслуживание.

Больше о технологии Concorde Cell™ в видеоролике по QR-коду.



Для получения более подробной информации обратитесь к специалистам компании, посетив веб-сайт Metso: metso.com/ru

О Компании:

Компания Metso является одним из мировых лидеров в области технологий устойчивого развития, комплексных решений и сервиса, применяемых в отраслях производства нерудных материалов, переработки полезных ископаемых и металлургии. Решения и отраслевая экспертиза компании помогают улучшить энергоэффективность и повысить производительность предприятий заказчиков, снизить потребление водных ресурсов и экологические риски. Metso – партнер для положительных изменений.

Компания Metso со штаб-квартирой в Хельсинки (Финляндия) насчитывает более 16 000 сотрудников в более чем 50 странах и в 2022 году достигла объема продаж около 5,3 млрд евро. Акции компании котируются на бирже Nasdaq в Хельсинки. metso.com, twitter.com/metsoofficial



INTERNATIONAL METALLURGICAL SUMMIT **KAZAKHSTAN**

METALS AND ALLOYS

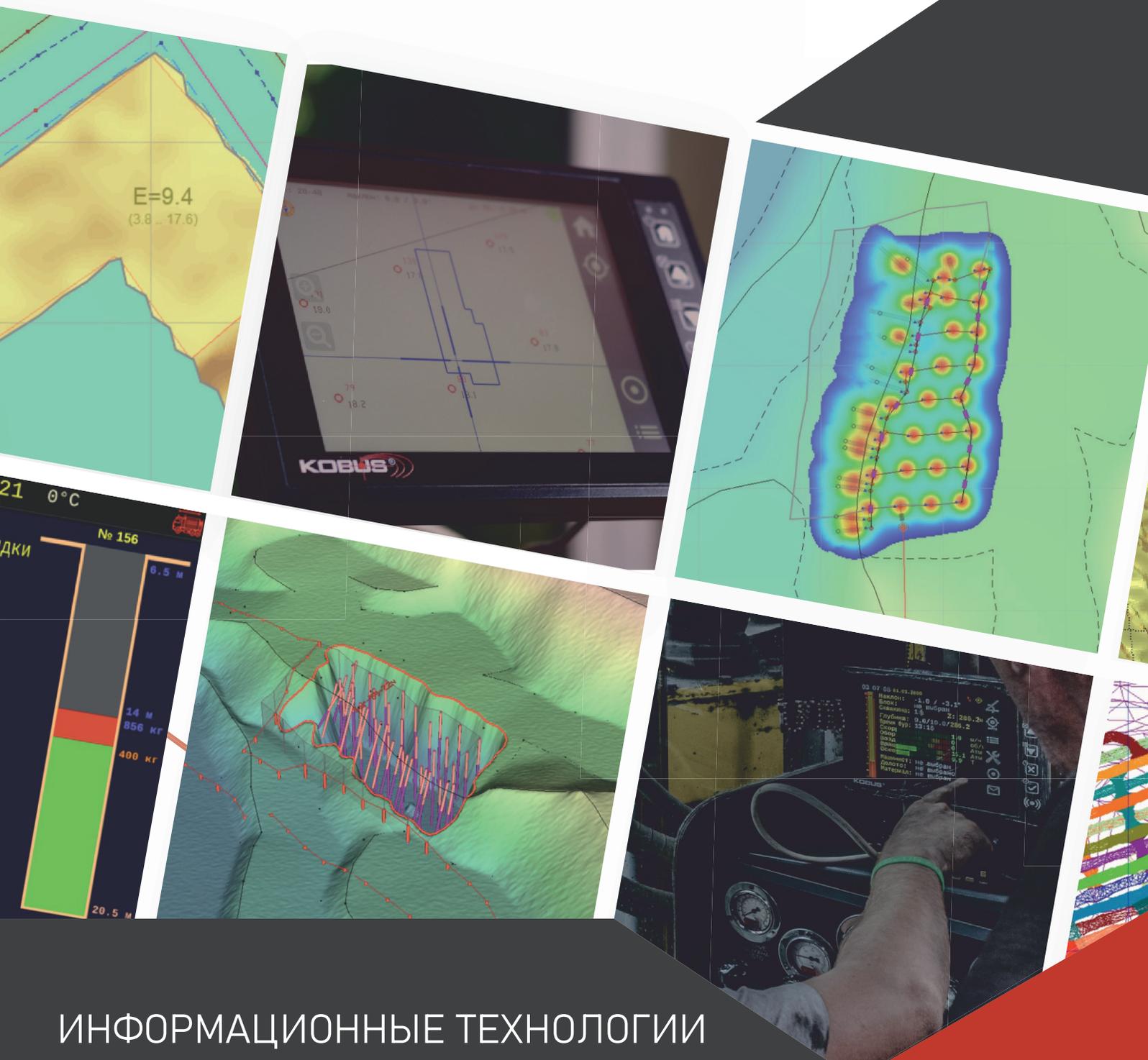
15 НОЯБРЯ | АЛМАТЫ | КАЗАХСТАН

www.metalsummit.kz



BLAST MAKER

СОВРЕМЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВЕДЕНИЯ
ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ РАБОТ

Код МРНТИ 52.13.19

*Е.С. Башилова, А.Б. Байбатша
Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАЗРАБОТКИ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С УЧЕТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА

Аннотация. В статье рассматривается применение бактериального окисления железа (БОЖ) в качестве окислителя при подземном выщелачивании урана на месторождении Семизбай гидрогенного типа. Это месторождение отличается от месторождений южного Казахстана литологическим строением, геотехнологическими параметрами. Месторождение характеризуется глубоким вторичным восстановлением железа. Испытания по применению БОЖ в процессе добычи урана ведутся уже в течение нескольких лет. В статье описан этап опытно-промышленных испытаний с использованием установок БОЖ и полученный эффект. Проведены эксперименты с подачей выщелачивающего раствора, пропущенного через установку БОЖ с добавлением дополнительного объема серной кислоты в этот раствор. По итогам испытаний получены положительные результаты. Можно сделать вывод, что применение железоокисляющих бактерий оказывает благоприятное воздействие на повышение концентрации урана в продуктивных растворах.

Ключевые слова: добыча урана, скважинное подземное выщелачивание, бактериальное окисление железа, окислительно-восстановительный потенциал, выщелачивающий раствор, месторождение, блок.

Уран кенорындарын олардың геологиялық ерекшеліктері негізінде темірді бактериялық тотықтыруды қолдану арқылы игеруді қарқындату

Аңдатпа. Мақалада Семізбай гидрогенді типті кен орнында уранды жер асты шаймалау кезінде темірдің (ТБТ) бактериялық тотығын тотықтырғыш ретінде қолдану қарастырылады. Бұл кен орны Оңтүстік Қазақстанның кен орындарынан литологиялық құрылымымен, геотехнологиялық параметрлерімен ерекшеленеді. Кен орны темірдің терең қайталама тотықсыздануымен сипатталады. Уран өндіру процесінде ТБТ қолдану бойынша сынақтар бірнеше жылдан бері жүргізіліп келеді. Мақалада ТБТ қондырғыларын қолданатын пилоттық сынақтардың кезеңі және алынған нәтиже сипатталған. Осы ерітіндіге күкірт қышқылының қосымша көлемін қосып, ТБТ қондырғысы арқылы өткізілген шаймалау ерітіндісін беру тәжірибелері жүргізілді. Сынақ қорытындысы бойынша оң нәтижелер алынды. Темір қышқылдандыратын бактерияларды қолдану өнімді ерітінділердегі уран концентрациясының жоғарылауына жағымды әсер етеді деген қорытынды жасауға болады. Осы ерітіндіге күкірт қышқылының қосымша көлемін қосып, ТБТ қондырғысы арқылы өткізілген шаймалау ерітіндісін беру тәжірибелері жүргізілді. Сынақ қорытындысы бойынша оң нәтижелер алынды. Темір қышқылдандыратын бактерияларды қолдану өнімді ерітінділердегі уран концентрациясының жоғарылауына жағымды әсер етеді деген қорытынды жасауға болады.

Түйінді сөздер: уран өндіру, жерасты ұңғымада шаймалау, темірді бактериялық тотықтыру, тотығу-тотықсыздану потенциалы, шаймалаушы ерітінді, кенорын, блок.

Intensification of the development of uranium deposits considering their geological features through the use of bacterial oxidation of iron

Abstract. The article discusses the use of bacterial oxidation of iron (BOI) as an oxidizer during underground leaching of uranium at the Semizbay hydrogenic deposit. This deposit differs from the deposits of southern Kazakhstan in its lithological structure and geotechnological parameters. The deposit is characterized by deep secondary reduction of iron. Tests on the use of BOI in the process of uranium mining have been conducted for several years. The article describes the stage of pilot-industrial tests using BOI installations and the resulting effect. Experiments were carried out with the supply of a leaching solution passed through the installation, with the addition of an additional volume of sulfuric acid to this solution. According to the results of the tests, positive results were obtained. It can be concluded that the use of iron-oxidizing bacteria has a beneficial effect on increasing the concentration of uranium in productive solutions.

Key words: uranium mining, borehole in-situ leaching, bacterial oxidation of iron, redox potential, leaching solution, deposit, block.

Введение

Республика Казахстан занимает первое место в мире по добыче природного урана с 2009 г. Однако, несмотря на достаточно значительные запасы и относительно невысокую себестоимость добычи урана, постоянно истощающиеся запасы рентабельных месторождений вызывают необходимость разработки новых высокоэффективных и экономически привлекательных методов извлечения металлов из бедных месторождений, а также повышения полноты извлечения. Геолого-минералогические особенности месторождений являются основными при выборе рациональной технологии добычи [1]. Направления для развития и улучшения методов могут быть различными. Геологическими: для повышения качества и полноты обработки рассматриваются современные геофизические методы исследований скважин, как волновой метод геоинтроскопии, который показал высокую эффективность для отслеживания и контроля над технологическими процессами при добыче урана методами скважинного подземного выщелачивания (СПВ) [2]; геотехнологическими: использование раз-

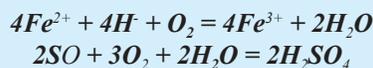
личных химических комплексов и реагентов для интенсификации обработки и др.

Удовлетворение растущей мировой потребности в уране невозможно без вовлечения в разработку пластово-инфильтрационных месторождений, которые обрабатываются методами СПВ. Одно из таких месторождений – Семизбай, разработка которого стандартным методом СПВ затруднительна.

Месторождение Семизбай характеризуется неоднородным и изменчивым литологическим строением, различными фильтрационными характеристиками пород, чередованием водопроницаемых и водоупорных пород в разрезе. Также оно характеризуется глубоким вторичным восстановлением, приведшим к практически полному исчезновению трехвалентного железа в составе пластовых вод и горнорудной массе, что приводит к необходимости задействовать в процессе дополнительные окислители [3, 4].

В качестве альтернативы химическим окислителям в биогеотехнологии используется способность ряда хемолитоавтотрофных микроорганизмов получать энергию для роста в ходе окисления восстановленных форм железа

с генерацией активной формы окислителя – трехвалентного железа и серной кислоты:



Значительная интенсификация процесса подземного выщелачивания получается при наличии определенных бактерий. Например, для выщелачивания никеля, цинка, золота, меди, мышьяка, кадмия и других металлов применяются тионовые бактерии *Thiobacillus Ferrooxidans* [5, 6]. В настоящее время промышленное применение хемолитотрофных бактерий с целью извлечения ценных компонентов из руд достигло широких масштабов во многих странах. Опробовали этот метод и для интенсификации процесса выщелачивания урана, как один из перспективных процессов для внедрения в горнодобывающую промышленность Казахстана.

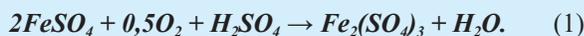
Бактериальное окисление железа

Для бактериального окисления железа используются железоокисляющие бактерии. При микробиологическом выщелачивании бактерии окисляют сульфидные минералы, что обуславливает образование в водной фазе железа (III) и серной кислоты набора реагентов, растворяющих уран. Если уран в руде присутствует в восстановленном состоянии, то редокс-реакция позволяет трансформировать U(IV) в U(VI). Этот процесс, основанный на химической активности микроорганизмов, экономически оправдан по отношению к бедным, забалансовым рудам и отвалам уранового производства, т. е. в случаях, когда неприменим стандартный процесс [7].

Первые исследования, установившие возможность бактериального выщелачивания урана из бедного сырья в коммерческом масштабе, были проведены в начале 1950-х гг., а в 1952-1953 гг. в Urgéirica (Португалия) началось промышленное использование процесса на основе кучного выщелачивания с применением железоокисляющих бактерий *Acidithiobacillus Ferrooxidans* [8].

Комплексное изучение руд канадских и испанских месторождений, где уран входит в состав коффинита, уранинита и др., позволило установить оптимальные параметры процесса (рН, температура и время перемешивания).

Наиболее доступным источником энергии для железоокисляющих бактерий является железо (II), окисляющееся в кислой среде:



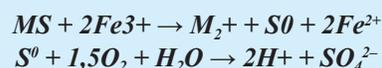
Среди главных факторов, определяющих эффективность бактериального выщелачивания урана, находится содержание в руде пирита, чье разложение не только обуславливает поступление в зону реакции окислителя и комплексообразователя, но и генерирует тепло.

Другим важным фактором является характер минерализации урана, так как его оксидные, фосфатные, сульфатные и карбонатные минералы вскрываются достаточно легко, в то время как силикатные формы – трудно или практически не вскрываются [9].

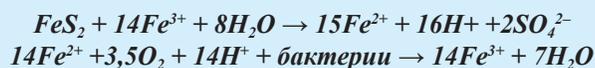
Показатели биовыщелачивания зависят и от генезиса месторождения, определяющего тип и минералогические характеристики породообразующих минералов. Если эти породы по составу щелочные, это может обусловить образование осадков, снижающих фильтрационную способность слоя руды, через который просачивается раствор и способствует образованию участков, изолированных от него. Наличие кислых пород снижает потребление кислоты, менее расходуемой на взаимодействие с минеральными примесями [8].

Механизмы биоокисления сульфидных минералов

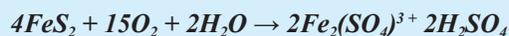
Реакциями, в общем виде характеризующими процесс биоокисления сульфидного минерала, являются:



Взаимодействие бактерий с пиритом соответствует реакциям:



В ПР месторождения Семизбай содержание железа достигает 2,7-3,0 г/л. Это относительно высокое содержание железа в растворах, характерное для руд месторождения. Высокие содержания железа в растворах связаны с пиритом и другими сульфидными минералами в рудоносном слое. Двухвалентное железо образуется в основном за счет выщелачивания пирита (FeS_2) и других, сульфидом, который имеется в обрабатываемом рудном теле по геологическим данным с содержанием свыше 2%. Общий химизм процесса описывается по следующему уравнению:



Основное отличие БОЖ от использования химических окислителей заключается в том, что требуется лишь единовременное размножение бактерий и текущее обеспечение их роста. Нет необходимости постоянной подачи химических реагентов, кроме подачи воздуха из окружающей среды в биореакторы.

Технологические процессы

Опыты по применению бактериального железа на месторождении Семизбай проводятся уже в течение длительного периода, полученные результаты освещались в публикациях [9-12]. В 2021 году данные исследования были продолжены. На очередном этапе опытно-промышленных испытаний были модернизированы установки бактериального окисления железа (УБОЖ) – УБОЖ-1 и УБОЖ-2, изготовленные в рамках ранее проведенных этапов (рис. 1).

УБОЖ применялись в виде локальных установок для работы на отдельных блоках. С их помощью выполнено восстановление работоспособности биомассы и проведение адаптации бактерий. Проведена аэрация растворов. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) растворов

был доведен до 500 мВ в обеих установках. Восстановление биомассы определялось по замерам ОВП раствора и производилось в течение месяца. Изменение ОВП раствора происходит за счет окисления двухвалентного железа. Степень аэрации растворов поддерживается на уровне 5-10 м³/час на 1 м³ ВР.

Подача ВР с технического узла закисления (ТУЗ) в установку БОЖ осуществляется путем разделения основного потока на две УБОЖ в объеме до 20 м³/час. Оставшийся объем ВР по регламенту растворов поступает на закачные скважины согласно существующей технологической схеме. Активированный ВР (АВР) после УБОЖ поступает в общий коллектор блока, смешивается с ВР и далее поступает в закачные скважины.

Использование инновационных биореакторов проточного типа, основанных на иммобилизации бактерий на твердых носителях, повышает эффективность процесса окисления двухвалентного железа в несколько раз. Регулировка процесса биоокисления двухвалентного железа осуществляется путем изменения подачи объема воздуха (регулирование частотным преобразователем), а также изменением объема подачи ВР и части АВР.



Рис. 1. Общий вид установки бактериального окисления железа-1 изнутри и снаружи.

Сурет 1. Темір 1-ді бактериялық тотықтыру қондырғысының ішінен және сыртынан жалпы көрінісі.

Figure 1. General view of the bacterial oxidation of iron-1 from inside and outside.

Возврат части АВР в биореакторы и подача их в начало процесса биоокисления насыщает верхний слой носителя микроорганизмами, что в свою очередь способствует ускорению процессов окисления железа (используется периодически на стадии накопления и адаптации биомассы). После прохождения ВР через слой нейтрального материала, на котором закрепилась бактерии, полученный АВР поступает в накопительные емкости. По мере накопления АВР в накопительных емкостях до определенного уровня (согласно датчику уровня) включается насос, который закачивает АВР из накопительных емкостей под давлением в линию блока после ТУЗ.

Методика исследований

Контроль над технологическим процессом осуществляется при помощи отбора проб ВР, АВР на определении ряда показателей растворов в физико-химической лаборатории рудника Семизбай.

Для качественной и количественной оценки работы установки БОЖ предусматриваются лабораторные исследования: определение рН, Т °С; ОВП; Fe²⁺, Fe³⁺, кислотность, SO⁴⁻ в ВР, АВР, ПР.

Для оперативного контроля за работой биореакторов используются рН-метр, ОВП-метр и температурный датчик (рис. 2).

Двух- и трехвалентное железо определялось комплексонометрическим методом, свободная кислота в технологических растворах объемным методом, массовая концентрация урана титано-фосфатно-ванадатным методом.

Для определения количества бактерий в растворах использовались пробы из УБОЖ. Технологическую пробу анализировали под микроскопом с увеличением 1000х.



Рис. 2. Измерительные приборы: а – ОВП-метр; б – рН-метр.

Сурет 2. Өлшеу аспаптары: а – ОВП-метр; б – рН-метр.

Figure 2. Measuring instruments: а – ORP-meter; б – pH-meter.

Количество бактерий на твердой фазе определяли путем двойного центрифугирования с отделением твердой фазы с последующим определением содержания бактерий в остаточном растворе. Расчет на твердой фазе делали путем приведения объема твердой фазы к объему жидкой фазы. О развитии бактерий судили по появлению бурой окраски, вызванной образованием трехвалентного железа, что подтверждало наличие бактерий данного типа (рис. 3).



Рис. 3. Проба с активированным выщелачивающим раствором после обработки раствора в биореакторах установки БОЖ.

Сурет 3. ТБТ қондырғысында белсендірілген шаймалаушы ерітіндісі бар сынама.

Figure 3. Sample with activated leaching solution after treatment of the solution in the bioreactors of the BOI installation.

Рост и развитие изолятов и культуры *Acidithiobacillus ferrooxidans* шт. оценивалось по концентрации клеток в растворе, наиболее вероятное число (НВЧ) которых определяли методом серийных разведений.

Опытные работы и их результаты

На текущем этапе опытно-промышленных испытаний (ОПИ) были проведены эксперименты с подачей не только выщелачивающего раствора, пропущенного через установку БОЖ, но и с добавлением дополнительного объема серной кислоты в этот раствор. Следует отметить, что при испытаниях на опытном блоке с применением УБОЖ-2 в 2018 г. имело место незначительное повышение содержания урана в ПР (около 10%) с этого блока за период испытаний без подачи дополнительной серной кислоты. Повышение составило с 11 мг/л до 14 мг/л и произошло несмотря на то, что экспериментальный блок находился на тот период на стадии доработки. По итогам обсуждения специалистов было принято решение продолжить экспериментальные работы и провести исследование влияния БОЖ на содержание урана в продуктивных растворах, окислительно-восстановительный потенциал ПР и содержание трехвалентного железа в ПР при добавлении дополнительной серной кислоты до 10 г/л (с учетом остаточной кислотности маточников сорбции до 4,0 г/л) в ВР экспериментального блока X2 и до 6 г/л (с учетом остаточной кислотности маточников сорбции до 4,0 г/л), в ВР блока X1 и сравнение с показателями работы 2-х контрольных блоков при аналогичной кислотности (6 и 10 г/л с учетом остаточной кислотности маточников сорбции до 4,0 г/л) в ВР без применения БОЖ.

В период с декабря 2020 года по июль 2021 года проводилось накопление и адаптация биомассы в УБОЖ-1 и УБОЖ-2. Установки периодически работали на протоке, ОВП активированного раствора в них достигал 500-600 мВ. На период начала работы УБОЖ с начала года содержание урана в ПР на блоке X2 составляло 12 мг/л.

С 19 июля были подключены оба экспериментальных блока к УБОЖ. Основная подача серной кислоты при экспериментальных работах началась с 24-25 июля 2021 г. Содержание урана в ПР на блоке X2 на эту дату составило 13 мг/л. За период проведения опыта на отдельных скважинах повышение содержания урана составило до 25-55%.

Проведенные испытания с применением установок БОЖ и дополнительной подачи серной кислоты показали повышение содержания урана в продуктивных растворах с 12 мг/л до 18 мг/л. Данные, полученные в ходе эксперимента, отображены на графике, представленном на рис. 4.

Опираясь на полученную информацию в ходе опытных работ, следует отметить достаточно высокую связь между содержанием урана в продуктивном растворе и кислотностью, а также сильную связь содержания урана в ПР с ОВП в ВР и относительно высокую связь с содержанием трехвалентного железа в выщелачивающем и продуктивном растворах. Как и следовало ожидать, также подтвердилась очень высокая связь между содержанием трехвалентного железа с ОВП выщелачивающего раствора, что подтверждает влияние (Fe^{3+}) как сильного окислителя на ОВП

выщелачивающих растворов. Параллельно с опытными испытаниями по доработке блока с помощью установки БОЖ и АВР из данной установки, а также с добавлением серной кислоты проводились испытания на двух контрольных блоках без подачи АВР из установки БОЖ.

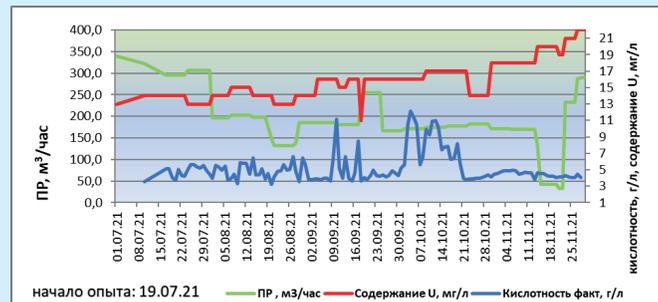


Рис. 4. Изменение содержания урана в ПР на экспериментальном блоке X2 в период с июля по октябрь 2021 года.

Сурет 4. 2021 жылғы шілдеден қазанға дейінгі кезеңде X2 эксперименттік блокта өнімді ерітіндідегі уран мөлшерінің өзгеруі.

Figure 4. Changes in the uranium content in the productive solution at the experimental unit X2 in the period from July to October 2021.

В качестве основной цели данной работы было достижение повышения ОВП на 15% и содержания урана в ПР на блоке X2 за счет применения технологии БОЖ не менее 25% (в результате испытаний увеличилось на 40% с 12 до 18 мг/л). В результате проведения испытаний планировалось изучить влияние технологии БОЖ при кислотности 10 г/л (в целях промывки и активации иммобилизаторов) и 2-6 г/л на блоке X2 (на стадии довыщелачивания) и выдать рекомендации применения данной технологии на этапе довыщелачивания.

Подача АВР без кислоты проводилась при проведении работ по 1-2 этапу (2018-2019 гг.). Было обеспечено увеличение ОВП в АВР до 420 мВ. В результате испытаний произошло увеличение содержания урана в продуктивном растворе на 10-20% (с 11 до 14 мг/л) на экспериментальном блоке. Разовые подачи дополнительной серной кислоты улучшили процесс окисления железа в биореакторах.

Выводы

Опыты по подаче АВР с БОЖ с одновременной подачей дополнительной серной кислоты в маточники сорбции показали, что более эффективным будет использование технологии БОЖ вместе с подачей серной кислоты, что улучшит как работу биореакторов, так и растворение отложений на поверхности урансодержащих минералов в рудоносном слое, так как дополнительная серная кислота, подаваемая непосредственно на блок в присутствии трехвалентного железа в АВР, позволяет убрать вторичные образования (отложения) на поверхности минералов, обеспечивая доступ трехвалентного железа к урану, что в свою очередь повлечет интенсификацию выщелачивания урана на таком сложном геологическом объекте, как месторождение Семизбай. Также получены данные, что:

- дополнительная серная кислота в целом не влияет на активность бактерий, но требуется избегать появления периодических «ударных» доз серной кислоты при подаче в биореакторы;

- дополнительная серная кислота, подаваемая в биореактор, улучшает работу, что показано в результате проведенных исследований, а также следует из стереохимических соотношений уравнения окисления двухвалентного железа. Для окисления двух молекул двухвалентного железа необходима одна молекула серной кислоты и $\frac{1}{2} O_2$;

- при подаче дополнительной серной кислоты требуется равномерность подачи серной кислоты для стабильности протекания процессов, что можно обеспечивать работой насосов-дозаторов.

Резюмируя проведенные работы, можно сказать, что технология БОЖ с подачей дополнительной серной кислоты может иметь преимущество по сравнению с просто повышенной подачей серной кислоты, что подтверждается полученными результатами. Относительно низкие эксплуа-

тационные затраты на технологию БОЖ с дополнительной серной кислотой позволяют использовать эту технологию на стадии довыщелачивания (стадия доработки). Это позволяет сократить сроки стадии довыщелачивания и получить прирост добычи урана за счет устранения вторичных образований на минералах и активности ВР из-за увеличенного количества трехвалентного железа. Однако, экономическая целесообразность применения установок БОЖ как на стадии довыщелачивания, так и на стадии активного выщелачивания требует дополнительных исследований.

Полученные данные позволяют рекомендовать продолжение опытов по применению технологии на стадии активного выщелачивания при обеспечении экономических показателей по себестоимости.

Данная статья финансировалась Комитетом науки Министерства науки и высшего образования РК по теме АР14870909 «Геолого-минералогические исследования техногенных и природных руд для восполнения запасов и обеспечения их комплексной переработки».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Li M., Huang C.M., Zhang X.W., Gao F.Y., Wu X.Y., Fang Q. и др. Механизм извлечения обедненного урана путем предварительной обработки разбавленной щелочью в сочетании с кислотным выщелачиванием. // Гидрометаллургия. – 2018. – №180. – С. 201-209 (на английском языке)
2. Цой Б.В., Мырзахметов С., Язиков Е.Г., Бекботаева А.А., Башилова Е.С. Применение метода радиоволновой геоинтроскопии для изучения характера растекания растворов в процессе подземного выщелачивания урана. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2021. – №4(15). – С. 1-7 (на английском языке)
3. Юсупов Х.А., Алешин А.П., Башилова Е.С., Цой Б.В. Применение пероксида водорода для интенсификации подземного выщелачивания урана. // Обогащение руд. – 2021. – №2(392). – С. 21-26 (на русском языке)
4. Байбатша А.Б., Башилова Е.С. К вопросу о составе и технологических свойствах урановых руд Семизбайского месторождения (Северный Казахстан). // Комплексное Использование Минерального Сырья. – 2023. – №4(324). – С. 5-12 (на английском языке)
5. Монгуш Г.Р. Применение биотехнологии для переработки месторождений полезных ископаемых Тувы. // Новые исследования Тувы: электронный научный журнал. – 2010. – №1. – С. 228-242. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-biotehnologii-dlya-pererabotki-mestorozhdeniy-poleznyh-iskopaemyh-tuvu> (на русском языке)
6. Жаппар Н.К., Шайхутдинов В.М., Канафин Е.Н. и др. Изучение эффективности окисления двухвалентного железа в проточном биореакторе иммобилизованными бактериями. // Серия «Биология. Медицина. География». – 2018. – №3(91). – С. 77-83 (на русском языке)
7. Loren C., Bryner, Jay V. Beck, Delmar B. Davis, and Dean G. Wilson. Микроорганизмы при выщелачивании сульфидных минералов. // Промышленная и инженерная химия. Исследования. – 1954. – №46. – С. 2587-2592 (на английском языке)
8. Munoz, J., Gonzalez F., Blazquez M., Ballester A. Исследование биовыщелачивания испанской урановой руды. Часть I: Обзор бактериального выщелачивания при переработке урановых руд. // Гидрометаллургия. – 1995. – №38. – С. 39-57 (на английском языке)
9. Бектай Е.К., Алтынбек А.Д., Турысбекова Г.С., Шидерин Б.Н. Биовыщелачивание в рудоносном слое при ПСВ урана. // Сборник трудов IX-й международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности». Том I. – 2019. – С. 230-232 (на русском языке)
10. Алтынбек А.Д., Пернеш Е.Қ. Турысбекова Г.С., Бектай Е.К., Шидерин Б.Н. Технология бактериального окисления железа при ПСВ урана. // Сборник трудов IX-й международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Ч.1. – 2019. – С. 233-235 (на русском языке)
11. Турысбекова Г., Алтынбек А.Д., Бектай Е., Шидерин Б., Бектай М. Технология бактериального окисления железа при подземном скважинном выщелачивании урана. // Международный журнал фармацевтических исследований. – 2020. – №12(3). – С. 2988-2993 (на английском языке)

12. Шидерин Б., Бектай Е., Турысбекова Г., Алтынбек А.Д. Взаимодействие урана и бактерий (обзор). // Международная междисциплинарная научная геоконференция Геодезическая геология и управление горной экологией. – 2020. – Август (1.2), – С. 395-400 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ли М., Хуан С.М., Чжан Х.В., Гао Ф.И., Ву Х.И., Фанг Кью және т. б. Қышқылды шаймалаумен бірге сұйылтылған сілтімен алдын ала өңдеу арқылы таусылған уранның әсер ету экстракциялық механизмі. // Гидрометаллургия. – 2018. – №180. – Б. 201-209 (ағылшын тілінде)
2. Цой Б., Мырзахметов С., Язиков Е., Бекботаева А., Башилова Е. Уранды жер асты шаймалау процесінде ерітінділердің таралу сипатын зерттеу үшін радиотолқынды геointоскопия әдісін қолдану. // Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру. – 2021. – №4(15). – Б. 1-7 (ағылшын тілінде)
3. Юсупов Х.А., Алешин А.П., Башилова Е.С., Цой Б.В. Уранның жерасты шаймалануын күшейту үшін сутегі асқын тотығын қолдану. // Кендерді байыту. – 2021. – №2(392) – С. 21-26 (орыс тілінде)
4. Байбатша А.Б., Башилова Е.С. Семізбай кен орнындағы уран кендерінің құрамы мен технологиялық қасиеттері туралы мәселеге (Солтүстік Қазақстан). // Минералды Шикізатты Кешенді Пайдалану. – 2023. – №4(324). – Б. 5-12 (ағылшын тілінде)
5. Монгуш Г.Р. Туваның пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу үшін биотехнологияны қолдану. // Туваның жаңа зерттеулері: электрон. ғылыми. журнал. – 2010. – №1. – Б. 228-242. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-biotehnologii-dlya-pererabotki-mestorozhdeniy-poleznyh-iskopaemyh-tuvy> (орыс тілінде)
6. Жаппар Н.К., Шайхутдинов В.М., Канафин Е.Н. және т. б. Иммобилизацияланған бактериялармен ағынды биореактордағы темірдің тотығу тиімділігін зерттеу. // Биология. Медицина. География. – №3(91). – 2018. – Б. 77-83 (орыс тілінде)
7. Лорен С. Брайнер, Джей В. Бек, Делмар Б. Дэвис және Дин Г. Уилсон. Сульфидті минералдарды шаймалаудағы микроорганизмдер. // Өнеркәсіптік және инженерлік химия. Зерттеу. – 1954. – №46. – Б. 2587-2592 (ағылшын тілінде)
8. Муньос Дж., Гонсалес Ф., Бласкес М., Баллестер А. Испандық уран кенін биосілтілеуді зерттеу. I бөлім: Уран кендерін өңдеудегі бактериялық сілтілеуге шолу. // Гидрометаллургия. – 1995. – Т. 38. – Б. 39-57 (ағылшын тілінде)
9. Бектай Е.К., Алтынбек А.Д., Турысбекова Г.С., Шидерин Б.Н. Уранды жерасты ұңғымаларында шаймалау кезінде рудалы қабаттағы биосілтілеу. // «Уран өнеркәсібінің өзекті мәселелері» атты ІХ-ші ғылыми-практикалық халықаралық конференцияның еңбектер жинағы. – 1 бөл. – 2019. – Б. 230-232 (орыс тілінде)
10. Алтынбек А.Д., Пернеш Е.Қ., Тұрысбекова Г.С., Бектай Е.К., Шедерин Б.Н. Уранның ПСВ кезіндегі темірдің бактериялық тотығу технологиясы. // «Уран өнеркәсібінің өзекті мәселелері» атты ІХ-ші ғылыми-практикалық халықаралық конференцияның еңбектер жинағы. – 1 бөл. – 2019. – Б. 233-235 (орыс тілінде)
11. Тұрысбекова Г., Алтынбек А., Бектай Е., Шидерин Б., Бектай М. Уранды жерасты ұңғымада шаймалау кезіндегі темірдің бактериялық тотығу технологиясы. Халықаралық фармацевтикалық зерттеулер журналы. – 2020. – 12(3). – Б. 2988-2993 (ағылшын тілінде)
12. Шидерин Б., Бектай Ю., Тұрысбекова Г., Алтынбек А. Уранның бактериялармен өзара әрекеттесуі (шолу). Геодезиялық Геология және тау-кен экологиясын басқару жөніндегі халықаралық Пәнаралық ғылыми геоконференция. – 2020. – Тамыз (1.2). – Б. 395-400 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Li M., Huang C.M., Zhang X.W., Gao F.Y., Wu X.Y., Fang Q. et al. Extraction mechanism of depleted uranium exposure by dilute alkali pretreatment combined with acid leaching. // Hydrometallurgy. – 2018. – No.180. – P. 201-209 (in English)
2. Bertan Tsoy, Saifilmalik Myrzakhmetov, Egor Yazikov, Alma Bekbotayeva, Yelena Bashilova. Application of radio-wave geointoscopy method to study the nature of spreading the solutions in the process of uranium underground leaching. // Mining of Mineral Deposits. – 2021. – No.4(15). – P. 1-7 (in English)
3. Yusupov H.A., Alyoshin A.P., Bashilova E.S., Tsoi B.V. Primeneniye peroksida vodoroda dlya intensifikaczii podzemnogo vy`shhelachivaniya urana [Application of hydrogen peroxide for intensification of underground uranium leaching]. // Obogashhenie rud. = Ore Enrichment. – 2021. – No.2(392) – P. 21-26 (in Russian)
4. Baibatsha A.B., Bashilova E.S. On the matter of composition and technological properties of uranium ores of the Semizbai deposit (North Kazakhstan). // Complex Use of Mineral Raw Materials. – 2023. – Issue No.4(324). – P. 5-12 (in English)

5. *Mongush G.R. Primenenie biotekhnologii dlya pererabotki mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh Tuvy` [Application of biotechnology for processing mineral deposits of Tuva]. // Novy`e issledovaniya Tuvy`: e`lektronny`j nauchny`j zhurnal. = New studies of Tuva: electron. scientific journal. – 2010. – No.1. – P. 228-242. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-biotekhnologii-dlya-pererabotki-mestorozhdeniy-poleznykh-iskopaemykh-tuva> (in Russian)*
6. *Zhappar N.K., Shaikhutdinov V.M., Kanafin E.N. etc. Study of the efficiency of the oxidation of divalent iron in a flowing bioreactor by immobilized bacteria, Series «Biology. Medicine. Geography». – No.3(91). – 2018. – P.77-83 (in English)*
7. *Loren C. Bryner, Jay V. Beck, Delmar B. Davis, and Dean G. Wilson Microorganisms in Leaching Sulfide Minerals. // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 1954. – Vol. 46. – P. 2587-2592 (in English)*
8. *Munoz. J., Gonzalez F., Blazquez M., Ballester A. A study of the bioleaching of a Spanish uranium ore. Part I: A review of the bacterial leaching in the treatment of uranium ores. // Hydrometallurgy. – 1995. – Vol. 38. – P. 39-57 (in English)*
9. *Bektaı E.K., Altynbek A.D., Turysbekova G.S., Shiderin B.N. Biovy`shhelachivanie v rudonosnom sloe pri PSV urana [Bioleaching in the ore-bearing layer during underground well leaching of uranium]. // Sbornik trudov IX-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferenczii «Aktual`ny`e problemy` uranovoy promy`shlennosti». = Proceedings of the IX-th International scientific and practical conference «Actual problems of the uranium industry». – Part I. – 2019. – P. 230-232 (in Russian)*
10. *Altynbek A.D., Pernesh E.K. Turysbekova G.S., Bektaı E.K., Shiderin B.N. Tekhnologiya bakterial`nogo okisleniya zheleza pri PSV urana. [Technology of bacterial oxidation of iron at uranium ISL]. // Sbornik trudov IX-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferenczii «Aktual`ny`e problemy` uranovoy promy`shlennosti». = Proceedings of the IX-th International scientific and practical conference «Actual problems of the uranium industry». – Part I. – 2019. – P. 233-235 (in Russian)*
11. *Turysbekova G., Altynbek A., Bektay E., Shiderin B., Bektav M. Technology of bacterial oxidation of iron in underground uranium borehole leaching. // International Journal of Pharmaceutical Research. – 2020. – 12(3). – P. 2988-2993 (in English)*
12. *Shiderin B., Bektay Y., Turysbekova G., Altynbek A. Uranium-Bacteria Interaction (Overview). International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. – 2020. – 2020-August (1.2). – P. 395-400 (in English)*

Сведения об авторах:

Башилова Е.С., докторант Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), elenab84@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9765-0426>

Байбатша А.Б., д-р геолого-минералогических наук, профессор Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), baibatsha48@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9521-7872>

Авторлар туралы мәліметтер:

Башилова Е.С., Satbayev University докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Байбатша А.Б., геология-минералогия ғылымдарының докторы, Satbayev University профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Bashilova E.S., doctoral student of Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Baibatsha A.B., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)



Инновационные решения и доказанная эффективность



ME Elecmetal обладает знаниями, опытом и производственными возможностями для обеспечения вашего предприятия надежными и эффективными решениями в технологиях дробления и измельчения. Гарантированное увеличение производительности и уменьшение времени простоя оборудования!

Изнашиваемые детали для мельниц и дробилок всех типов

- Полусамоизмельчения
- Самоизмельчения
- Шаровых
- Стержневых
- Гирационных
- Щековых
- Конусных
- Вертикальных



ME FIT Grinding

ME Elecmetal

Тел: +7 914 880 4545
+7 777 247 0787
+1 778 875 7525

Эл.Почта: russia@meglobal.com
www.me-elecmetal.com

Код МРНТИ 52.13.23

V.F. Demin¹, B.E. Issakov¹, *A.M. Suimbayeva¹, E. Bilisbekkyzy²¹*Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan),*
²*Zhetysu State University named after Ilyas Zhansugurov (Taldykorgan, Kazakhstan)*

JUSTIFICATION OF PARAMETERS FOR MAINTAINING MINE WORKINGS IN THE CONDITIONS OF COAL MINES

Abstract. At greater depths of development of seams in the Karaganda basin, the multiplicity of intersection of mine workings reaches a value of 2, 3 and even 4. In general, maintenance costs increase with depth and account for 5% of total costs at shallow depths, and up to 15% at greater depths. Therefore, the problem of protecting and maintaining mine workings at great depths in the Karaganda basin is becoming a topical issue in the technology of coal mining. One of the rational ways to improve the condition of mine workings and save material resources is the use of anchoring. The volume of implementation of anchoring of mine workings in the mines of the Karaganda coal basin is currently 60% in pure form, and 25% – with combined fastening. The presented practical recommendations allow us to recommend progressive technological schemes of anchoring of mine workings to ensure the production of anchoring in the zone with high stresses in the contour rocks and are aimed at improving the technology and means of anchoring of mine workings.

Key words: rock mass stabilization, safety, numerical modeling, coal mines, deformations, near-contour rocks.

Көмір шахталары жағдайында тау-кен қазбаларын қолдау параметрлерін негіздеу

Аннотация. Қарағанды бассейніндегі қабаттарды игерудің үлкен тереңдігінде қазба қазбаларын қайта бекіту жиілігі 2, 3 және тіпті 4 шамасына жетеді. Жалпы алғанда, техникалық қызмет көрсету шығындары тереңдіктің өсуімен артады және жалпы шығындарда таяз тереңдікте 5%, ал үлкен шығындарда 15% құрайды. Сондықтан Қарағанды бассейнінде терең тереңдікте қазба қазбаларын қорғау және қолдау мәселесі көмір өндіру технологиясында өзекті болып табылады. Қазбалардың жай-күйін жақсартудың және материалдық ресурстарды үнемдеудің ұтымды жолдарының бірі анкерлік бекіткішін қолдану болып табылады. Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында қазбаларды анкерлік бекітуді енгізу көлемі қазіргі уақытта таза күйінде 60% және аралас (аралас) бекітпе кезінде 25% құрайды. Келтірілген практикалық ұсыныстар контур маңындағы жыныстардағы кернеулері жоғары аймақта бекіту жұмыстарын жүргізуді қамтамасыз ету үшін тау-кен қазбаларын анкерлік бекітудің прогрессивті технологиялық схемаларын ұсынуға мүмкіндік береді және қазбаларды анкерлік бекіту технологиясы мен құралдарын жетілдіруге бағытталған.

Түйінді сөздер: тау жыныстарын тұрақтандыру, қауіпсіздік, сандық модельдеу, көмір шахталары, деформациялар, контурдан тыс жыныстар, терең тереңдіктегі қазбалар.

Обоснование параметров поддержания горных выработок в условиях угольных шахт

Аннотация. На больших глубинах разработки пластов в Карагандинском бассейне кратность перекрепления выемочных выработок достигает величины 2, 3 и даже 4. В целом, расходы на поддержание увеличиваются с ростом глубины и составляют в общих расходах на малых глубинах 5%, а на больших – до 15%. Поэтому проблема охраны и поддержания выемочных выработок на большой глубине в Карагандинском бассейне становится актуальной в технологии добычи угля. Одним из рациональных путей улучшения состояния выработок и экономии материальных ресурсов является применение анкерной крепи. Объем внедрения анкерного крепления выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна составляет в настоящее время 60% в чистом виде и 25% – при смешанной (комбинированной) крепи. Изложенные практические рекомендации позволяют рекомендовать прогрессивные технологические схемы анкерного крепления горных выработок для обеспечения производства работ по креплению в зоне с повышенными напряжениями в приконтурных породах и направлены на совершенствование технологии и средств анкерного крепления выработок.

Ключевые слова: стабилизация горного массива, безопасность, численное моделирование, угольные шахты, деформации, приконтурные породы, средства глубокого заложения.

Introduction

The solution of the problem of improving the technology of fastening and reliable maintenance of preparatory mine workings plays an important role in improving the efficiency of mining production. The costs of mine workings are quite significant and amount to 15-20% of the cost of mining operations. Sustainable maintenance of preparatory mine workings also requires significant costs for their repair, both before and after the commissioning of the mining faces, which amount to 15-20% of the cost of mine workings [1-3]. At the existing depths of development in the basin (600-850 m) in the Karaganda coal basin by modern fasteners is impossible to achieve no-repair maintenance of mine workings. Currently, at greater depths of development of seams in the Karaganda basin, the multiplicity of reinforcement and undermining of the soil of mine workings reaches a value of 2, 3 and even 4. In general, maintenance costs increase with depth and account for up to 5% of total costs at shallow depths and up to 15% at greater depths. Therefore, the problem of protecting and maintaining mine workings at great depths in the Karaganda basin is becoming a topical issue in the technology of coal mining.

Experimental part

One of the rational ways to improve the condition of mine workings and save material resources is the use of anchoring.

The volume of implementation of anchoring of mine workings in the mines of the Karaganda coal basin is currently an average of 60% in pure form, and 25% – with mixed (combined) fastening.

To ensure a high level of loading on the face, its advance should be 8-12 m/day, and for the preparation of reserves the rate of preparatory workings should be at least 15-25 m/day.

In modern conditions in the world practice in coal mines at long drifts three schemes of targetless technology are used: with preservation of workings for reuse; with conducting of workings in the cut to the mined-out space; with conducting of twin workings with excavation of the pillar between them by the adjacent longwall face.

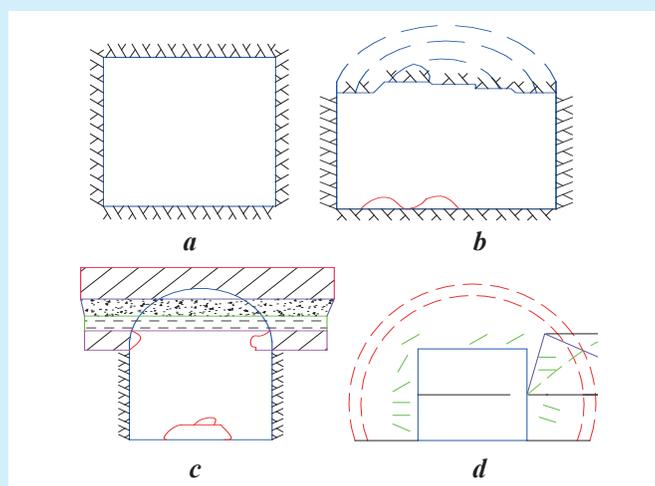
The most progressive scheme of the no-target technology is the technology of preparation and mining of seams with preservation of mine workings on the border with the mining area during the mining of the adjacent longwall face. In this case, the stability of reused workings is ensured by creating a supporting layer of rocks by using two-level deep anchoring and high load-bearing capacity anchoring in combination with reinforcing support [4-6].

Anchor support of the second level, installed in the excavation when the roofing shifts up to 50 mm after the installation of the main anchor support, creates a load-bearing layer

of rocks, which takes the load from the overlying deformed roofing rocks that occur in the zone of influence of the cleaning operations, the bearing capacity of which decreases with increasing shifts in the used excavation.

An important step in establishing the parameters of mine support is the evaluation of rock caving schemes and parameters of anchoring installation.

The shape and size of the potential caving zone around the excavation depends on the structure of the rocks in the roof, sides and soil (Figure 1).



a – stable; b – formation of the vault of natural equilibrium in the roof and soil; c – formation of the vault in plastic stable rocks in the roof and soil; d – formation of the fracture zone in the roof and sides of the excavation.

Figure 1. Forms of rock outcrops in preparatory workings.

Сурет 1. Дайындық қазбаларындағы тау жыныстарының жай күйінің нысандары.

Рис. 1. Формы состояния обнажений горных пород в подготовительных выработках.

In this case, the state of outcrops and loss of rock stability can be: stable (when conducting excavations in stable rocks); with the formation of the vault of natural equilibrium (in stable rocks), vault in plastic stable rocks (medium stable rocks, outside the influence of mining) or a zone of rock failure in the roof and sides (possibly and the soil) excavation (in the influence of mining, supportive pressure, disturbed areas).

Reducing the degree of influence of the sliding prism on the sides in the used excavations fixed by both frame and anchor support is achieved by installing in them the anchoring support with the rod length determined by the strength of the lateral rocks not exceeding 2.4 m, including the two-level steel-polymer anchoring support with the anchor rod length of 5.0 m and more, the strength of the rod fastening in the rock – 130-160 kN, determining the sequence of installation of steel-polymer anchorage and the first and the second level, taking into account the strength of the host rock, the excavation span and the caving factor and stability ensures a stable condition of the used excavations in the zone of influence of the mining works.

It is established that in the time interval before the anchorage of the workings with the strengthening anchors at any stage of the intensity of the rock pressure displacement of the roof rocks should not exceed 50 mm; displacements of 50, 100, 150, 200 mm lead to the reduction of the bearing capacity of the consolidated system «deformed rocks, pierced with the anchor rods» by 15, 50, 55, 65 percent respectively. Due to the sliding prisms on the sides of the workings, the span is increased by the value of twice the value of the roof displacement in the middle of the workings and is 0.5 – 1.7 m. To eliminate these negative phenomena, an anchoring support with the length of the anchor rod determined by the depth of the excavation is installed on the sides of the workings.

The width of the rock failure zone at medium depths is 2.1 to 2.6 times, and at greater depths it is 1.7 to 2.2 times less than the width of the sliding prism, provided that the rock failure occurs in uniaxial compression conditions. At a greater distance the rocks of the sliding prism are in volumetric compression, anchor rods 2.4 m long and more, fixed in this area, have the value of pulling force 60-80 kN, providing a reduction in the displacement of rocks in the sides of workings up to 200-250 mm. With increase in the depth of development (up to 750-800 m) the cross-section of mine workings increases (up to 18-20 m²) and the maintenance period of 3-5 years, displacements of the roof rocks (0.3-0.5 m and more) and soil (0.4-0.6 m and more) on their contour grow at the support load (up to 800-900 kN) which requires increased density of frame roof support (2.6-2.7 frames/step. m and mixed fastening) and causes increased costs for mine workings.

Results and discussions

The results of the comparative analysis testify to more complicated conditions of maintaining the workings formed behind the face in 1,3-2,5 times and reused 1,7-3,5 times compared with the near-mine and workings, passed in the coal massif.

Numerical values can be obtained by calculating the manifestations of rock pressure (table 1).

The maximum stresses for the sides of the excavation are:

$$\delta_{\max} = k_1 \gamma H.$$

The minimum stresses for the roof of the excavation are:

$$\delta_{\min} = k_2 \lambda_1 \gamma H,$$

where k_1, k_2 – coefficients of compressive, tensile stresses (in fractions of δ_x), according to the table;

λ_1 – the coefficient of lateral spreading is calculated as

$$\lambda_1 = \frac{\mu}{1 - \mu},$$

μ – Poisson's ratio (transverse and longitudinal deformations),

$$\mu = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_l},$$

γ – average density of the rock massif;

H – working depth (in the event of disturbances, $H_p = 1.5H$ – according to SNiP II – 94 – 80).

Table 1

Parameters of stresses around the excavation

Кесте 1

Ойықтың айналасындағы кернеу параметрлері

Таблица 1

Параметры напряжений вокруг выемки

| Sectional shape of the excavation | Vault parameters (in fractions of the excavation width) | | | Stress concentration coefficients | | Dimensions of the tensile stress zone | | Note |
|-----------------------------------|---|--------------------|---------------------|--|---|---|---|--|
| | axial arc radius, R | side arc radius, r | vault height, h_0 | compressing in the sides k_1 (in fractions of $\gamma \cdot H$) | tensile in the roof k_2 (in fractions of $\lambda_1 \cdot \gamma \cdot H$) | roof width (in fractions of the excavation width) | height (in fractions of the vault height) h_0 | |
| Right charcoal-convex | 0,905 | 0,173 | 1/4 | 2 | 0,4 | 0,35 | 0,3 | For breeds with $f > 12$ |
| $f > 12$ | | | | | 0,3 | 0,3 | 0,1 | For breeds with $f \leq 12$ |
| same | 0,692 | 0,262 | 1/3 | 2 | 0,25 | 0,28 | 0,08 | Equation of the outline of the vault $y = x^2/0,5Btg\varphi$ |
| $f \leq 12$ | | | | | 0,23 | 0,25 | 0,07 | For breeds with $\varphi = 39^\circ$ |
| same | 0,5 | - | 1/2 | 2 | 1,0 | 0,9 | 0,15 | In fractions of the roof width Ratio of bases to height (at $\alpha = 80^\circ$) 1:1,45:1,6 |

The quality of anchoring of mine workings largely depends on the reasonable location of anchors in the excavation, taking into account the bedding and the choice of anchoring parameters (diameter, their length, the ratio of the diameter of the borehole and the diameter of the armature and polymer ampoules of anchors and the curing rate of the fixing compound

located in them), which ensures the effectiveness of the anchoring technology and chemical hardening of the massif.

When developing the excavation anchoring scheme, the geomechanical basis of the calculation is as follows:

- formation of the bearing beam with anchors of the first level;

- rocks of the mine roof outside the natural pressure vault have less displacement and more resistance to loads than rocks in the vault;

- displacement of the roof rocks behind the face leads to an increase in the span of the pressure vault by the amount of possible destruction of the workings sides and, accordingly, a significant increase in the size of the natural pressure vault;

- linking the near-contour rock massif in the natural state of pressure with the overlying rocks by means of deep-laid anchors, leads to suspension of the formed bearing beam of rocks to the stable massif and balancing the load on the workings support.

As a result of strengthening the roof support with rope anchors, the strength of the contour rock mass at the junction of the face with the working face, in the zones of support pressure from the working face and the impact of the waste space increases, and the load on the shield of the drift is redistribut-

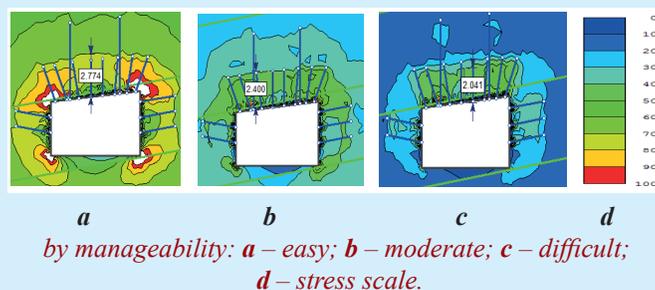


Figure 2. Development of deformations depending on the controllability

of the reservoir roof rocks in the support pressure zone ahead of the face.

Сурет 2. Лаваның алдындағы тірек қысым аймағында шатыр жыныстарының қабаттардың өңделуіне байланысты деформациялардың дамуы.

Рис. 2. Развитие деформаций в зависимости от управляемости пород кровли пласта в зоне опорного давления впереди лавы.

ed. Binding of the rock massif with deep anchors provides a delay in its displacement, and after planting the roof behind the mechanized complex, there is a back-up of the hardened massif with broken rocks.

In this case, the support is calculated in such a way as to ensure safe working conditions at the interface of the working face with the adjacent mine working, subsequently preserving

the mine for use and maintenance without repair for its entire service life.

Preservation of mine workings by means of rope anchors in low- and medium-power seams made it possible to achieve the following results:

- reduction of manifestations of advanced mining pressure on the stability of drifts;

- reuse for ventilation purposes (venting workings, gas drainage channel, combined scheme of ventilation of the working face) and provision of emergency exits;

- implementation of a no-target mining scheme (reducing the volume of preparatory mine workings by about half, increasing the reserves recovery rate);

- ensuring the operation of the mechanized complex without the coupler support and increasing the load on the face by reducing the time of the end operations.

Figure 2 shows the development of deformations depending on the controllability of the bed roof rocks in the zone of support pressure in front of the face when modeling the contour rocks using the software complex Ansys [7].

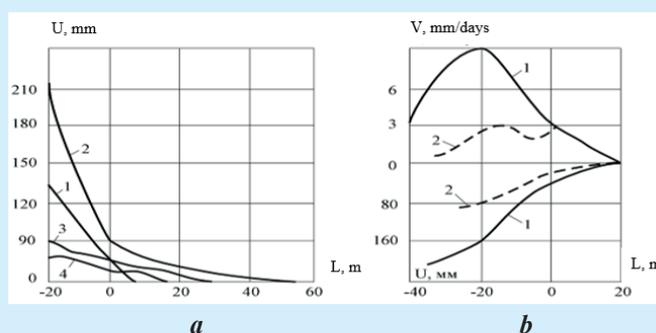
When processing the data modeling and comparing them with the production information obtained characteristics of changes in the deformations (U , m) depending on the distance to the mine face (L , m) for mine workings «Kazakhstan» Karaganda Coal Basin – figure 3.

At displacements of more than 200 mm, the layered rock structure, pressed by the anchor rods of the main support, loses its carrying capacity, and the reinforcement struts together with the retaining elements hold the stratified rock. In this situation, it is not uncommon to play with retaining elements and rock falls into the excavation [8-10].

Conclusions

During the excavation, the first level of anchoring is installed. Anchoring with an anchor rod length of 2.4 m ensures the formation of an elastic, layered rock beam. The second level of the anchor support with an anchor rod length of 5.0 m or more is set at a distance of $0.1H$ in the support pressure zone. This provides for a reduction in the use of additional hydraulic retaining struts up to 85%.

Monitoring of the mine workings condition showed that the displacement of the workings roof rocks completely subsides



1 – displacement of the sides of the conveyor drift $45m_1$; 2 – displacement of the roof and soil of the ventilation drift $45m_1$; 3 – displacement of the sides of the formation fracture m_1 ; 4 – general displacement of the roof and soil of the t_1 seam junction of the Kazakhstanskaya mine.

1 – lateral displacement and the rate of deformation of the formation's fracture m_1 ; 2 – side displacement and deformation rate of the ventilation drift $45t_1$ – of the Kazakhstanskaya mine.

a – deformations of the workings roof contour;
b – lateral displacements and displacement rates.

Figure 3. Variations of deformations depending on the distance to the face.

Сурет 3. Лаваға дейінгі қашықтыққа байланысты деформацияның өзгеруі.

Рис. 3. Изменения деформаций в зависимости от расстояния до лавы.

at a distance of 150-200 m after the longwall face passage. This allows us to conclude that it is technically possible to preserve mine workings in order to use them in these mining conditions.

The identified patterns of change in the stress-strain state of coal rock masses (displacements, stresses, cracking zones) depending on the main mining and geological and mining engineering factors will allow under specific operating conditions to establish the optimal parameters of support to increase the stability of preparatory mine workings.

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP13268891).

REFERENCES

1. *Zadachnik po gornym rabotam, provedeniyu, kreplenyu gornyh vyrabotok [Task book on mining, conducting, fixing mining workings]. // M.: Nedra. – 1985. – P. 23 (in Russian)*
2. *SHarr F. Poslednie novshestva v ankernom kreplenii porod na shahtah gosudarstvennogo ugol'nogo upravleniya Velikobritanii [The latest innovations in the anchoring of rocks in the mines of the State Coal Administration of Great Britain]. // Doklady na simpoziume po ankernomu kreplenyu. = Presentations at the Anchorage Symposium. – London. – 1984. – P. 268-281 (in Russian)*
3. *Hudson J.A., Harrison J.P. Engineering Rock Mechanics. // Part 2. London. – 1997. – P. 39 (in English)*
4. *Burova E.G., Kurkov V.G., Koryakin A.G., Markov S.I. Metody ukrepleniya gornyh vyrabotok s ispol'zovaniem zamkovogo mekhanizma iskusstvennyh kavern [Methods of strengthening of mine workings using the locking mechanism of artificial caverns]. // Gornyi informacionno-analiticheskiy byulleten. = Mining informational and analytical bulletin. – 2017. – No.5. – P. 196-206 (in Russian)*
5. *Dmitriev V.P., Dudnikov A.N., Troyanov I.N. Mekhanizirovannoe vedenie vyrabotok s nadstroeniem i kontrol' nad skhemoj podgotovki lavy v gornyh massivah [Mechanized guidance of workings with*

superstructure and control over the face preparation scheme in rock massifs]. // *Gornyi informacionno-analiticheskij byulleten.* = Mining informational and analytical bulletin. – 2018. – No.2. – P. 201-208 (in Russian)

6. Kalandar'yan A.A., Kashaev N.K., Klimov YU.S., Rahmatullin R.F., Yashin V.E. *Tekhnologicheskie i konstruktivnye resheniya po sohraneniyu i povtornomu ispol'zovaniyu vyrabotok* [Technological and constructive solutions for the preservation and reuse of mine workings]. // *Gornyi informacionno-analiticheskij byulleten.* = Mining informational and analytical bulletin. – 2019. – No.7. – P. 266-278 (in Russian)
7. Sidsmen R. *Obzor ankernogo krepleniya na shahtah Karagandy* [Review of anchor fastening in Karaganda mines]. // *ArcelorMittal. AC-R03.* – 2010. – P. 35 (in Russian)
8. Karzhaubaev S.M. *Razrabotka metodiki vybora parametrov ankernoj krepі dlya vedeniya gornyh rabot na ugol'nyh mestorozhdeniyah* [Development of a methodology for choosing parameters of anchor support for mining operations in coal deposits]. // *Gornyi informacionno-analiticheskij byulleten.* = Mining informational and analytical bulletin. – 2016. – P. 287-292 (in Russian)
9. Veksler YU.A., Demin V.F., Balabas A.YU. *Komp'yuternoe modelirovanie napryazhennogo sostoyaniya vokrug gornyh vyrabotok (tezisy)* [Computer modeling of stress state around mining workings (abstracts)]. // *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Informacionno-kommunikacionnye tekhnologii v industrii, obrazovanii i nauke».* = Proceedings of the International Symposium «Information and Communication Technologies in Industry, Education and Science». – Part 3. – 2012. – P. 68-70 (in Russian)
10. Demin V.F., Bajmul'din M.M., Demin V.V. *Vliyanie ugla ustanovki ankernoj krepі na deformacii massiva gornyh porod (tezisy)* [Influence of the angle of installation of anchor fastening on the deformation of rock mass (abstracts)]. // *Materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Klyuchevye aspekty nauchnoj deyatel'nosti, Tekhnicheskie nauki».* = Proceedings of the IX International Scientific-Practical Conference «Key Aspects of Scientific Activity, Technical sciences». – No.16. – Praga (Czech), Science studio. – 2013. – P. 68-72 (in Russian)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Тау-кен жұмыстары, тау-кен қазбаларын жүргізу, бекіту жөніндегі міндетші.* М.: Жер қойнауы. – 1985. – Б. 23 (орыс тілінде)
2. Шар Ф. *Ұлыбританияның мемлекеттік көмір басқармасы шахталарында тау жыныстарын якорьмен бекітудегі соңғы жаңалықтар.* // Анкерді бекіту симпозиумындағы баяндамалар. – Лондон. – 1984. – Б. 268-281 (орыс тілінде)
3. Хадсон Д.А., Харрисон Д. *Тау жыныстарының инженерлік механикасы.* 2 Бөлім. – Лондон. – 1997. – Б. 39 (ағылшын тілінде)
4. Бурова Е.Г., Курков В.Г., Корякин А.Г., Марков С.И. *Жасанды жабындардың құлыптау механизмін қолдана отырып, тау-кен қазбаларын нығайту әдістері.* Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2017. – №5. – Б. 196-206 (орыс тілінде)
5. Дмитриев В.П., Дудников А.Н., Троянов И.Н. *Көңіл-күймен қазбаларды механикаландырылған жүргізу және тау жоталарында лаваны дайындау схемасын бақылау.* Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2018. – №2. – Б. 201-208 (орыс тілінде)
6. Каландарьян А.А., Кашаев Н.К., Климов Ю.С., Рахматуллин Р.Ф., Яшин В.Е. *Қазбаларды сақтау және қайта пайдалану жөніндегі технологиялық және конструктивтік шешімдер.* Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2019. – №7. – Б. 266-278 (орыс тілінде)
7. Сидсмен Р. *Қарағанды шахталарында анкерлік бекітуге шолу.* АрселорМиттал. АСР-03. – 2010. – Б. 35 (орыс тілінде)
8. Каржаубаев С.М. *Көмір кен орындарында тау-кен жұмыстарын жүргізу үшін анкерлік бекіткішінің параметрлерін таңдау әдістемесін әзірлеу.* Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2016. – Б. 287-292 (орыс тілінде)
9. Векслер Ю.А., Демин В.Ф., Балабас А.Ю. *Тау-кен жұмыстарының айналасындағы шиеленісті күйді компьютерлік модельдеу (тезистер).* «Индустриядағы, білім берудегі және ғылымдағы ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» халықаралық симпозиумының еңбектері. 3-бөлім. – 2012. – Б. 68-70 (орыс тілінде)
10. Демин В.Ф., Баймульдин М.М., Демин В.В. *Якорьді бекіту бұрышының тау жыныстары массивінің деформациясына әсері (тезистер).* «Ғылыми қызметтің негізгі аспектілері» IX Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. Шығ. 16. Техникалық ғылымдар, Пржемисл-Прага (Чехия), ғылым студиясы. – 2013. – Б. 68-72 (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Задачник по горным работам, проведению, креплению горных выработок.* М.: Недра. – 1985. – С. 23 (на русском языке)

2. Шарр Ф. Последние новшества в анкерном креплении пород на шахтах государственного угольного управления Великобритании. // Доклады на симпозиуме по анкерному креплению. – Лондон. – 1984. – С. 268-281 (на русском языке)
3. Хадсон Дж.А., Харрисон Дж.П. Инженерная механика горных пород. Ч. 2. – Лондон. – 1997. – С. 39 (на английском языке)
4. Бурова Е.Г., Курков В.Г., Корякин А.Г., Марков С.И. Методы укрепления горных выработок с использованием замкового механизма искусственных каверн. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – №5. – С. 196-206 (на русском языке)
5. Дмитриев В.П., Дудников А.Н., Троянов И.Н. Механизированное ведение выработок с надстроением и контроль над схемой подготовки лавы в горных массивах. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – №2. – С. 201-208 (на русском языке)
6. Каландарьян А.А., Кашаев Н.К., Климов Ю.С., Рахматуллин Р.Ф., Яшин В.Е. Технологические и конструктивные решения по сохранению и повторному использованию выработок. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – №7. – С. 266-278 (на русском языке)
7. Сидсмен Р. Обзор анкерного крепления на шахтах Караганды. АрселорМиттал. АС-RO3. – 2010. – С. 35 (на русском языке)
8. Каржаубаев С.М. Разработка методики выбора параметров анкерной крепи для ведения горных работ на угольных месторождениях. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – С. 287-292 (на русском языке)
9. Векслер Ю.А., Демин В.Ф., Балабас А.Ю. Компьютерное моделирование напряженного состояния вокруг горных выработок (тезисы). Труды Международного симпозиума «Информационно-коммуникационные технологии в индустрии, образовании и науке». Ч. 3. – 2012. – С. 68-70 (на русском языке)
10. Демин В.Ф., Баймульдин М.М., Демин В.В. Влияние угла установки анкерной крепи на деформации массива горных пород (тезисы). Материалы IX Международной научно-практической конференции «Ключевые аспекты научной деятельности». Вып. 16. Технические науки, Пржемисл-Прага (Чехия), Наука студия. – 2013. – С. 68-72 (на русском языке)

Information about authors:

Demin V.F., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Mining of mineral deposits», Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan), vladfdemin@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1718-856X>

Issakov B.E., Doctoral student of the Department of «Mining of mineral deposits», Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan), isbekjan@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1028-2270>

Suimbayeva A.M., PhD, senior lecturer of the Department of «Mine aerology and labor protection», Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan), aygerim_86@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-6582-9977>

Bilisbekkyzy E., Master of Technical Sciences, teacher-lecturer of Zhetysu University named after Ilyas Zhansugurov (Taldykorgan, Kazakhstan), enlik_9193@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6290-4000>

Авторлар туралы мәліметтер:

Демин В.Ф., техника ғылымдарының докторы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Исаков Б.Е., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Суимбаева А.М., техника ғылымдарының кандидаты, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің «Кеніштік аэрология және еңбекті қорғау» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Білісбекқызы Е., техника ғылымдарының магистрі, І. Жансүгіров атындағы ЖУ университетінің оқытушы-дәріскері (Талдықорған қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Демин В.Ф., доктор технических наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского технического университета им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

Исаков Б.Е., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского технического университета им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

Суимбаева А.М., кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Рудничная аэрология и охрана труда» Карагандинского технического университета им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

Билисбекқызы Е., магистр технических наук, преподаватель-лектор Жетысуского университета им. Ильяса Жансугурова (г. Талдықорған, Казахстан)

RopeCon®

Инновация в транспортировке сыпучих материалов

Повсюду, где необходима транспортировка сыпучих грузов – будь это в непроходимой местности, с пересечением водоёмов, дорог и зданий по трассе – RopeCon® безотказно её обеспечит!

Длинные дистанции, производительность до 25'000 тонн в час, минимальное воздействие на окружающую среду, а также бесшумная работа и низкие эксплуатационные расходы – всё это неоспоримые факты, которые убеждают ведущие предприятия горнодобывающей промышленности.

doppelmayr-mts.com



С Днем шахтера!

Код МРНТИ 38.35.91; 38.33.15

*Г.К. Бекенова¹, В.В. Перегудов¹, В.Л. Левин¹, К. Шаймуратқызы²¹Товарищество с ограниченной ответственностью «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева»,
Сатпаев университет (г. Алматы, Казахстан),²Частная компания «QAZAQDIAMONDS LTD» (г. Астана, Казахстан)

ТОНКОДИСПЕРСНОЕ ЗОЛОТО ОТКРЫТЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД КУМДЫКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. Впервые в береговых песках озера Кумдыколь, в корях выветривания и коренных алмазосодержащих породах месторождения установлена золотоносность (механический ореол). Обработка проб проводилась в центробежных полях, усиленных высокочастотной вибрацией рабочих органов, улавливающих золото на каскаде вибровинтового сепаратора и виброцентробежного аппарата. Содержание золота в озерных песках (г/т) до 3,06; в корях выветривания до 2,14; в коренных рудах пироксенитов до 1,52; в кальцифирах и флотоконцентрате из алмазосодержащих графитизированных гнейсов до 80-100. Установлены особенности свободного самородного золота в коренных алмазосодержащих рудах (кальцифирах) и флотоконцентрате. Золото имеет сквозной характер распространения от коренных пород, коры выветривания и осадочных пород береговой зоны озера Кумдыколь.

Ключевые слова: тонкодисперсное золото, алмазосодержащие руды, кальцифиры, кора выветривания, гравитационное обогащение, технологические испытания проб, электроннозондовый микроанализ, рентгенофазовый анализ, Кумдыкольское месторождение алмазов, Казахстан.

Кумдыкөл кен орнының ашық мору қыртысының және құрамында алмаз бар кендердің жұқа дисперсті алтыны

Андатпа. Алғаш рет Кумдыкөл көлінің жақын жағалау кумдарында. Кумдыкөл кен орнының мору қыртыстарында және құрамында алмаз бар Кумдыкөл кен орнының кендерінде алтын (механикалық ореол) табылды, ол тек Кумдыкөл кен орнын ғана емес, бүкіл өңірді игеруде жана перспективалар ашады. Өзірленген әдіс бойынша Кумдыкөл сынамаларын өңдеу алтынды вибровинтті сепаратор мен виброцентрифугалық аппараттың каскадында ұстайтын жұмыс органдарының жоғары жиілікті дірілімен күшейтілген ортадан тепкіш өрістерде жүргізілді. Көл кумдарындағы алтын мөлшері (г/т) 3,06-ға дейін; ауа райының қыртысында 2,14-ке дейін; пироксениттердегі байырғы кендерде 1,52-ге дейін; құрамында алмаз бар графиттелген гнейстерден жасалған кальцифирлер мен флотоконцентраттарда 80-100-ге дейін. Құрамында алмаз бар байырғы кендерде (кальцифирлерде) және флотоконцентратта бос саф алтынның ерекшеліктері анықталды. Алтын Кумдыкөл көлінің кенорнын тірейтін жағалау аймағының тау жыныстарынан, мору қыртысының қабығынан және шөгінді жыныстарында өткізгіш таралу сипатына ие.

Түйінді сөздер: жұқа дисперсті алтын, құрамында алмаз бар кендер, кальцифирлер, мору қыртысы, гравитациялық байыту, сынамаларды технологиялық сынау, электронды-зондтық микроанализ, рентгенфазалық талдау, Кумдыкөл алмаз кен орны, Қазақстан.

Dispersed gold of weathering crusts and diamond-bearing ores of the Kumdykol deposit

Abstract. For the first time in coastal sands of the lake Kumdykol, in the weathering crusts and rough diamond-bearing rocks of the Kumdykol deposit, gold content (mechanical halo) has been established. The processing of Kumdykol samples was carried out in centrifugal fields enhanced by high-frequency vibration of working bodies that capture gold on the cascade of a vibrating separator and a vibration-centric apparatus. Gold content in lake sands (g/t) up to 3.06; in weathering crusts 2.14; in indigenous pyroxenite ores 1.52; in calcifires and flotation concentrate from diamond-containing graphitized gneiss 80-100. The features of free native gold in indigenous diamond-bearing ores (calcifires) and flotation concentrate have been established. Gold has a cross-cutting nature of spreading from bedrock, weathering crust and sedimentary rocks of the coastal zone supporting the deposit of Lake Kumdykol.

Key words: dispersed gold, diamond-bearing ores, calcifires, weathering crust, gravity enrichment, technological testing of samples, electron-probe microanalysis, X-ray phase analysis, Kumdykol diamond deposit, Kazakhstan.

Введение

Кумдыкольское месторождение алмазов расположено в западной части алмазонасной зоны на южном берегу оз. Кумдыколь, в 30 км на юго-запад от г. Кокшетау. Геологическая обстановка описана в многочисленных источниках [1-10]. Свидетельства о комплексном характере минерализации алмазосодержащих пород заставили исследователей пересмотреть имеющийся материал и попытаться оценить перспективы Кумдыкольского месторождения как на алмазонасность, так и на присутствие золота, урана и, возможно, платиноидов. Работы проводились по оценке на золото открытых кор выветривания алмазосодержащих руд. Было отработано пять проб, характеризующих как кору выветривания, так и береговые отложения озера Кумдыколь. Пробы отбирались экскаваторным способом с глубины 1,0-1,5 м.

Цель работы: выявление золота на Кумдыкольском месторождении для повышения его коммерческой привлекательности.

Задачи:

1. Получение продуктов обогащения береговых песков, кор выветривания и коренных алмазосодержащих пород по разработанной авторами методике;

2. Изучение продуктов обогащения для выявления золота различной размерности.

Пробоподготовка и методы исследования

По разработанной методике обработка кумдыкольских проб проводилась в центробежных полях, усиленных высокочастотной вибрацией рабочих органов, с последующим улавливанием золота на каскаде вибровинтового сепаратора и виброцентробежного аппарата. На установке обрабатывались пробы весом от 60 г до 50 кг. В результате по каждой пробе были извлечены в концентратах центробежных аппаратов самородное золото с разным размером золотин от 10 и более микрон (при извлечении 90%), а в хвостах перечистки винтового сепаратора концентрировалось самородное золото в его минералах-носителях (пирит, арсенопирит, кварц и другие, т.е. богатые рудные микросростки) [11]. В окончательных хвостах обогащения находилось, главным образом, связанное тонкодисперсное золото, количество которого определялось термоактивационным (Патент РК №7613 [12]) анализом.

Изучение элементного и минерального состава береговых песков, золотосодержащих кор выветривания и руды

выполнено в лаборатории минералогии Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы): минеральный состав проб изучен под оптическим микроскопом LEICA DM2500P и полуколичественным рентгенофазовым анализом (ДРОН-3 с использованием дифрактометрических данных PDF 2 (Powder Diffraction File) Release 2022), валовый элементный состав – электроннозондовым микроанализом (JCSA-733 с энергодисперсионным спектрометром INCA ENERGY), содержание микроэлементов – спектральным (Thermo ICE 3500). Определение золота проводилось атомно-абсорбционным анализом в аккредитованной лаборатории (NKZ.T03.1460 от 28 февраля 2019 года) ТОО «ЭкоЛюкс-Ас» (г. Стеногорск).

Результаты

В береговых песках озера Кумдыколь экскаватором с разной глубины были отобраны две пробы (КМД-1 и КМД-2) в непосредственной близости от штольни месторождения. Результаты технологических испытаний проб приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Результаты гравитационного обогащения озерных песков

Кесте 1

Көл құмдарын гравитациялық байыту нәтижелері

Table 1

Results of gravity enrichment of lake sands

| Продукты обогащения | Выход | | Содержание Au, г/т | Распределение золота, % |
|---------------------|--------|-------|--------------------|-------------------------|
| | кг | % | | |
| Проба КМД-1 | | | | |
| КПКВ | 0,054 | 0,29 | 0,48 | 0,06 |
| ХвПКВ | 0,962 | 5,18 | 0,41 | 1,11 |
| КЦА | 0,09 | 0,48 | 0,79 | 0,22 |
| Окончательный хвост | 17,494 | 94,05 | 1,86**(12,28*) | 98,61 |
| Исходный (-2 мм) | 18,60 | 100 | 1,80 | 100 |
| Проба КМД-2 | | | | |
| КПКВ | 0,34 | 0,33 | 1,69 | 0,16 |
| ХвПКВ | 0,575 | 5,42 | 1,86 | 3,30 |
| КЦА | 0,110 | 1,04 | 2,38 | 0,81 |
| Окончательный хвост | 9,881 | 93,21 | 3,15 | 95,73 |
| Исходный (-2 мм) | 10,600 | 100 | 3,06 | 100 |

Примечания: * – не учитывался, из-за случайного попадания крупной золотины в навеску; ** – расчетный; КПКВ – концентрат пересортики концентрата винта; ХвПКВ – хвост пересортики концентрата винта; КЦА – концентрат центробежного аппарата.

В песчаной фракции песков установлены anomalно высокие содержания связанного золота от 1,80 до 3,06 г/т,

свидетельствующие о его нахождении в рудных обломках, принесенных с месторождения Кумдыколь (ближний механический ореол). Минеральный состав по данным рентгенофазового анализа указывает на то, что источником материала являлось Кумдыкольское месторождение. Минеральный состав проб КМД-1 и КМД-2 (%): кварц 43,1 и 43,8; КППШ-10,1 и 11,8; альбит-8,7 и 17,3; тремолит-20,4 и 25,9; хлорит 9,0 и 9,8, соответственно.

Оптической микроскопией в концентратах выявлено от 5 до 20 зерен свободного самородного золота в ассоциации с пиритом, арсенопиритом, гранатом, цирконом и др. минералами, указывающими на золото-сульфидный источник сноса Кумдыкольского месторождения и, возможно, барит-ярозитовую зону окисления. Это подтверждается растровой электронной микроскопией, установившей барит и микросферы оксида железа в режиме вторичных электронов (SEI) (рис. 1 а, б).

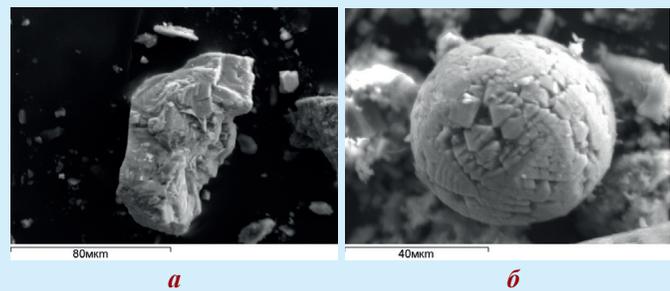


Рис. 1. Морфология и размеры зерен барита – а; оксида железа – б из береговых песков озера Кумдыколь. SEI.

Сурет 1. Барит – а; темір оксид – б дәндерінің морфологиясы мен өлшемдері Құмдықөл көлінің жағалық құмдарынан. SEI.

Figure 1. Morphology and grain sizes of barite – а; iron oxide – б from the coastal sands of lake Kumdykol. SEI.

Проба (КМД-3) весом 44,7 кг была отобрана из золотосодержащей коры выветривания. Обогащался класс крупности -2+0 мм, который составлял 31,78% от объема пробы (табл. 2-3). Достигнуты низкие показатели извлечения золота (табл. 3) в гравииоконцентрат (0,09 + 6,22 + 0,05) = 6,36% с некондиционными концентратами, указывающие на присутствие и преобладание при данной крупности дробления связанного, негравитируемого золота.

Исходное содержание золота в пробе 2,28 г/т, в крупном классе – 1,90 г/т. По современным кондициям они отвечают рудным и требуют оценки на золото кор выветривания.

По данным полуколичественного рентгенофазового анализа состав пробы КМД-3 (окончательные хвосты) (%): кварц 58,3; слюда 21,0; хлорит 9,9; кальцит 6,0; калиевый полевой шпат 4,7 отвечает березитам – кварц-слюдистым (серицит-гидромусковит) сланцам с хлоритом, кальцитом и окисленным пиритом, арсенопиритом. Из рудных элементов-примесей спектральным анализом выявлены в повышенных концентрациях (г/т): серебро 1,5; молибден 30; барий 200 и др.

Таблица 2

Результаты грубого гранулометрического анализа материала проб из золотосодержащих кор выветривания (КМД-3) и из золотосодержащих руд коры выветривания (КМД-4 и КМД-4/2) на золото

Кесте 2

Құрамында алтыны бар ауа райының қабығынан (КМД-3) және құрамында алтыны бар кендерден (КМД-4 және КМД-4/2) алтынға сынама материалын өрескел гранулометриялық талдау нәтижелері

Table 2

Results of rough granulometric analysis of samples from gold-bearing weathering crusts (KMD-3) and from gold-bearing ores of weathering crusts (KMD-4 and KMD-4/2) for gold

| Исходный материал | Класс крупности, мм | Выход | | Содержание золота, г/т | Распределение золота, % |
|---|---------------------|-------|-------|------------------------|-------------------------|
| | | кг | % | | |
| Тонкодробленая руда – смесь песчано-глинистого материала коры выветривания. Проба КМД-3 | +2 | 16,0 | 35,79 | 1,90 | 31,78 |
| | -2+0 | 28,7 | 64,21 | 2,28 | 68,22 |
| | Исходная проба | 44,7 | 100 | 2,14 | 100 |
| Золотосодержащая руда – смесь крупных обломков метаморфитов и песчано-глинистого материала коры выветривания. Проба КМД-4 | +2 | 4,1 | 11,45 | 1,35 | 10,86 |
| | -2+0 | 31,7 | 88,55 | 1,39 | 89,14 |
| | Исходная проба | 35,8 | 100 | 1,38 | 100 |
| Дезинтегрированные щелочные выщелоченные, окисленные метаморфиты. Проба КМД-4/2 | +2 | 4,4 | 9,22 | 0,30 | 10,77 |
| | -2+0 | 43,3 | 90,78 | 0,29 | 89,23 |
| | Исходная проба | 47,7 | 100 | 0,28 | |

Таблица 3

Результаты гравитационного обогащения песчано-глинистых фракций золотосодержащих кор выветривания (КМД-3), золотосодержащих руд коры выветривания (КМД-4 и КМД-4/2)

Кесте 3

Құрамында алтыны бар ауа райының қыртысының құмды-сазды фракцияларын (КМД-3), құрамында алтыны бар ауа райының қыртысының кендерін (КМД-4 және КМД-4/2) гравитациялық байыту нәтижелері

Table 3

Results of gravity enrichment of sand-clay fractions of gold-bearing weathering crusts (KMD-3), gold-bearing ores of weathering crust (KMD-4 and KMD-4/2)

| Продукты обогащения | Выход | | Содержание золота, г/т | Распределение золота, % |
|---|--------|-------|------------------------|-------------------------|
| | кг | % | | |
| Проба КМД-3 (класс крупности -2+0 мм). Песчано-глинистая фракция золотосодержащих кор выветривания | | | | |
| КПКВ | 0,059 | 0,21 | 0,77 | 0,09 |
| ХвПКВ | 1,551 | 5,40 | 2,63 | 6,22 |
| КЦА | 0,022 | 0,08 | 0,97 | 0,05 |
| Окончателный хвост | 27,068 | 94,31 | 2,27 | 93,64 |
| Исходный (-2 мм) | 28,700 | 100 | 2,28 | 100 |
| Проба КМД-4 (класс крупности -2+0 мм). Песчано-глинистая фракция золотосодержащих руд коры выветривания | | | | |
| КПКВ | 0,047 | 0,16 | 0,53 | 0,07 |
| ХвПКВ | 2,278 | 7,18 | 5,69 | 29,35 |
| КЦА | 0,150 | 0,47 | 0,87 | 0,29 |
| Окончателный хвост | 29,225 | 92,19 | 1,07 | 70,29 |
| Исходный (-2 мм) | 31,700 | 100 | 1,39 | 100 |
| Проба 4/2 (класс крупности -2+0 мм). Песчано-глинистая фракция золотосодержащих руд коры выветривания | | | | |
| КПКВ | 0,039 | 0,09 | 1,12 | 0,34 |
| ХвПКВ | 3,038 | 7,02 | 1,21 | 29,31 |
| КЦА | 0,073 | 0,17 | 1,21 | 0,68 |
| Окончателный хвост | 40,15 | 92,72 | 0,22 | 69,67 |
| Исходный (-2 мм) | 43,30 | 100 | 0,29 | 100 |

В концентрате доводки обнаружены единичные зерна свободного самородного золота (3 зерна размером ~ 0,1 мм), микросферы магнетита, циркон, пирит, арсенипирит. Химический состав окатанного зерна циркона (рис. 2) из концентрата доводки концентрата центробежного аппарата (мас. %, нормированный): О 38,38; Si 14,33; Zr 47,29.

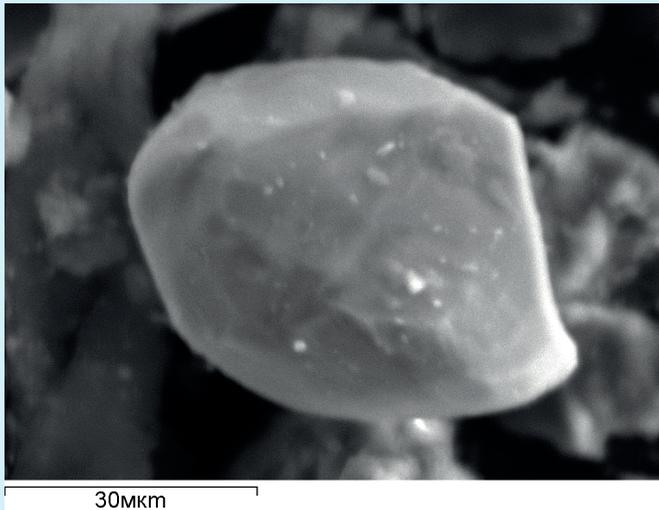
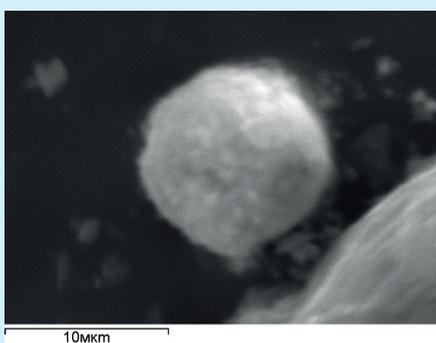


Рис. 2. Окатанный кристалл циркона из коры выветривания. SEI.

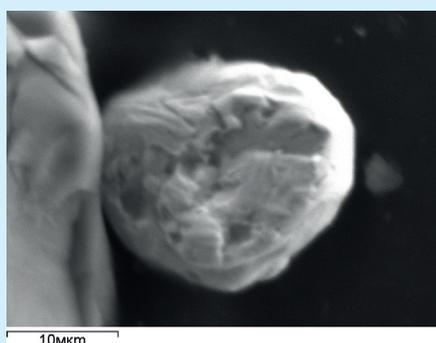
Сурет 2. Ауа райының қабығынан Цирконның дөңгелектелген кристалы. SEI.

Figure 2. A rounded zircon crystal from the weathering crust. SEI.

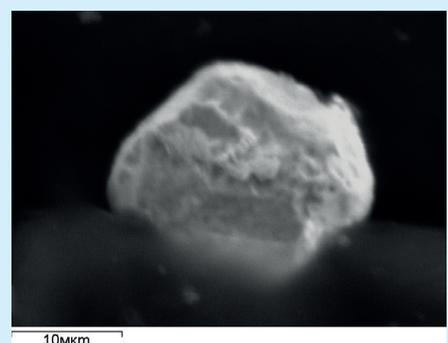
Пробы (КМД-4 и КМД-4/2) из золотосодержащей руды забойной крупности состоят из крупных обломков метаморфитов и песчанистого материала с глинистым заполнителем. Результаты грубого гранулометрического анализа материала проб на золото и технологических испытаний приводятся в таблицах 2-3.



a



б



в

Рис. 3. Морфология микроразмерных зерен золота: низкопробного – а; чистого без примесей – б и с примесью Ag 4,25% – в. SEI.

Сурет 3. Микроөлшемді алтын дәндерінің морфологиясы: төмен сынама – а; қоспасыз таза – б және Ag 4,25% – в. SEI.

Figure 3. Morphology of micro-sized grains of gold: base – а; pure without impurities – б and with an admixture of Ag 4.25% – в. SEI.

Таблица 4
Химический состав (мас. %) свободного самородного золота в алмазосодержащих рудах (кальцифиров) и флотоконцентрате

Кесте 4
Химиялық құрамы (мас. %) құрамында алмаз бар кендердегі (кальцифирлер) және флотоконцентраттағы бос табиғи алтын

Table 4
Chemical composition (wt. %) of free native gold in diamond-containing ores (calcifyres) and flotation concentrate

| Алмазосодержащие руды (кальцифиров) | | | Алмазосодержащий флотоконцентрат | | |
|-------------------------------------|-------|-------|----------------------------------|------|-------|
| Cu | Ag | Au | Cu | Ag | Au |
| 1,24 | 0,00 | 98,76 | 0,65 | 0,00 | 99,35 |
| 0,00 | 23,35 | 76,65 | 0,00 | 2,19 | 97,81 |
| 0,00 | 12,68 | 87,32 | 0,00 | 1,94 | 98,06 |

Во всех пробах установлены значимые содержания золота от 0,29 г/т (борт) до рудных 1,39-2,28 г/т, свидетельствующие о наличии золотого оруденения в корах выветривания. По минеральному составу (%): кварц 66,1-67,4, калиевый полевой шпат 9,2-18,8; слюдяные образования 15,1-23,4, наложены на метаморфиты.

Под микроскопом в концентратах выявлены единичные зерна остаточного свободного самородного золота сложной морфологии с отростками, отпечатками вмещающих минералов. Совместно с золотом установлены в разной степени окисления пирит, арсенипирит. Кроме золота отмечаются мелкие зерна алмаза, количественная оценка которых не проводилась. Из микроэлементов по данным спектрального анализа выделяются повышенными содержаниями серебро, молибден, висмут, свинец, медь, цинк и барий.

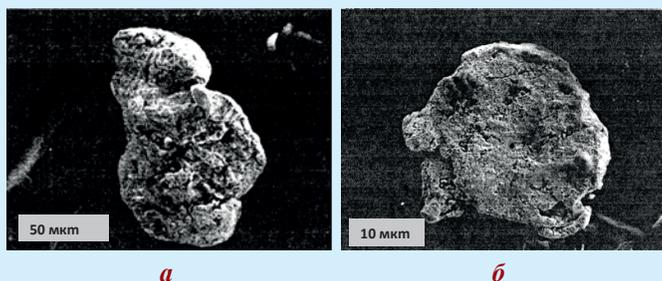


Рис. 4. Форма и характер поверхности золотин из месторождения Кумдыколь. Свободное самородное золото из алмазосодержащего флотоконцентрата – а; свободное самородное золото из алмазосодержащих руд (кальцифиры) – б. SEI.

Сурет 4. Құндықол кен орнынан алынған золотиналар бетінің пішіні мен сипаты.

Құрамында гауһар бар флотоконцентраттан жасалған бос алтын – а; құрамында алмаз бар кендерден (кальцифирлер) бос табиғи алтын – б. SEI.

Figure 4. The shape and nature of the surface of gold from the Kumdykol deposit. Free native gold from diamond-containing flotation concentrate – а; free native gold from diamond-bearing ores (calcifyres) – б. SEI.

Впервые на месторождении в концентратах доводки концентрата перемешки концентрата винта и концентрата центробежного аппарата электроннозондовым микроанализом установлены микроразмерные зерна свободного самородного золота (мас. %): микросферы (рис. 3 а) низкопробного золота (Ag 76,05; Au 23,95), изометричного чистого (100%) (рис. 3 б) и с примесью (Ag 4,25) (рис. 3 в) золота, а также выявлены оксид вольфрама и галенит.

Электроннозондовым микроанализом изучены микроразмерные золотины из алмазосодержащих руд (кальцифиры) и флотоконцентрата (табл. 4). При сравнении элементного состава (Au от 98,76 до 99,35%, Cu от 0,65 до 1,24%) и характерных форм выделения (рис. 4) устанавливается идентичность золота в рудах и флотоконцентратах. В алмазосодержащих кальцифирах выявлено серебристое золото (Ag от 12,68 до 23,35%).

Обсуждение результатов

Благодаря разработанной методике обработки кумдыкольских проб в центробежных полях, усиленных высокочастотной вибрацией рабочих органов, улавливающих золото на каскаде вибровинтового сепаратора и виброцентробежного аппарата в концентратах центробежных аппаратов стало возможным извлечение самородного золота, а в хвостах перемешки винтового сепаратора – самородного золота в минералах-носителях: пирит, арсенопирит, кварц и др. Содержание золота в озерных песках (г/т) от 1,80 до 3,06; в корках выветривания от 1,38 до 2,14; в коренных рудах пироксенитов – от 1,06 до 1,52; в кальцифирах и флотоконцентрате из алмазосодержащих графитизированных гнейсов до 80-100. Свободное самородное золото в коренных алмазосодержащих рудах (кальцифирах) по составу и форме выделений идентично золоту во флотоконцентратах (Au от 98,76 до 99,35%, Cu от 0,65 до 1,24%). Выявленное серебристое золото (Ag от 12,68 до 23,35%) в алмазосодержащих кальцифирах указывает на проявление многостадийной золотой минерализации в пределах Кумдыкольского рудного поля.

Заключение

Полученные результаты ставят «точку» в длительной дискуссии «есть» или «нет» золото в алмазных рудах Кумдыколя. Золото имеет сквозной характер распространения от коренных пород, коры выветривания и осадочных пород береговой зоны озера Кумдыколь. В связи с чем необходимо проведение оценочных работ на золото и алмазы кор выветривания и материнских пород, что, несомненно, повысит коммерческую привлекательность месторождения.

Благодарность

Авторы благодарят сотрудников ИГН им. К.И. Сатпаева – кандидата физико-математических наук А.П. Слюсарева и кандидата химических наук Т.А. Озерову за проведение рентгеновского и спектрального изучения проб.

Работа выполнена при финансовой поддержке научного проекта BR10264324 «Микро- и наноминеральные компоненты руд, как ресурс восполнения запасов полезных ископаемых Казахстана для развития технологий их освоения».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдулкабиров М.А. Алмазоносные формации ювелирных сортов. Отчет (заключительный). – Алматы. – 1999. – С. 291 (на русском языке)
2. Абдулкабиров М.А., Касымов М.А. Алмазоносные (на ювелирные сорта) геологические формации Северного и Южного Казахстана с представлением карты прогнозов. Отчет. – Алматы. – 1997. – С. 168 (на русском языке)
3. Абдулкабиров М.А., Касымов М.А. Алмазоносные формации ювелирных сортов. Отчет (заключительный). – Алматы. – 1996. – С. 92 (на русском языке)
4. Авдеев А.В., Абдулкабиров М.А. и др. Алмазоносные геологические формации Кокшетауской глыбы. Отчет по работам 1993-1995 гг., тема 1.б. – Алматы. – 1995. – С. 85 (на русском языке)
5. Лаврова Л.Д. и др. Новый генетический тип алмазных месторождений. // М.: Научный мир. – 1999. – Т. 228. – С. 16 (на русском языке)
6. Месторождения алмазов Казахстана. Справочник. Изд-е 2-е. – Алматы. – 2014. – С. 100 (на русском языке)

7. Гаранин В.К. Полигенность и дискретность – фундаментальные основы генезиса природного алмаза. // Проблемы минерации, экономической геологии и минеральных ресурсов. Смирновский сборник-2017. – М.: Макс-Пресс. – 2017. – С. 88-129 (на русском языке)
8. Екимова Т.Е., Лаврова Л.Д., Надеждина Е.Д., Петрова М.А., Печников В.А. Условия образования алмазного месторождения Кумдыколь. // Геология рудных месторождений. – 1994. – Т. 36. – №5. – С. 455-565 (на русском языке)
9. Летников Ф.А., Лось В.Л., Нарсеев В.А. Месторождение технических алмазов Кумдыколь (Северный Казахстан). // Проблемы минерации, экономической геологии и минеральных ресурсов. – 2017. – С. 197-206 (на русском языке)
10. Третьякова Л.И., Люхин А.М. Импактно-космогенно-метасоматическое происхождение микроалмазов месторождения Кумды-Коль, Северный Казахстан. // Отечественная геология. – 2016. – №2. – С. 69 (на русском языке)
11. Амдур А.М., Ватолин Н.А., Павлов В.В. и др. Содержание примесей в дисперсных частицах золота в зависимости от их размера. Докл. РАН. – 2016. – Т.470. – №6. – С. 471-476 (на русском языке)
12. Термоактиватор. Бюллетень НИИС МЮ РК №47 от 25.11.2022 г. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абдулкабиров М.А. Алмазды сорттардың зергерлік формациялары. Есепнама (қорытынды). – Алматы. – 1999. – Б. 291 (орыс тілінде)
2. Абдулкабиров М.А., Қасымов М.А. Солтүстік және Оңтүстік Қазақстанның алмазды (зергерлік бұйым үшін) геологиялық түзілімдерінің болжамдық картасымен таныстыру. Есепнама. – Алматы. – 1997. – Б. 168 (орыс тілінде)
3. Абдулкабиров М.А., Қасымов М.А. Зергерлік сорттардың алмазды формациялары. Есепнама (қорытынды). – Алматы. – 1996. – Б. 92 (орыс тілінде)
4. Авдеев А.В., Абдулкабиров М.А. және т. б. Көкшетау блогының алмазды геологиялық түзілімдері. 1993-1995 жылдардағы жұмыстар туралы есепнама. – 1.6-тақырып. – Алматы. – 1995. – Б. 85 (орыс тілінде)
5. Лаврова Л.Д. және т. б. Алмаз кенорындарының жаңа генетикалық типтері. // М.: Ғылыми әлем. – 1999. – Т. 228. – Б. 16 (орыс тілінде)
6. Қазақстанның алмаз кенорындары. Анықтамалық. Басылым-2. – Алматы. – 2014. – Б. 100 (орыс тілінде)
7. Гаранин В.К. Полигендік және дискреттік-табиғи алмаз генезисінің негіздері. // Минерация, экономикалық геология және минералды ресурстар мәселелері. Смирнов жинағы-2017. – М.: Макс-Пресс. – 2017. – Б. 88-129 (орыс тілінде)
8. Екімова Т.Е., Лаврова Л.Д., Надеждина Е.Д., Петрова М.А., Печников В.А. Құмдықөл алмаз кенорының қалыптасу шарттары. // Кеніштік кенорындарының геологиясы. – 1994. – Т. 36. – №5. – Б. 455-565 (орыс тілінде)
9. Летников Ф.А., Лось В.Л., Нарсеев В. А. Құмдықөл (Солтүстік Қазақстан) техникалық алмаз кенорны. // Минерация, экономикалық геология және минералдық ресурстар мәселелері. – 2017. – Б. 197-206 (орыс тілінде)
10. Третьякова Л.И., Люхин А.М. Құмдықөл кенорындағы микроалмаздардың импактілі-космогендік-метасоматикалық шығу тегі, Солтүстік Қазақстан. // Отандық геология. – 2016. – №2. – Б. 69 (орыс тілінде)
11. Амдур А.М., Ватолин Н.А., Павлов В. В. және т. б. Дисперсті алтын бөлшектеріндегі қоспалардың мөлшері олардың мөлшеріне байланысты. ДОК. РАН. – 2016. – Т. 470. – №6. – Б. 471-476 (орыс тілінде)
12. Термоактиватор. ҚР ӘМ ҒЗИ 25.11.2022 ж. – №47 Бюллетені (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Abdulkabirova M.A. Almazonosnye formacii juvelirnyh sortov [Diamond-bearing formations of jewelry grades]. // Otchet (zakljuchitel'nyj). = Report final. – Almaty. – 1999. – P. 291 (in Russian)
2. Abdulkabirova M.A., Kasymov M.A. Almazonosnye (na juvelirnye sorta) geologicheskie formacii Severnogo i Juzhnogo Kazahstana s predstavleniem karty prognozov [Diamond-bearing (for jewelry varieties) geological formations of Northern and Southern Kazakhstan with the presentation of a forecast map]. // Otchet. = Report. – Almaty, 1997. – P. 168 (in Russian)
3. Abdulkabirova M.A., Kasymov M.A. Almazonosnye formacii juvelirnyh sortov [Diamond-bearing formations of jewelry grades]. // Otchet (zakljuchitel'nyj). = Report (final). – Almaty. – 1996. – P. 92 (in Russian)

4. Avdeev A.V., Abdulkabirova M.A. i dr. *Alamazonosnye geologicheskie formacii Kokshetauskoj glyby* [Diamond-bearing geological formations of the Kokshetau block]. // *Otchet po rabotam 1993-1995, tema 1.6.* = Report on the work of 1993-1995, topic 1.6. – Almaty. – 1995. – P. 85 (in Russian)
5. Lavrova L.D. i dr. *Novyj geneticheskij tip almaznyh mestorozhdenij* [New genetic type of diamond deposits]. // *M.: Nauchnyj mir.* = M.: Scientific world. – 1999. – T. 228. – P. 16 (in Russian)
6. *Mestorozhdenija almazov Kazahstana* [Deposits of diamonds in Kazakhstan]. // *Spravochnik. Izd-e 2-e.* = Directory. 2nd edition. – Almaty. – 2014. – P. 100 (in Russian)
7. Garanin V.K. *Poligennost' i diskretnost' – fundamental'nye osnovy genezisa prirodnoho almaza* [Polygenicity and discreteness are the fundamental foundations of the genesis of natural diamonds]. // *Problemy mineragenii, jekonomicheskoy geologii i mineral'nyh resursov. Smirnovskij sbornik-2017.* = Problems of minerageny, economic geology and mineral resources. Smirnovsky collection. – M.: Maks-Press. – 2017. – P. 88-129 (in Russian)
8. Ekimova T.E., Lavrova L.D., Nadezhdina E.D., Petrova M.A., Pechnikov V.A. *Uslovija obrazovaniya amazonosnogo mestorozhdenija Kumdykol'* [Conditions for the formation of the Kumdykol diamond deposit]. // *Geologija rudnyh mestorozhdenij.* = Geology of ore deposits. – 1994. – T. 36. – No.5. – P. 455-565 (in Russian)
9. Letnikov F.A., Los' V.L., Narseev V.A. *Mestorozhdenie tehniceskikh almazov Kumdykol' (Severnyj Kazahstan)* [Industrial diamond deposit Kumdykol' (Northern Kazakhstan)]. // *Problemy mineragenii, jekonomicheskoy geologii i mineral'nyh resursov.* = Problems of minerageny, economic geology and mineral resources. – 2017. – P.197-206 (in Russian)
10. Tret'jakova L.I., Ljuhin A.M. *Impaktno-kosmogennno-metasomaticheskoe proishozhdenie mikroalmazov mestorozhdenija Kumdy-Kol', Severnyj Kazahstan* [Impact-cosmogenic-metasomatic origin of microdiamonds from the Kumdy-Kol deposit, Northern Kazakhstan]. // *Otechestvennaja geologija.* = Domestic geology. – 2016. – No.2. – P. 69 (in Russian)
11. Amdur A.M., Vatolin N.A., Pavlov V.V. i dr. *Soderzhanie primesej v dispersnyh chasticah zolota v zavisimosti ot ih razmera* [The content of impurities in dispersed gold particles depending on their size]. // *Dokl. RAN.* = Report RAS. – 2016. – Vol. 470. – No.6. – P. 471-476 (in Russian)
12. *Termoaktivator* [Thermal activator]. – *Bjulleten' NIIS MJu RK.* = Bulletin of NCIP MJ RK No.47. 25.11.2022 (in Russian)

Сведения об авторах:

Бекенова Г.К., д-р геол.-мин. наук, заведующая лабораторией минералогии Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева», Сатпаев университет (г. Алматы, Казахстан), bekenova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0633-199X>

Перегудов В.В., старший научный сотрудник Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева», Сатпаев университет (г. Алматы, Казахстан), pereval1946@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1931-5155>

Левин В.Л., канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева», Сатпаев университет (г. Алматы, Казахстан), levin_v@inbox.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7524-0864>

Шаймуратқызы К., акционер частной компании «QAZAQDIAMONDS LTD» (г. Астана, Казахстан), qazaqdiamonds@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-2488-978X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Бекенова Г.К., геол.-минер. ғылым. докторы, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдар институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің Минералогия зертханасының меңгерушісі, Сәтбаев университеті (Алматы қ., Қазақстан)

Перегудов В.В., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдар институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің аға ғылыми қызметкері, Сәтбаев университеті (Алматы қ., Қазақстан)

Левин В.Л., геол.-минер. ғылым. кандидаты «Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдар институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің жетекші ғылыми қызметкері, Сәтбаев университеті (Алматы қ., Қазақстан)

Шаймуратқызы К., «QAZAQDIAMONDS LTD» Акционерлік қоғамы (Астана қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Bekenova G.K., Doctor of Sciences (Geology-Mineralogy), head of Mineralogy Laboratory Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Peregudov V.V., scientific researcher Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Levin V.L., Candidate of Sciences (Geology-Mineralogy), Leading Researcher of Mineralogy Laboratory Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Shaimuratkyzy K., Shareholder of a private company «QAZAQDIAMONDS LTD» (Astana, Kazakhstan)

MinTech-2023

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ,
УГОЛЬНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

18-20 октября г.Актобе

КАЗАХСТАН



www.kazexpo.kz

БИЗНЕС ТУРЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ КАЗАХСТАНА



АЗФ
АО ТНК "Казхром"



ТОО "Восход-Oriel"



Донской ГОК
АО ТНК "Казхром"



ТОО "Актюбинская
медная компания"

По вопросам участия
обращайтесь к организаторам:



тел: +7 (727) 250-75-19, 313-76-28,
моб: +7 707 456-53-07
e-mail: kazexpo@kazexpo.kz

Код МРНТИ 38.61.17

*Н.М. Итемен^{1,2}, Е.Ж. Муртазин², Е.Ш. Жексембаев², И.К. Рахметов²¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Институт гидрогеологии и геоэкологии
им. У.М. Ахмедсафина (г. Алматы, Казахстан)

ОСОБЕННОСТИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА

Аннотация. В данной статье приведены данные по изотопному составу пресных и минерализованных подземных вод Южного Мангышлака. В данной работе представлены результаты изучения генезиса подземных вод с использованием комплексного подхода, который был бы относительно недорогим и не требовал проведения длительных циклов наблюдений. При этом для изучения темпов водообмена и условий формирования подземных вод Южного Мангышлака и использованы данные о химическом и изотопном составе воды (¹⁸O, ²H), и концентрациях трития (³H), полученные в результате опробования в сентябре 2021 г. Опробованные участки расположены в пределах Мангистау-Устрирнского гидрогеологического бассейна, который занимает юго-западную часть обширной Туранской плиты и находится южнее Прикаспийского гидрогеологического бассейна.

Ключевые слова: подземные воды, Южный Мангышлак, изотопные методы исследования, дейтерий, тритий, кислород-18, водоносные горизонты, гидрогеологические бассейны, минерализация.

Оңтүстік Маңғышлақтың жер асты суларының изотоптық құрамының ерекшеліктері

Аңдатпа. Бұл мақалада Оңтүстік Маңғышлақтың тұщы және минералданған жер асты суларының изотоптық құрамы туралы мәліметтер келтірілген. Бұл жұмыста салыстырмалы түрде арзан және ұзақ бақылау циклына қажет етпейтін кешенді тәсілді қолдана отырып, жер асты суларының генезисін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл ретте су алмасу қарқынын және Оңтүстік Маңғышлақтың жер асты суларының қалыптасу жағдайларын зерттеу үшін 2021 жылғы қыркүйекте сынау нәтижесінде алынған судың химиялық және изотоптық құрамы (¹⁸O, ²H) және тритий (³H) концентрациясы туралы деректер пайдаланылды. Сыналған учаскелер кен Тұран тақтасының оңтүстік-батыс бөлігін алып жатқан және Каспий маңы гидрогеологиялық бассейнінің оңтүстігінде орналасқан Мангистау-Устрирт гидрогеологиялық бассейнінің шегінде орналасқан.

Түйінді сөздер: жер асты сулары, Оңтүстік Маңғышлак, изотопты зерттеу әдістері, дейтерий, тритий, оттегі-18, сулы горизонттар, гидрогеологиялық бассейндер, минерализация.

Features of the isotopic composition of groundwater in the Southern Mangyshlak

Abstract. This article presents data on the isotopic composition of fresh and mineralized groundwater of Southern Mangyshlak. This paper presents the results of studying the genesis of groundwater using an integrated approach that would be relatively inexpensive and would not require long observation cycles. At the same time, data on the chemical and isotopic composition of water (¹⁸O, ²H) and tritium concentrations (³H) obtained as a result of testing in September 2021 were used to study the rates of water exchange and conditions for the formation of groundwater in Southern Mangyshlak. The tested sites are located within the Mangistau-Ustrtra hydrogeological basin, which occupies the southwestern part of the vast Turan plate and is located south of the Caspian hydrogeological basin.

Key words: groundwater, Mangystau region, isotope research methods, deuterium, tritium, oxygen-18, aquifers, hydrogeological basins.

Введение

Эффективность использования изотопных методов для решения гидрогеологических задач продемонстрирована большим количеством исследований [1, 2, 3, 5]. Удобство применения изотопных методов состоит в том, что широкий спектр качественных и количественных параметров может быть оценен на основе достаточно малых объемов единовременного опробования.

Доля подземных вод в общем балансе водопотребления Южного Мангышлака составляет около 360 тыс. м³/сутки, что является одним из меньших показателей для регионов Казахстана.

Для изучения темпов водообмена и условий формирования подземных вод Южного Мангышлака использованы данные о химическом и изотопном составе воды (¹⁸O, ²H) и концентрациях трития (³H), полученные в результате опробования подземных вод Южного Мангышлака в сентябре 2021 года (рис. 1). Исследования изотопов кислорода и водорода в изученных подземных водах позволили определить их генезис, а концентрации трития – оценить скорость водообмена. Полученные данные приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Опробованные участки расположены в пределах Мангистау-Устрирнского гидрогеологического бассейна, который занимает юго-западную часть обширной Туранской плиты и находится южнее Прикаспийского гидрогеологического бассейна. В его пределах достаточно четко выделяются четыре структурно-геоморфологических типа

рельефа: Северо-Мангистауская низменность (п-ов Бозаши), Горный (Центральный) Мангистау, Южно-Мангистауское плато и плато Устюрт.

Северо-Мангистауская низменность (Бозаши) представляет собой морскую аккумулятивную равнину. Равнинная поверхность ее занимает абсолютные отметки от минусовых вблизи моря и в пределах сора Мертвый Колтук и Кайдак, а на юго-западе и северном склоне Северного Актау, и увалисто-грядовой денудационной равнины в центральной части до абсолютной отметки от нуля до 80-100 м. Поверхность последней осложнена соровыми понижениями (Улькенсор, Кызылсор, Мястексор, Кызансор и др.) и небольшими массивами эоловых песков (Кызылқум, Шоль-Шагьль, Уакқум, Жинишке и др.). К югу и юго-западу от Горного Мангистау простирается Южная Актауская возвышенность, южный склон которой постепенно переходит в Южномангистауское плато. Последнее в северо-западном направлении включает Тупкараганское плато, составляющее с, собственно, Южномангистауским плато единый однообразный тип рельефа. Их плоская поверхность сложена неогеновыми и верхнемеловыми известняками. Аналогичный тип рельефа на севере Горного Мангистау образует Северная Актауская возвышенность. Поверхность ее более круто наклонена в сторону Бозашинской низменности, на Северном Мангистау, от 250-280 м до 50-30 м, на юго-западе склон Северной Актауской возвышенности с резко крутым обрывом переходит в Прикаратаускую долину и впадину Каспийского моря.



Рис. 1. Точки опробования подземных вод. Сурет 1. Жер асты суларын сынау нүктелері. Figure 1. Groundwater sampling points.

Северная и центральная части Южномангистауского плато осложнены глубокими бессточными впадинами (Карагия, Каунды, Басгурлы и Жазгурлы, Узень). Большой по площади впадиной Карынжарык это плато отделяется на востоке от Устыртского плато. На северо-востоке Южномангистауского плато находятся песчаные массивы Саускан, Бостанкум и Туйесу. На востоке и северо-востоке от Мангистауских плато и низменности Бозаши, отделяясь от них круто обрывистым уступом – чинком, высотой 100-200 м, простирается плато Устырт. Его плоская и бронированная неогеновыми известняками-ракушняками поверхность осложнена редкими замкнутыми впадинами, карстовыми воронками и песчаными массивами на севере (Сам и Матайкум) и возвышенным субширотным валом – в центральной части.

Климат территории пустынный, среднегодовая температура атмосферы изменяется с севера на юг: января (минусовая) от 10 до 3 °С и июльская – от 27 до 38, а среднегодовое количество атмосферных осадков от 100-120 мм на юге до 200 мм на севере. Засушливость климата обуславливает полное отсутствие в регионе поверхностных водоисточников.

В бассейне выделяется три крупные структурно-тектонические зоны: Центрально-Мангистау-Устыртская система дислокаций, Бозашино-Северустыртская и Южномангистау-Устыртская зоны прогибов. Древними образованиями, участвующими в геологическом строении региона, являются складчатые породы пермо-триаса и покровные юрские отложения, которые выходят на дневную поверхность в центральной (горной) части региона. Обнажаются в пределах Прикаратауской долины, обрамляющей горные массивы Каратау и альб-сеноманские отложения, которые в дальнейшем на территории Южномангистауского и Устыртского плато, а также в Северомангистауской низменности погружаются на глубину от 50-100 м, а в Прикаратауской долине до 700-800 м и более. Они перекрываются верхнемеловыми, палеогеновыми и неогеновыми отложениями, верхняя часть (верхнемиоцен-плиоценовая) последних слагает дневную поверхность плато

Южного Мангистау и Устырта. На отдельных участках, в частности, Северо-Мангистауской низменности имеются песчаные массивы.

Основными водоносными комплексами и горизонтами региона, содержащими слабоминерализованные воды, являются отложения: альб-сеномана, верхнего мела, верхнемиоцен-плиоцена и эоловых песков. Подземные воды Альб-сеноманских отложений является самым широко распространенным и водообильным среди всех водоносных отложений в бассейне и представлен разнозернистыми песками и песчаниками с прослоями глинистых осадков, и выходят на дневную поверхность в Прикаратауских долинах и в днище некоторых бессточных котловин. Глубина залегания подземных вод комплекса в бассейне в целом изменяется от абсолютных отметок 100-150 м в Прикаратауских долинах до минус 800 м в прогибах Южного Мангистау и Устырта. В зонах обнажения водовмещающих пород расходы родников не превышают 1,5-2 л/с. При погружении пласта и с ростом напора подземных вод их производительность увеличивается: в Прикаратауских долинах дебиты скважин при самоизливе составляют 5-40 л/с, на юге и севере Мангистау достигают 40-55 л/с. Водоносный комплекс верхнемеловых отложений, содержащий подземные воды мергельно-меловых осадков с минерализацией до 5 г/л, в районе распространен на ограниченной площади. Такие воды вскрыты в пределах Северо- и Южно-Актауских моноклиналей. Дебиты водопунктов не превышают 1-1,5 л/с при небольших понижениях уровня воды. Здесь их минерализация составляет 1,5-5 г/л. Водоносный комплекс четвертичных отложений с минерализацией до 5 г/л связаны в основном с несцементированными и слабосцементированными песчаными массивами и на отдельных ограниченных по площади участках морских четвертичных осадков в виде линз и прослоев в толще глин. Слабоминерализованные грунтовые воды установлены в северной части Устырта, на северо-западе Южномангистауского плато, а также в разных частях полуострова Бозаши. Самский-песчаный массив является самым крупным с общей площадью 2320 км² в северной части Устырта. Песчаные массивы северо-западной части Южного Мангистау (Саускан-Бостанкум, Туйесу, Баскудык) и п-ва Бозаши (Кызылкум, Жилимшик и др.) имеют небольшие площади (по 150-500 км²). Производительность скважин, заложенных особенно в песках на северо-западе Южного Мангистау и Самского массива, изменяется от 0,2 до 6 л/с при понижениях уровня воды на 1,5-10 м. Минерализация воды на большей части массивов составляет преимущественно 0,2-1 г/л, а в их краевых частях, вблизи сорных понижений повышается от 1,5-3 до 5 г/л. Слабоминерализованные грунтовые воды морских четвертичных отложений на отдельных участках центральной возвышенной части или в плоских понижениях рельефа, вблизи озерных и других понижений вскрываются только в Южной и Центральной частях п-ва Бозаши [4].

Материалы и методы

Для исследований были отобраны 15 проб подземных вод из скважин Мангистауской области (рис. 1). Для изотопного анализа пробы отбирались только из самоизлива-

ющих и эксплуатируемых погружными насосами скважинах. Это несколько сужало круг наблюдаемых водопунктов, но также резко снижало возможность случайного воздействия антропогенных, сезонных и других факторов на результаты опробования.

Результаты изотопного анализа представлены в таблице 1. Измерение отношения стабильных изотопов $^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в измеряемой пробе проводилось на высокочувствительном лазерном спектрометре LGR 912-0008. В качестве внутренних стандартов использовались пробы воды, откалиброванные относительно Международного стандарта VSMOW (МАГАТЭ). Точность измерения ^2H и ^{18}O составила $\pm 1 \text{ ‰}$ и $0,5 \text{ ‰}$ соответственно.

Тритий является идеальным трассером для исследования циркуляции воды в зоне активного водообмена. Природные концентрации космогенного трития в атмосферных осадках оцениваются величиной около 1-5 ТЕ (0,12-0,6 Бк/л), а в период испытания термоядерных зарядов в 1952-1964 гг. максимальные его концентрации в атмосферных осадках достигали 10^4 ТЕ. Учитывая период полураспада трития $T_{1/2} = 12,26$ лет, можно полагать, что три-

тий, поступивший в подземные воды в доядерную эпоху, к настоящему моменту полностью распался, это позволяет легко диагностировать вклад современных вод в структуру ресурсов подземных вод.

Концентрации дейтерия и кислорода-18 в природных водах испытывают наиболее значительные, по сравнению с другими веществами, изменения изотопного состава, обусловленные фракционированием в ходе испарения, конденсации и замерзания. При этом строго соблюдается закономерность – тяжелый изотоп накапливается в более конденсированной фазе. Следует особо подчеркнуть, что в ходе таяния воды фракционирования обычно не происходит из-за слишком малых скоростей диффузии молекул воды во льду. Изотопный состав воды выражают в относительных единицах, используя в качестве эталона венский стандарт средней океанической воды:

$$\delta X = (R_{np}/R_{cm} - 1) \times 1000, \text{ ‰},$$

где $R = ^2\text{H}/^1\text{H}$ или $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ – атомное отношение изотопов водорода и кислорода в пробе и стандарте (индексы ПР и СТ, соответственно).

Таблица 1

Измеренные значения показателей химического и изотопного составов подземных вод

Кесте 1

Жер асты суларының химиялық және изотоптық құрамы көрсеткіштерінің өлшенген мәндері

Table 1

Measured values of indicators of chemical and isotopic compositions of groundwater

| № п/п | Место отбора | Координаты | | Водоносные гор-ты | Минерализация мг/л | $\delta^{18}\text{O}$ ‰ | $\delta^2\text{H}$ ‰ | ^3H Bq/l | pH |
|-------|------------------|------------|---------|------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------|------|
| | | СШ | ВД | | | | | | |
| 1 | Куйылыс | 43° 50' | 51° 38' | K ₂ , marls | 2119 | -14.1 | -106.5 | | 8.43 |
| 2 | Куйылыс 2 | 43° 55' | 51° 37' | K ₂ , marls | - | -14.5 | -107 | < 7 | 8.1 |
| 3 | Жынгылды | 44° 11' | 51° 42' | K, sands, sandstones | 5117 | -12.7 | -94.5 | - | 7.53 |
| 4 | Уланак | 44° 14' | 51° 32' | K, sands, sandstones | - | -6.4 | -62.8 | - | - |
| 5 | Саубет | 44° 22' | 50° 33' | K, sands, sandstones | 4107 | -12.3 | -93.6 | - | 7.32 |
| 6 | Сад-Дубского | 44° 35' | 50° 17' | K, sands, sandstones | 8739 | -12.3 | -94.5 | - | 7.91 |
| 7 | Мойнак | 44° 14' | 51° 47' | Triassic | 811 | -9 | -69.7 | < 6 | 8.24 |
| 8 | Прохлада | 43° 34' | 51° 43' | K, sands, sandstones | 7503 | -11.5 | -95.1 | - | 7.44 |
| 9 | Асар | 43° 33' | 52° 19' | K, sands, sandstones | 10451 | -12.1 | -100.6 | - | 7.59 |
| 10 | Баскудук | 43° 51' | 52° 19' | Q, sands | 475 | -7.7 | -66.6 | - | 8.24 |
| 11 | Саускан | 43° 49' | 52° 51' | Q, sands | 494 | -7.8 | -68.1 | < 6 | 7.94 |
| 12 | Туйесу | 43° 22' | 53° 24' | K, sands, sandstones | 1008 | -7.6 | -66.9 | < 7 | 7.94 |
| 13 | Санаторий Шагала | 43° 37' | 51° 11' | K, sands, sandstones | 8325 | -5.5 | -54 | - | 7.79 |
| 14 | Бейнеу | 45° 17' | 55° 31' | Q, sands | - | -11.1 | -92.5 | - | - |
| 15 | Сам | 45° 14' | 55° 52' | Q, sands | 395 | -9.5 | -80.6 | < 7 | 7.38 |

Для анализа условий формирования природных подземных вод результаты измерений наносили на диаграмму $\delta^{18}\text{O} \div \delta^2\text{H}$, которая отражает закономерное распределение изотопного состава атмосферных осадков, так называемая глобальная линия метеорных вод (рис. 2). Глобальная линия метеорных вод – это зависимость между средней годовой температурой воздуха и средним годовым изотопным составом осадков по данным различных метеостанций Земли – от тропических широт до Гренландии и Антарктиды (Dansgaard, 1964).

Относительно Глобальной линии метеорных вод также показывается фракционирование изотопного состава воды, которое имеет место в ходе фазовых превращений. При этом строго соблюдается правило – в процессе испарения изотопный состав воды изменяется в соответствии с линией испарения, где остаточная вода изотопно утяжеляется, а испаряемый пар – облегчается. В процессе замерзания формирующийся лед изотопно утяжеляется, а остаточная вода – облегчается.

Содержание стабильных изотопов в пробах воды Южного Мангышлака изменяется в следующих пределах: от $-14,5\text{‰}$ до $-5,5\text{‰}$ по ^{18}O ; от $-107,0\text{‰}$ до $-54,0\text{‰}$ по ^2H .

Измерение радионуклида трития ^3H проводилось на жидкостно-сцинтилляционном бета-спектрометре TRI-CARB 2900TR производства фирмы HewlettPackard – предназначен для определения удельной активности ^3H .

По результатам β -спектрометрического анализа установлено, что в анализируемых пробах концентрация техногенного радионуклида меньше предела обнаружения < 7 Бк/л в воде. В 50-е годы и в начале 60-х годов в атмосферу в результате испытания атомных бомб попало большое количество трития. Таким образом, осадки оказались мечеными [5], и если проба подземных вод не содержит значительное количество трития, это определенно свидетельствует о том, что вода не подпитывалась в течение последних двух или трех десятилетий.

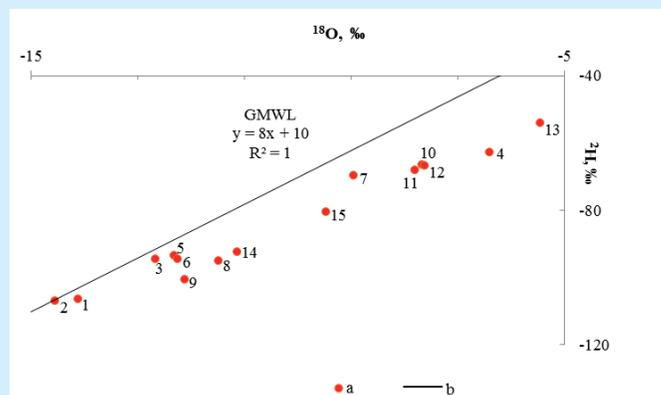


Рис. 2. Изотопный состав подземных вод Южного Мангышлака.

Сурет 2. Оңтүстік Маңғышлақ жер асты суларының изотоптық құрамы.

Figure 2. Isotopic composition of underground waters of Southern Mangyshlak.

Результаты и обсуждение

На рисунке 2 хорошо видно, что изотопный состав подземных вод Южного Мангышлака обогащен тяжелым изотопом $\delta^{18}\text{O}$ относительно общепринятой линии метеорных вод. Это вероятно вызвано испарительной концентрацией, в процессе которой из воды удаляется легкий изотоп $\delta^{16}\text{O}$, обогащая таким образом воду более тяжелым изотопом $\delta^{18}\text{O}$.

Исключением являются пробы, отобранные из двух скважин Куйбылыс, которые имеют относительно идентичный «легкий» изотопный состав и не подвержены изменениям, вызванными гидрогеологическими процессами (процессам испарения и слабому водообмену). Это может быть связано с тем, что данные воды залегают сравнительно глубже и локализованы в непроницаемом водоносном горизонте, который исключает попадание поверхностных вод и атмосферных осадков.

Обнаружение легких по составу подземных вод (Куйбылыс) $\delta^2\text{H} < -107$ и $\delta^{18}\text{O} < -14 \text{‰}$ позволяет утверждать, что данные подземные воды сформировались в холодных климатических условиях со среднегодовой температурой ниже $0 \text{ }^\circ\text{C}$ [5, 6].

В остальных случаях подземные воды по изотопному составу подвержены изменению. Пробы, отобранные со скважин Сад-Дубского (термоминеральные воды) и Саубет, имеют характерную взаимосвязь, указывающую на один источник формирования и гидрогеологическую взаимосвязь. Обратная картина наблюдается на пробах Жынгылды, Уланак и Мойнак. Несмотря на то, что по координатам поселки Жынгылды, Уланак и Мойнак расположены рядом, воды с данных точек имеют абсолютно разный изотопный состав. Изотопные соотношения свидетельствуют о том, что воды отобраны с разных водоносных горизонтов, не имеющих какую-либо взаимосвязь. Также, вода с поселка Самск по изотопному составу не имеет взаимосвязи с водами Бейнеу, которое расположено рядом. Согласно сравнительному изотопному анализу воды Самска сильно подвержены процессу испарения в сравнении с водами Бейнеу, что свидетельствует о разных водоносных горизонтах [7-10].

Заключение

Воды, отобранные с санатория Шагала (г. Актау), характеризуются самыми «тяжелыми» изотопами, возможно, данные воды подвержены интенсивному процессу испарительной концентрации.

Изотопные исследования подземных пресных и слабосоленых вод, распространенных в Мангистауской области, позволили сделать следующие выводы:

1. Соотношения стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в подземных водах района показывают единое атмосферное происхождение.

2. С целью установления скорости водообмена на месторождениях были измерены концентрации трития. Для подземных вод исследуемого района концентрации трития меньше предела обнаружения < 7 Бк/л в воде, что указывает на затрудненный водообмен и отсутствие связи с поверхностными водами.

В заключение отметим, что для достоверного определения отношений стабильных изотопов необходим сезонный отбор проб подземных вод с этих же участков в течение года. Также следует использовать данные по изотопному составу атмосферных осадков Мангистауской области. Глобальные линии метеорных вод получены путем интерполяции, не могут считаться достоверным для Южного Мангышлака, поскольку ближайшие станции сети GNIP (Global Network on Isotopes in Precipitation) находятся на значительном удалении и рядом находится акватория Каспийского моря, которое влияет на атмосферные осадки.

Благодарности

Мы высоко отмечаем поддержку Комитета геологии Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан. Эта работа была выполнена в рамках программы «Тепло-энергетический, минерально-сырьевой и лечебно-оздоровительный потенциал термоминеральных и промышленных подземных вод Казахстана. Оценка состояния и тенденций изменения гидрогеохимических показателей подземных вод под влиянием природно-климатических изменений и антропогенных нагрузок» (Грант № BR10262555).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбушина Л.В., Тыминский В.Г. Радиоактивные и стабильные изотопы в геологии и гидрогеологии. // Москва, Атомиздат. – 1974. – С. 104 (на русском языке)
2. Природные изотопы гидросферы. / Под ред. В.И. Ферронского. // Москва, Недра. – 1975. – С. 277 (на русском языке)
3. Изотопно-геохимические методы оценки степени взаимосвязи подземных и поверхностных вод. // Киев, Наукова думка. – 1977. – С. 154 (на русском языке)
4. Абсаметов М.К., Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С., Муртазин Е.Ж. Подземные воды Казахстана – стратегический ресурс водной безопасности страны. – Алматы. – 2017. – С. 110-118 (на русском языке)
5. Rayne В.Р. Методы изотопной гидрологии – практическое решение водных проблем. // Бюллетень. – Т. 23. – 1981. – С. 3-6 (на английском языке)
6. Hoover W.F. Эпизодический поток флюида в зоне сдвига эклогитовой фации: выводы из изотопного районирования Li. // Геология. – Т. 55. – 2022. – С. 546-550. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (на английском языке)
7. William F. Hoover, Sarah Penniston-Dorland, Lucas Baumgartner, Anne-Sophie Bouvier, Besim Dragovic, Michel Locatelli, Samuel Angibust, Philippe Agard. Эпизодический поток флюидов в присутствии сдвига эклогитовой фации: взятие из изотопного зонирования лития в гранате. // Геология. – 2022. – 50(6). – С. 746-750. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (на английском языке)
8. Wang Z., Ma J., Li J., Wei G., Chen X., Deng W., Xie L., Lu W. and Zou L. 2015. Химический контроль за изменением изотопного состава молибдена в речной воде: данные из крупных рек Китая. // Химическая геология. – Т. 410. – С. 201-212. – doi:10.1016/j.chemgeo.2015.06.022 (на английском языке)
9. Итемен Н.М. Условия формирования промышленных вод Западного Казахстана на основе изотопного анализа подземных вод. // Томск. Проблемы геологии и освоения недр. – Т. 1. – 2019. – С. 361-363 (на русском языке)
10. Итемен Н.М., Дутова Е.М. Освоение гидроминеральных ресурсов на месторождениях нефти и газа Западного Казахстана. Материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. // Томск. – 2020. – С. 293-297 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Горбушина Л.В., Тыминский В.Г. Геология мен гидрогеологиядағы радиоактивті және тұрақты изотоптар. // Мәскеу, Атомиздат. – 1974. – Б. 104 (орыс тілінде)
2. Гидросфераның табиғи изотоптары. // Ред. В. И. Ферронский. // Мәскеу, Недра. – 1975. – Б. 277 (орыс тілінде)
3. Жер асты және жер үсті суларының өзара байланыс дәрежесін бағалаудың изотоптық-геохимиялық әдістері. // Киев, Наукова думка. – 1977. – Б. 154 (орыс тілінде)
4. Абсаметов М.Қ., Мұхамеджанов М.А., Сыдықов Ж.С., Мұртазин Е.Ж. Қазақстанның жер асты сулары-елдің су қауіпсіздігінің стратегиялық ресурсы. – Алматы. – 2017. – Б. 110-118 (орыс тілінде)
5. Rayne В.Р. Изотоптық Гидрология әдістері-су проблемаларын практикалық шешу. // Бюллетені. – Т. 23. – 1981. – Б. 3-6 (ағылшын тілінде)
6. Hoover W.F. Эклогиттік фацияның сдсы аймағындағы эпизодтық сұйықтық ағыны: анардағы li изотоптық аудандастырудан алынған нәтижелер. // Геология. – Т. 55. – 2022. – Б. 546-550. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (ағылшын тілінде)

7. William F. Hoover, Sarah Penniston-Dorland, Lucas Baumgartner, Anne-Sophie Bouvier, Besim Dragovic, Michel Locatelli, Samuel Angibust, Philippe Agard. Экологиттік фацияның ауысуы болған кездегі эпизодтық сұйықтық ағыны: анардағы литийді изотоптық аймақтарға бөлуден алу. – *Геология*. – 2022. – 50(6). – Б. 746-750. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (ағылшын тілінде)
8. Wang Z., Ma J., Li J., Wei G., Chen X., Deng W., Xie L., Lu W. and Zou L. Өзен суындағы молибденнің изотоптық құрамының өзгеруін химиялық бақылау: Қытайдың ірі өзендерінен алынған мәліметтер: химиялық геология. – *Т. 410*. – 2015. – Б. 201-212. – doi:10.1016/j.chemgeo.2015.06.022 (ағылшын тілінде)
9. Итемен Н.М. Жер асты суларын изотоптық талдау негізінде Батыс Қазақстанның өнеркәсіптік суларын қалыптастыру шарттары. // ТПУ, Геология және жер қойнауын игеру мәселелері. – 2019. – Т. 1. – Б. 361-363 (орыс тілінде)
10. Итемен Н.М., Дутова Е.М. Батыс Қазақстанның мұнай және газ кен орындарында гидроминералдық ресурстарды игеру. Ғылыми-практикалық конференцияның халықаралық қатысуымен IX Бүкілресейлік материалдар. // Томск. – 2020. – Б. 293-297 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Gorbushina L.V., Tyminsky V.G. Radioaktivnye i stabilnye izotopy v geologii i gidrogeologii [Radioactive and stable isotopes in geology and hydrogeology]. // Moscow: Atomizdat, 1974. – P. 104 (in Russian)
2. Prirodnye izotopy gidrosfery. // Pod red. V.I. Ferronskogo [Natural isotopes of the hydrosphere]. // Moscow: Nedra, 1975. – P. 277 (in Russian)
3. Izotopno-geohimicheskie metody otsenki stepeni vzaimosvyazi podzemnyh i poverhnostnyh vod [Isotope-geochemical methods for assessing the degree of interrelation of underground and surface waters] // Kiev: Naukova dumka, 1977. – P. 154 (in Russian)
4. Absametov M.K., Mukhamedzhanov M.A., Sydykov Zh.S., Murtazin Ye.Zh. Podzemnye vody Kazakhstana – strategicheskii resurs vodnoi bezopasnosti strany [Kazakhstan's groundwater is a strategic resource for the country's water security]. – Almaty, 2017. – P. 111-114 (in Russian)
5. Payne B.R. // Isotope hydrology methods – a practical solution to water problems. // Bulletin. – Vol. 24. – No.3 (in English)
6. Hoover W.F. Episodic fluid flow in an eclogite-facies shear zone: Insights from Li isotope zoning in garnet: *Geology*. – 2022. – Vol. 55. – P. 546-550. – doi.org/10.1130/G49737.1 (in English)
7. William F. Hoover, Sarah Penniston-Dorland, Lucas Baumgartner, Anne-Sophie Bouvier, Besim Dragovic, Michel Locatelli, Samuel Angibust, Philippe Agard; Episodic fluid flow in the presence of eclogite facies shift: taking from isotopic zoning of lithium in garnet. – *Geology*. – 2022. – 50(6). – P. 746-750. – <https://doi.org/10.1130/G49737.1> (in English)
8. Wang Z., Ma J., Li J., Wei G., Chen X., Deng W., Xie L., Lu W. and Zou L. Chemical weathering controls on variations in the molybdenum isotopic composition of river water: Evidence from large rivers in China: *Chemical Geology*. – 2015 – Vol. 410. – P. 201-212. – doi:10.1016/j.chemgeo.2015.06.022 (in English)
9. Iteмен N.M. Usloviya formirovaniya promyshlennyh vod Zapadnogo Kazakhstana na osnove izotopnogo analiza podzemnyh vod [Conditions of formation of industrial waters of Western Kazakhstan on the basis of isotope analysis of groundwater] // Problemy geologii i osvoeniya nedr [Problems of geology and subsoil development]. – Tomsk, 2019. – Vol. 1. – P. 361-363 (in Russian)
10. Iteмен N.M., Dutova E.M. Osvoenie gidromineral'nyh resursov na mestorozhdeniyah nefi i gaza Zapadnogo Kazakhstana [Development of hydromineral resources in the oil and gas fields of Western Kazakhstan]. // Materialy IX Vserossiiskoi s mejdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoi konferencii. = Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation]. – Tomsk. 2020. – P. 293-297 (in Russian)

Сведения об авторах:

Итемен Н.М., PhD, студент, научный сотрудник, Satbayev University, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), nurbol_iteмен@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2551-9020>

Муртазин Е.Ж., PhD, к.г.-м.н., заместитель директора, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), ye_murtazin@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7404-4298>

Жексембаев Е.Ш., PhD, старший научный сотрудник, Satbayev University, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), erkebulan.adai@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7510-208>

Рахметов И.К., младший научный сотрудник лаборатории региональной гидрогеологии и геоэкологии, ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), issa-92@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6269-7734>

Авторлар туралы мәліметтер:

Итмен Н.М., PhD студенті, ғылыми қызметкер, Satbayev University, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» (Алматы қ., Қазақстан)

Муртазин Е.Ж., PhD, геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, институт директорының орынбасары, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» (Алматы қ., Қазақстан)

Жексембаев Е.Ш., PhD, ғылыми қызметкер, Satbayev University, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» (Алматы қ., Қазақстан)

Рахметов И.К., Аймақтық гидрогеология және геоэкология зертханасының кіші ғылыми қызметкері, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» (Алматы қ., Қазақстан)

Information about authors:

Itmen N.M., PhD student, Satbayev University, «Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

Murtazin Ye.Zh., PhD, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Director of the Institute, «Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

Zhexembayev E.Sh., PhD, Researcher, Satbayev University, «Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

Rakhmetov I.K., Junior Researcher of the Laboratory of Regional hydrogeology and geocology, «Institute of Hydrogeology and Geocology named after U.M. Akhmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

XXVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА

**СУРГУТ.
НЕФТЬ И ГАЗ
2023**

**27-29
СЕНТЯБРЯ**

+7 (3462) 94-34-54
sales@yugcont.ru
sngexpo.ru

XXVIII INTERNATIONAL
SPECIALIZED
TECHNOLOGICAL EXHIBITION

**SURGUT.
OIL & GAS
2023**

📍 г. Сургут,
СОК «Энергетик»
ул. Энергетиков, 47

Код МРНТИ 36.23.31

Ф.К. Низаметдинов, Д.С. Ожигин, Р.Ф. Низаметдинов, *Е.В. Ситникова
 НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»
 (г. Караганда, Казахстан)

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ НАСЫПНЫХ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ ДАМБ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Аннотация. Предлагается комплексная методика инструментального контроля состояния насыпных оградительных дамб хвостохранилищ обогатительных фабрик, основанная на создании рабочего опорного обоснования в виде твердых и связующих маркшейдерских реперов, и производства специальных методик измерений с использованием роботизированного электронного тахеометра, глобальных спутниковых систем и цифровых нивелиров с инварными рейками. Именно такая поэтапная комбинация современных методов измерений позволяет на ранней стадии получить высокую точность отклонений смещения тела насыпной дамбы. Полученные высокоточные результаты инструментальных наблюдений за существующими насыпными дамбами позволяют своевременно разработать мероприятия по предупреждению и своевременной ликвидации деформаций.

Ключевые слова: насыпная дамба, деформация откоса, опорные и связующие маркшейдерские точки, инструментальные измерения, электронный тахеометр, базовая спутниковая станция, ровер, цифровой нивелир.

Үйінді қоршау бөгеттерінің қалдық қоймаларының байыту фабрикаларының жай күйін аспаптық бақылаудың кешенді әдістері

Аңдатпа. Қатты және байланыстырушы маркшейдерлік реперлер түріндегі жұмыс тірек негіздемесін құруға және роботтандырылған электрондық тахеометрді, ғаламдық спутниктік жүйелерді және инварналық рейкалар мен сандық нивелирлерді пайдалана отырып, өлшеудің арнайы әдістемелерін өндіруге негізделген байыту фабрикаларының қалдық қоймаларының үйінді қоршау бөгеттерінің жай-күйін аспаптық бақылаудың кешенді әдістемесі ұсынылады. Дәл осы заманауи өлшеу әдістерінің кезең-кезеңімен үйлесуі үйінді бөгетінің ауытқуларының жоғары дәлдігін ерте кезеңде алуға мүмкіндік береді. Қолданыстағы үйінді бөгеттерді аспаптық бақылаудың жоғары дәлдіктегі нәтижелері деформацияларды уақтылы алдын алуға және уақтылы жою жөніндегі іс-шараларды әзірлеуге мүмкіндік береді.

Үйінді сөздер: үйінді бөгеті, көлбеу деформациясы, тірек және байланыстырушы маркшейдерлік нүктелер, аспаптық өлшеулер, электронды тахеометр, базальқ спутниктік станция, ровер, сандық деңгей.

Complex methods of instrumental monitoring of the condition of bulk protective dams of tailings dumps of processing plants

Abstract. A comprehensive methodology is proposed for instrumental monitoring of the condition of bulk protective dams of tailings dumps of processing plants, based on the creation of a working reference justification in the form of solid and binding surveying benchmarks, and the production of special measurement techniques using a robotic electronic total station, global satellite systems and digital levelers with invar rails. It is this step-by-step combination of modern measurement methods that makes it possible to obtain high accuracy of displacement deviations of the bulk dam body at an early stage. The obtained high-precision results of instrumental observations of existing bulk dams make it possible to develop timely measures for the prevention and timely elimination of deformations.

Key words: embankment dam, slope deformation, supporting and connecting surveying points, instrumental measurements, electronic total station, satellite base station, rover, digital level.

Введение

Территория Лисаковского железорудного месторождения располагает действующими объектами горного производства: карьером, отвалами вскрышных пород и плодородного слоя почвы, основное и аварийное хвостохранилища, ограниченные насыпными дамбами, фабрикой гравитационно-магнитного обогащения, объектами железнодорожного и автомобильного транспорта и энергохозяйства. При этом особую обеспокоенность вызывает наличие насыпных дамб основного и аварийного хвостохранилищ, заполненные водной пульпой, которые представляют определенную угрозу прорыва дамб, особенно в весенний период, что может представлять катастрофические последствия (рис. 1, 2). Поэтому в настоящее время требуется тщательная организация инструментальных наблюдений за состоянием тел дамб хвостохранилищ с целью возможного прогнозирования их устойчивости.

Существующие в настоящее время способы инструментального контроля над состоянием тела дамбы требуют своего коренного пересмотра, перехода от визуального осмотра и фотографирования до внедрения прогрессивных лазерно-цифровых технологий измерений на земной

поверхности с использованием беспилотных летательных аппаратов и спутниковых измерений [1-10].

Методы исследования

Для этого, на первом этапе, предлагается выполнять инструментальный контроль состояния устойчивости откосов дамб хвостохранилищ обогатительных фабрик путем создания маркшейдерско-геодезической сети в виде связующих и профильных линий, представленных металлическими реперами, закладываемыми перпендикулярно простиранию дамбы на наиболее неблагоприятных, с точки зрения устойчивости участков, на основе проведенной рекогносцировки (рис. 1, 2). Конструкция рабочих и связующих реперов регламентируется специальной геодезической инструкцией [11] и новыми разработками [12]. Производство высокоточных инструментальных наблюдений за положением дамбы осуществляется специальными современными цифровыми геодезическими приборами: вначале электронным тахеометром с точностью измерения горизонтальных и вертикальных углов 0,5 секунды и лазерными измерениями расстояний 1 мм на км (рис. 3).



Рис. 1. Начало дамбы основного хвостохранилища (от ПК 5 до ПК 15+10).

Сурет 1. Негізгі қалдық бөгетінің басталуы (ПК 5-тен ПК 15+10 дейін).

Figure 1. Beginning of the main tailings dam (from PK 5 to PK 15+10).

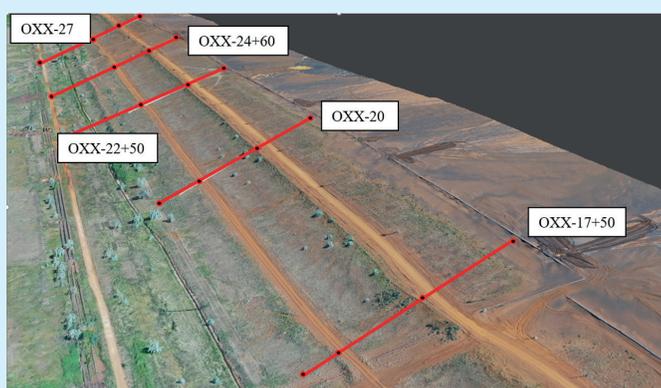


Рис. 2. Продолжение дамбы основного хвостохранилища (ПК 17+50 до ПК 27).

Сурет 2. Негізгі қалдық бөгетінің ұзартылуы (ПК 17+50-ден ПК27-ге дейін).

Figure 2. Extension of the main tailings dam (PK 17+50 to PK27).



Рис. 3. Электронный тахеометр с оптическим отражателем.

Сурет 3. Оптикалық шағылыстырғышы бар электронды тахеометр.

Figure 3. Electronic total station with an optical reflector.

Сеть наблюдательных станций включает в себя исходные триангуляционные сети и опорные, связующие и рабочие репера профильных линий на территории расположения ограждающих дамб. Исходные точки располагаются в местах, обеспечивающих их неподвижность и хорошую видимость на все время существования наблюдательных станций. Каждая профильная линия состоит из одного опорного репера и 4 рабочих реперов. Расстояния между рабочими реперами, расположенными в пределах призмы возможного обрушения, принимаются равными 5-10 м (рис. 4).



Рис. 4. Схема ориентирования тахеометра на профильных линиях основной дамбы на телевизионную вышку.

Сурет 4. Бас бөгеттің профильдік желілері бойынша жалпы станцияның телемұнараға қарай бағдарлану схемасы.

Figure 4. Scheme of orientation of the total station on the profile lines of the main dam to the television tower.

При закладке рабочих реперов на предохранительных бермах дамбы расстояние между ними зависит от ее ширины. При большой длине ограждающих дамб более 500 м или наличия недоступных для наблюдения зон с одной установки электронного тахеометра закрепляются связующие репера, позволяющие вести съемку рабочих реперов, которые заложены перпендикулярно простиранию откоса дамбы (красные линии на рис. 4).

На втором этапе работы в дополнение к существующей методике осуществляется корректировка и контроль измерений с помощью глобальных спутниковых систем (ГНСС) путем использования базовой станции и переносного ровера с точностью определения координат реперов до 5 мм (рис. 5). При этом используются репера, на которых производятся геодезические измерения с использованием GNSS-технологий. Анализ результатов измерений при этом производится путем определения векторного смещения каждого репера.

Все измерения для определения пространственного положения реперов наблюдательных станций с более вы-



Рис. 5. Базовая GPS станция на опорной точке.
Сурет 5. Анықтамалық нүктедегі GPS базалық станциясы.
Figure 5. GPS base station at a reference point.

сокой точностью необходимо выполнять в дифференциальном режиме. Сущность дифференциального режима измерений заключается в следующем: измерения производятся с одновременным использованием двух приемников, один из которых является базовым и устанавливается на точке с известными координатами (пункт ГНСС), а второй используется в качестве ровера (передвижного приемника) для определения координат рабочих реперов. Существуют два способа дифференциального режима измерений: с постобработкой результатов и в RTK режиме реального времени. В данной работе применялся режим измерений с постобработкой данных. Два приемника писали сырые данные, полученные со спутников на небосводе в статическом режиме (базовая станция записывала в течение всего периода измерений, ровер устанавливался на связующие точки и писал сессию 15-20 минут).

На третьем этапе работы выполняется контрольная съемка высотных отметок с помощью высокоточного геометрического нивелирования с использованием цифрового нивелира в комплекте с инварными рейками и точностью определения превышения до 0,01 мм (рис. 6).

Нивелирование выполнялось по замкнутому ходу, начиная с твердого пункта, включая все связующие точки полигонометрического хода на верхней части дамбы, а затем замыкающие по реперам, заложенным в нижней части дамбы с примыканием на исходный твердый пункт. Таким образом, контролируются получаемые высотные

отметки с высокой степенью точности определения высотных отметок всех реперов с точностью до 0,01 мм (сотой доли мм), что позволяет на ранней стадии фиксировать возможное появление деформирования тела дамбы. Выполненное геометрическое нивелирование по реперам, находящимся на теле дамбы основного хвостохранилища, показало высотную невязку, равную 2,6 мм, на ход длиной 2,5 км.

Результаты

По состоянию на август 2022 г. система геомеханического мониторинга на дамбе основного хвостохранилища состоит из 12 профильных линий, включающих в себя 48 рабочих реперов. Репера установлены в соответствии с действующим проектом наблюдения на основной дамбе (рис. 1, 2).

Инструментальные маркшейдерско-геодезические наблюдения за смещениями и деформациями реперов наблюдательных станций выполнялись не реже одного раз в квартал [1-2], в соответствии с инструкциями они зависят от скорости смещений массива дамбы. При обнаружении скорости сдвижения массива тела дамбы более 10 мм/сутки наблюдения ведутся ежедневно. Полная серия инструментальных наблюдений включает в себя следующие работы: привязку исходных и опорных реперов станций (определение координат X, Y, Z) к ближайшим пунктам маркшейдерской опорной геодезической сети; производство начальных наблюдений для определения исходного положения реперов наблюдательных станций в горизонтальной и в вертикальной плоскостях; производство систематических наблюдений за положением реперов для определения их сдвижения или смещения массива. Все измерения выполняются электронным тахеометром Leica TS16, для повышения точности и исключения грубых ошибок выполняются при двух положениях вертикального круга 6 приемами. Прием измерения включает одно наведение на отражатель, при котором производится несколько измерений (2-3). За окончательный результат принимается среднее значение измерений, при этом разница между отдельными отсчетами не должна превышать ± 2 мм.



Рис. 6. Нивелирование цифровым нивелиром и инварной рейкой.
Сурет 6. Сандық нивелирмен және инварлық рейка нивелирлеу.
Figure 6. Leveling with a digital level and an invar rail.

Положение связующих реперов станций определяется автоматически с помощью электронного тахеометра Leica TS16 от исходных (опорных) реперов, созданной системы или от опорной сети. Начальные наблюдения на станции состоят из двух независимых серий измерений с интервалом 3-5 дней.

С помощью электронного тахеометра определены все необходимые данные: расстояния между реперами, превышения и координаты реперов наблюдательных станций. Применение электронного тахеометра Leica TS16 значительно сокращает время на производство полевых работ. Так как при инструментальных наблюдениях конечные результаты несут в себе ряд случайных и систематических ошибок, то для исключения или уменьшения их предлагается методика наблюдений, состоящая из ряда последовательно выполняемых работ и соблюдения определенных условий: закрепление отражателей осуществляется на жесткие отвесы, которые устанавливаются и центрируются над реперами по створу профильной линии; максимальное удаление рабочих реперов от опорных или связующих реперов должно быть не более 500 м; обязательное измерение атмосферного давления с точностью до 1 мм рт. ст. и температуры воздуха с точностью до 1°C; систематический контроль положения опорных и связующих реперов в каждой серии наблюдений; при разделении профильной линии связующими реперами на секции, съемка крайних рабочих реперов секций выполняется с обязательным контролем

и уравниванием с последующего связующего репера. Формирование базы данных измерений в электронном виде существенно сокращает камеральную обработку результатов измерений.

Тахеометр автомат имеет электронный компенсатор, позволяющий значительно повысить точность горизонтирования прибора. С помощью электронного тахеометра определяются координаты начального положения реперов профильных линий, координаты тех же реперов при последующих наблюдениях, горизонтальные проложения и превышения между реперами и их смещения. По разнице координат реперов ΔX , ΔY , ΔZ относительно их исходного положения можно определить направление в пространстве вектора смещения в цифровом виде, а также по разнице горизонтальных проложений ΔS между реперами относительно исходных значений можно судить об устойчивости (сдвигении) тела дамбы. Поэтому при получении значений смещений в пределах инструментальной точности удобно определять отклонения в горизонтальной и вертикальной плоскости через координаты реперов между начальными и последующими измерениями ΔX , ΔY , ΔZ .

Согласно календарному плану проведения на 2021-22 годы выполнено 4 серии 4-го цикла инструментальных маркшейдерско-геодезических наблюдений за состоянием устойчивости откосов дамбы. Анализ и сравнение результатов производился по пятой съемке (ноябрь 2021 г.) и первой съемке (апрель 2022 г.) (таблицы 1-3).

Таблица 1

Результаты сравнения инструментальных наблюдений по профильной линии OXX5

Кесте 1

OXX5 профиль сызығы бойынша аспаптық бақылау нәтижелерін салыстыру

Table 1

Comparison results of instrumental observations along the profile line OXX5

| № точки | ноябрь 2021 г. | | | апрель 2022 г. | | | ΔZ , мм | dS, мм | ΔL , мм |
|---------|----------------|----------|---------|----------------|----------|---------|-----------------|--------|-----------------|
| | Y, м | X, м | Z, м | Y, м | X, м | Z, м | | | |
| OXX5-1 | -662,169 | 3780,818 | 198,469 | -662,172 | 3780,819 | 198,464 | -5 | | |
| OXX5-2 | -645,352 | 3777,167 | 202,437 | -645,351 | 3777,167 | 202,433 | -4 | 4 | 4 |
| OXX5-3 | -598,022 | 3766,846 | 210,625 | -598,022 | 3766,846 | 210,625 | 0 | 0 | 3 |
| OXX5-4 | -554,792 | 3757,446 | 213,843 | -554,789 | 3757,449 | 213,836 | -6 | 2 | 5 |

Таблица 2

Результаты сравнения инструментальных наблюдений по профильной линии OXX9

Кесте 2

OXX9 профиль сызығы бойынша аспаптық бақылау нәтижелерін салыстыру

Table 2

Comparison results of instrumental observations along the profile line OXX9

| № точки | ноябрь 2021 г. | | | апрель 2022 г. | | | ΔZ , мм | ΔS , мм | ΔL , мм |
|---------|----------------|---------|---------|----------------|----------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Y, м | X, м | Z, м | Y, м | X, м | Z, м | | | |
| OXX9-1 | -594,13 | 4159,4 | 195,926 | -594,118 | 4159,400 | 195,921 | -5 | | |
| OXX9-2 | -567,035 | 4153,37 | 200,782 | -567,025 | 4153,365 | 200,775 | -7 | -2 | -2 |
| OXX9-3 | -513,601 | 4141,42 | 210,376 | -513,587 | 4141,421 | 210,372 | -4 | 3 | 1 |
| OXX9-4 | -474,655 | 4132,71 | 213,55 | -474,641 | 4132,712 | 213,543 | -7 | 1 | 2 |

Таблица 3

Результаты сравнения инструментальных наблюдений по профильной линии OXX11

Кесте 3

OXX11 профиль сызығы бойынша аспаптық бақылау нәтижелерін салыстыру

Table 3

Comparison results of instrumental observations along the profile line OXX11

| № точки | ноябрь 2021 г. | | | апрель 2022 г. | | | ΔZ, мм | dS. мм | ΔL, мм |
|---------|----------------|----------|---------|----------------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| | Y, м | X, м | Z, м | Y, м | X, м | Z, м | | | |
| OXX11-1 | -564,727 | 4356,888 | 193,104 | -564,719 | 4356,891 | 193,099 | -5 | | |
| OXX11-2 | -536,424 | 4352,783 | 197,880 | -536,410 | 4352,790 | 197,874 | -6 | 5 | 5 |
| OXX11-3 | -479,346 | 4344,135 | 209,503 | -479,346 | 4344,135 | 209,503 | 0 | -12 | -8 |
| OXX11-4 | -428,559 | 4336,427 | 214,706 | -428,555 | 4336,428 | 214,700 | -6 | 3 | -4 |

Вывод результатов

С января 2021 года для контроля состояния устойчивости откосов дамб основного хвостохранилища Лисаковского рудника дополнительно применяется методика с использованием GNSS-технологий. Наблюдательные станции, на которых производятся геодезические измерения с использованием GNSS-технологий, могут быть представлены множеством реперов, не связанных между собой в профильные линии. Анализ результатов измерений при этом производится путем определения векторного смещения каждого репера в отдельности. Все измерения для определения пространственного положения реперов наблюдательных станций с более высокой точностью необходимо выполнять в дифференциальном режиме. При использовании режима измерений с постобработкой результатов сначала выполняются полевые измерения интересующих точек, а затем выполняется перенос результатов измерений из приемника в компьютер и обработка результатов с использованием специализированного программного обеспечения.

Заключение

На основе анализа результатов инструментальных наблюдений за состоянием устойчивости основной дамбы хвостохранилища Лисаковского рудника следует сделать следующие выводы:

1. По основной дамбе, где расположены станции по линиям: OXX5, OXX9, OXX11, OXX15+50, OXX17+50, OXX20, OXX22+50, OXX24+60, OXX27, OXX34, OXX38, OXX44 – репера имеют отклонения координат по высоте от -1мм до +8 мм и в плане от -3 мм до +6 мм, т.е. смещения реперов на теле дамбы не наблюдаются, а имеющие

ее величины отклонений координат реперов находятся в пределах точности измерений, отсюда заключение, что дамба находится в устойчивом состоянии. Однако, следует обратить внимание, на появление значительных смещений на реперах: OXX15+10 (репер 3), OXX20- (репер 3), OXX24- (репер 3), OXX27- (репер3) и OXX27- (репер 4). Детальное обследование показало, что они были повреждены грейдером при чистке берм на дамбе. В связи с этим маркшейдерской службе необходимо сделать предписание в специальном журнале и ознакомить начальника хвостового хозяйства для усиления контроля над положением реперов на дамбах при проведении специальных работ. К тому же, следует заметить появление на отдельных участках откосов дамбы деформаций в виде эрозии на поверхности откосов, наглядно видны нарушения откосов в районе пикетов 5 и 6, а также пикета 17, где имеются промоины в виде эрозии на откосах шириной от 2-3 метров и достигают 5-7 м на пикете 17 за счет скопления снега на бермах в зимний период, а весной он тает и устремляется по откосу вниз. С этой целью следует разработать мероприятия по изготовлению искусственного стока воды по пластиковым трубам.

2. Координаты связующих точек стояния электронного тахеометра следует определять на основе высокоточных инструментальных наблюдений с применением GNSS-оборудования.

3. Осуществлять геометрическое нивелирование по металлическим реперам основной дамбы в виде замкнутого хода с точностью II класса с использованием цифрового нивелира в комплекте с инварными рейками и стальными башмаками для раннего выявления возможных деформаций породных дамб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Олейникова Е. А., Капасова А.З., Оралбай А.О. Лазерно-цифровые технологии измерений при наблюдениях за состоянием прибортовых массивов на карьерах. // Маркшейдерский вестник. – 2020. – №4(137). – С. 43-48 (на русском языке)
2. Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., Nizametdinov N.F., Oralbay A.O. Мониторинг устойчивости уступов и бортов карьеров. // Энерго- и ресурсосберегающие технологии развития сырьевой базы горнодобывающих регионов. – Петрошани: Издательство Университеты. – 2021. – С. 46-65 (на английском языке)

3. Жабко А.В., Валиев Н.Г., Половов Б.Д. Аналитический способ определения параметров процессов сдвижения горных пород. // Горный журнал. – 2020. – №3. – С. 13-17. – DOI: 10.17580/gzh.2020.03.02 (на русском языке)
4. Neil Bar, Rebecca Dixon. Открывая неизвестное: Практическое применение InSAR для мониторинга характеристик склонов и управления рисками на нескольких открытых шахтах, Австралия. // Инженерная геология. – 2021. – Т. 293 (на английском языке)
5. Низаметдинов Ф.К., Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Оралбай А.О. Инструментальный контроль устойчивости рудных отвалов на площадке кучного выщелачивания. // Горный журнал. – 2022. – №2. – С. 19-22. – DOI: 10.17580/gzh.2022.02.03 (на русском языке)
6. Dong J., Zhang L., Tang M., Liao M. Отображение смещений поверхности оползня с помощью SAR-интерферометрии временных рядов с использованием сочетания постоянных и распределенных рассеивателей: тематическое исследование оползня Цзяцзю в Данба, Китай. // Дистанционное зондирование окружающей среды. – 2018. – Т. 205. – С. 180-198 (на английском языке)
7. Qingwen Zhu, Tingchun Li, Hao Zhang, Jinlin Ran. Испытание геомеханической модели True 3D для исследования характеристик реологической деформации и разрушения глубоководных дорог из мягких пород, Китай. // Туннельные и подземные космические технологии. – 2022. – Т. 128 (на английском языке)
8. Zhigang Tao, Yu Shu, Xiaojie Yang, Yanyan Peng. Тестовое исследование физической модели характеристик прочности на сдвиг поверхности скольжения на склоне в карьере Наньфэнь, Китай. // Международный журнал горной науки и техники. – 2020. – Т. 193. – С. 421-428 (на английском языке)
9. Хайтао М., Ихай Ч. Физическое моделирование дамб хвостохранилищ в Китае. Аналитический обзор. // ФТПРПИ. – 2022. – №4. – С. 26-39 (на русском языке)
10. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергенова А.К. Применение современных технологий при проведении геодезического мониторинга сдвижений земной поверхности. // Горный журнал Казахстана. – 2020. – №3. – С. 19-24 (на русском языке)
11. Инструкция «Центры и реперы Государственной геодезической и нивелирной сетей Республики Казахстан», АЗР. – 2009. – С. 46 (на русском языке)
12. Патент на полезную модель №6179 РК от 24.12.2021 г. Мониторинговый пилон. Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г. и др. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Олейникова Е.А., Капасова А.З., Оралбай А.О. Карьерлердегі аспаптық массивтердің жай-күйін бақылау кезіндегі Өлшеудің Лазерлік-цифрлық технологиялары. // Маркшейдер хабаршысы. – 2020. – №4(137). – Б. 43-48 (орыс тілінде)
2. Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., Nizametdinov N.F., Oralbay A.O. Тау-кен өңірлерінің шикізат базасын дамытудың энергия және ресурс үнемдеуші технологиялары. – Петрошани: Университеттер Баспасы. – 2021. – Б. 46-65 (ағылшын тілінде)
3. Жабко А.В., Валиев Н.Г., Половов Б.Д. Тау жыныстарының жылжу процесстерінің параметрлерін анықтаудың Аналитикалық әдісі. // Тау журналы. – 2020. – №3. – Б. 13-17. – DOI: 10.17580/gzh.2020.03.02 (орыс тілінде)
4. Neil Bar, Rebecca Dixon. Белгісізді ашу: бірнеше ашық шахталарда беткейлердің өнімділігін бақылау және тәуекелдерді басқару үшін InSAR практикалық қолданылуы, Австралия. // Инженерлік геология. – 2021. – Т. 293 (ағылшын тілінде)
5. Низаметдинов Ф.К., Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Оралбай А. О. Үймелі шаймалау алаңындағы кен үйінділерінің тұрақтылығын аспаптық бақылау. // Тау журналы. – 2022. – №2. – Б. 19-22. – DOI: 10.17580/gzh.2022.02.03 (орыс тілінде)
6. Dong J., Zhang L., Tang M., Liao M. Тұрақты және үлестірілген диффузорлардың тіркесімін қолдана отырып, уақыт қатарының SAR интерферометриясы арқылы көшкін бетінің жылжуын картаға түсіру: Данбадағы Цзяцзю көшкінінің жағдайлық зерттеуі. Қытай. // Қоршаған ортаны қашықтықтан зондау. – 2018. – Т. 205. – Б. 180-198 (ағылшын тілінде)
7. Qingwen Zhu, Tingchun Li, Hao Zhang, Jinlin Ran. True 3D геомеханикалық моделін сынау, реологиялық деформация мен жұмсақ жыныстардың терең теңіз жолдарының сыну сипаттамаларын зерттеу, Қытай. // Туннель және жерасты ғарыштық технологиялары. – 2022. – Т.128 (ағылшын тілінде)
8. Zhigang Tao, Yu Shu, Xiaojie Yang, Yanyan Peng. Нанфен карьеріндегі еңістегі сырғанау бетінің сдысу күшінің физикалық үлгісін сынау, Қытай. // Тау-кен ғылымы мен техникасының халықаралық журналы. – 2020. – Т. 193. – Б.421-428 (ағылшын тілінде)

9. Хайтао М., Ихай Ч. Қытайдағы қалдық қоймаларының бөгеттерін физикалық модельдеу. Аналитикалық шолу. // FTPRPI. – 2022. – №4. – Б. 26-39 (орыс тілінде)
10. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергенова А.К. Жер бетінің жылжуына геодезиялық мониторинг жүргізу кезінде заманауи технологияларды қолдану. // Қазақстанның тау-кен журналы. – 2020. – №3. – Б. 19-24 (орыс тілінде)
11. «Қазақстан Республикасының Мемлекеттік Геодезиялық және нивелирлік желілерінің орталықтары мен реперлері» нұсқаулығы, АЗР. – 2009. – Б. 46 (орыс тілінде)
12. Пайдалы модельге Патент №6179 ҚР 24.12.2021 ж. Мониторингтік пилон. Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г. және т. б. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Nizametdinov N.F., Nizametdinov R.F., Oleynikova E. A., Kapasova A.Z., Oralbai A.O. Lazerno-tsifrovyye tehnologii izmerenij pri nablyudeniyah za sostoyaniem pribortovyh massivov na kar'erah [Laser-digital measurement technologies for observations of the state of instrument arrays at quarries]. // Markshejderskij vestnik. = Surveying Bulletin. – 2020. – №4(137). – P. 43-48 (in Russian)
2. Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., Nizametdinov N.F., Oralbai A.O. Monitoring of the benches and sides stability of the quarries. // Energy- and Resource-Saving Technologies of Developing the Raw-Material Base of Mining Regions. – Petroşani: Universitas Publishing. – 2021. – P. 46-65 (in English)
3. Zhabko A.V., Valiev N.G., Polovov B.D., Analiticheskiy sposob opredeleniya parametrov protsessov sdvizheniya gornoy porod [Analytical method for determining parameters of processes of rock movement]. // Gornyy zhurnal [Mining Journal]. – 2020. – №3. – P. 13-17. – DOI: 10.17580/gzh.2020.03.02 (in Russian)
4. Neil Bar, Rebecca Dixon. Unveiling unknowns: Practical application of InSAR for slope performance monitoring and risk management across multiple surface mines, Australia. // Engineering Geology. – 2021. – Vol. 293 (in English)
5. Nizametdinov F.K., Nizametdinov N.F., Nizametdinov R.F., Oralbai A.O. Instrumental stability control of ore dumps at the heap leaching site. // Mining Journal. – 2022. – №2. – P. 19-22. – DOI: 10.17580/gzh.2022.02.03 (in English)
6. Dong J., Zhang L., Tang M., Liao M. Mapping landslide surface displacements with time series SAR interferometry by combining persistent and distributed scatterers: A case study of Jiaju landslide in Danba, China. // Remote Sensing of Environment. – 2018. – Vol. 205. – P. 180-198 (in English)
7. Qingwen Zhu, Tingchun Li, Hao Zhang, Jinlin Ran. True 3D geomechanical model test for research in rheological deformation and failure characteristics of deep soft rock roadways, China. // Tunneling and Underground Space Technology. – 2022. – Vol. 128 (in English)
8. Zhigang Tao, Yu Shu, Xiaojie Yang, Yanyan Peng., Physical model test study on shear strength characteristics of slope sliding surface in Nanfen open-pit mine, China. // International Journal of Mining Science and Technology. – 2020. – Vol. 193. – P. 421-429 (in English)
9. Haitao M., Yihai Ch. Fizicheskoe modelirovanie damb hvostohranilishch v Kitae [Physical modeling of tailings dams in China]. // Analiticheskiy razbor [Analytical review]. // FTPRPI. – 2022. – No.4. – P. 26-39 (in Russian)
10. Igemberlina M. B., Nizametdinov R. F., Estaeva A. R., Satbergenova A. K. Primeneniye sovremennykh tehnologiy pri provedenii geodezicheskogo monitoringa sdvizhenij zemnoj poverhnosti [Application of modern technologies in geodetic monitoring of Earth surface movements]. // Gornyy zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan]. – 2020. – No.3. – P. 19-24 (in Russian)
11. Instruktziya «Tsentry i repery Gosudarstvennoy geodezicheskoy i nivelirnoy setej Respubliki Kazakhstan» [Instruction «Centers and reference points of the State geodetic and leveling networks of the Republic of Kazakhstan»], AZR. – 2009. – P. 46 (in Russian)
12. Patent na poleznyuyu model' №6179 RK ot 24.12.2021 g. Monitoringovyj pylon [Utility model Patent No.6179 of the Republic of Kazakhstan dated 12/24/2021. Monitoring pylon]. – Nizametdinov N.F., Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., etc. (in Russian)

Сведения об авторах:

Низаметдинов Ф.К., доктор технических наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), niz36@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1933-6351>

Ожигин Д.С., доктор PhD, и.о. доцента кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), ddd117@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2443-3068>

Низаметдинов Р.Ф., кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), niz36@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5857-3886>

Ситникова Е.В., старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), katya_sitnikova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9139-9808>

Авторлар туралы мәліметтер:

Низаметдинов Ф.К., техника ғылымдарының докторы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ожигин Д.С., PhD докторы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доцентінің м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Низаметдинов Р.Ф., техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доценті м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ситникова Е.В., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Nizametdinov F.K., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Mine Surveying and Geodesy» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Ozhigin D.S., Doctor of PhD, Senior Lecturer of the Department of «Mine Surveying and Geodesy», Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Nizametdinov R.F., candidate of technical sciences, acting Associate Professor of the Department «Mine Surveying and Geodesy» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Sitnikova E.V., Senior Lecturer of the Department of «Mine Surveying and Geodesy», Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

micromine

ТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ГОРНОЙ ДОБЫЧИ

Компания Micromine Central Asia
поздравляет с Днём Шахтёра!



ТОО «МАЙКРОМАЙН Центральная Азия», 050062, Казахстан, Алматы
ул. Кабдолова 16, корпус 1, офис 501
Т: +7 727 349 39 94
Представительство MICROMINE PTY LTD, 100000, Узбекистан, Ташкент
ул. Мустакиллик 88а, БЦ «Дархан», офис 101
Т: +998 (71) 140 41 64



Код МРНТИ 53.31.15

Е.Б. Тажиев, *Е.Е. Жолдасбай, А.А. Аргын, Г.М. Койшина
Sathbayev University (Алматы, Казахстан)

ПОДГОТОВКА МОНОШИХТЫ НА ОСНОВЕ МАРГАНЦЕВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОМАРГАНЦА: РАСЧЕТ РАСХОДА УГЛЕРОДА

Аннотация. На крупных обогатительных фабриках металлургических комбинатов накапливаются отходы от обогащения марганцевых и хромитовых руд, дисперсные железосодержащие и углеродсодержащие шламы. В настоящей работе представлены результаты предварительной подготовки шихты для переработки мелких марганцевых отходов от обогащения марганцевых руд Джездинского ГОКа. Разработана методика поэтапного приготовления комплексных мелкодисперсных смесей (фракция менее 1 мм), состоящей из марганцевых отходов, прокатной окалины и древесного угля. Комплексные аналитические исследования промежуточных и конечных продуктов выполнялись с помощью методов атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, рентгенофазового анализа. Приведен состав окончательной моношихты, готовой к проведению дальнейшей операции получения металлизированных окатышей, пригодной для восстановительной плавки с целью получения ферромарганца заданного состава.

Ключевые слова: марганцевые отходы, железо, марганец, обогащение, моношихта, расход углерода, прокатная окалина.

Ферромарганец алу үшін марганец қалдықтарына негізделген моношихтаны дайындау: көміртегі шығынын есептеу

Аңдатпа. Металлургиялық комбинаттардың ірі байыту фабрикаларында марганец және хромит кендерін байытудан қалған қалдықтар, құрамында темірі бар дисперсті және құрамында көміртегі бар шламдар жинақталған. Бұл жұмыста Джездин ҚБК марганец кендерін байытудан ұсақ марганец қалдықтарын өңдеуге арналған шихтаны алдын ала дайындау нәтижелері ұсынылған. Марганец қалдықтарынан, илектеу масштабынан және көмірден тұратын күрделі ұсақ дисперсті қоспаларды (фракциясы 1 мм-ден аз) кезең-кезеңімен дайындау әдістемесі әзірленді. Аралық және соңғы өнімдерге кешенді аналитикалық зерттеулер индуктивті байланысқан плазмамен атомдық-эмиссиялық спектроскопия әдістерін, рентгендік фазалық талдауды қолдана отырып жүргізілді. Берілген құрамның ферромарганецін алу мақсатында тотықсыздандырып балқытуға жарамды металдандырылған түйіршіктерді алудың одан әрі операциясын жүргізуге дайын соңғы моношихтаның құрамы келтірілген.

Түйінді сөздер: марганец қалдықтары, темір, марганец, байыту, моношихта, көміртегі шығыны, прокат окалинасы.

Preparation of a single charge based on manganese waste for the production of ferromanganese: calculation of carbon consumption

Abstract. At large processing plants of metallurgical plants, waste from the enrichment of manganese and chromite ores, dispersed iron-containing and carbon-containing slurries accumulate. This paper presents the results of preliminary preparation of the charge for processing small manganese waste from the enrichment of manganese ores of the Dzhezdinsky MPP. A method of step-by-step preparation of complex fine mixtures (fraction less than 1 mm) consisting of manganese waste, rolling scale and charcoal has been developed. Complex analytical studies of intermediate and final products were carried out using methods of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma, X-ray phase analysis. The composition of the final mono-charge, ready for the further operation of obtaining metallized pellets, suitable for reducing melting in order to obtain ferromanganese of a given composition, is given.

Key words: manganese waste, iron, manganese, enrichment, mono-charge, carbon consumption, rolling scale.

Введение

Традиционная технология производства ферросплавов, базирующаяся на использовании кусковых марганцевых и хромитовых руд с использованием металлургического кокса и флюсующих добавок [1, 2], вызывает необходимость решения ряда проблем. Это – ресурсосбережение первичного сырья, образование и переработка металлургических отходов, получаемых при производстве ферросплавов, снижение себестоимости продукции за счет сокращения электроэнергии и расхода кокса.

Высокотемпературный процесс восстановительной плавки исходной шихты для производства ферросплавов основан на рудно-термических электроплавильных печах. Нагрев и плавление шихты осуществляется опусканием электродов в слой шихты, подачей и регулированием расхода электроэнергии. Поскольку основные компоненты шихты – руда и кокс представляют окисленные материалы, процессы восстановления металлов углеродом кокса могут начинаться исключительно при расплавлении рудной части шихты. Химическое взаимодействие между оксидами железа, марганца и хрома и углеродом кокса происходит при высокой температуре в жидкой фазе оксидов [3]. Такой механизм осуществления технологического процесса производства стали и ферросплавов распространен во всем мире и является

незыблемой фундаментальной основой традиционной технологии.

Расход энергии на ферросплавное производство по традиционной технологии складывается из нагрева шихты, расплавления рудной части шихты, эндотермических тепловых эффектов восстановления железа, марганца, хрома, кремния твердым углеродом, и перегрева расплавов шлака и ферросплавов. Суммарный расход электроэнергии на производство ферромарганца колеблется в пределах 5000-6000 кВт·ч/т и 9000-9500 кВт·ч/т феррохрома. При этом технология сопровождается большим расходом кокса, который варьирует в пределах 500-600 кг/т ферросплава [4]. Большие расходы на электроэнергию и кокс определяют себестоимость и рыночную стоимость ферросплавной продукции. Несмотря на высокие затраты электроэнергии и кокса с одной стороны, и экологические проблемы с другой, до сегодняшнего дня продолжают получать высокоуглеродистые ферросплавы.

Сегодня производство железа и стали, а также ферросплавов является ответственной отраслью за большие выбросы парниковых газов. Важность решения этой задачи усиливается тем, что по прогнозам экспертов, ожидаемый постоянный выброс антропогенных парниковых газов может привести к резким изменениям климатических условий [5]. Для снижения выбросов очевидными представляются

внедрение прорывных технологий и использование альтернативного топлива, обедненного по CO_2 . Возможными вариантами решения может быть применение в качестве восстановителей биомассы, биоуглерода или водорода. Углерод на биологической основе можно считать CO_2 -нейтральным, если такое же количество биомассы потребляется и рекультивируется [6]. Следовательно, замена ископаемых носителей углерода, к примеру, на древесный уголь, может привести к существенному снижению удельных выбросов CO_2 в атмосферу [7].

Отдельная проблема – изыскание способов переработки мелкодисперсных отходов от обогащения марганцевых и хромовых руд, накопленные объемы которых определяют критический уровень их влияния на грунтовые воды, водную флору и окружающую среду [8, 9, 10].

Наиболее распространенный способ переработки мелких отходов от обогащения руд, широко используемый на практике – окускование путем их агломерации, которую реализуют при температуре 1450 °С. Мелкие частицы при такой температуре даже близко не подходят к состоянию размягчения, так как процесс обеспечивается при высоких температурах – 1600-1700 °С. Обычные агломерационные машины такие температуры не выдерживают. Сегодня агломерация не представляется эффективной, как с точки зрения технологии, так и с экологической стороны. Второй широко используемый способ подготовки мелкодисперсного материала к переработке – окускование путем организации производства окатышей. Процесс также требует значительных издержек: измельчения мелких отходов до дисперсного состояния, расход связующих материалов, использование дополнительного оборудования.

В научной литературе известен ряд работ, посвященный эффективному решению вопроса переработки мелкодисперсных хром-, марганецсодержащих отходов [11, 12, 13]. Однако, в силу больших капитальных затрат и жестких требований, предъявляемых к экологии, связанных с большими выбросами парниковых газов, внедрение их в производство сдерживается и не находит широкого применения.

Проведенный краткий анализ показывает, что в силу усиленных жестких мер к окружающей среде по выбросам парниковых газов, существующие производства стали и ферросплавов испытывают серьезное давление. Это, безусловно, вызывает необходимость изыскания новых подходов и научных решений с целью модернизации производства.

Большой теоретический и практический интерес представляют результаты работы [14], где изложены новые подходы к технологии производства стали и ферросплавов, базирующиеся на единой методике расчета исходной шихты регулируемого состава. Предложенные авторами решения представляют исключительный интерес с точки зрения вовлечения на переработку мелкодисперсных марганец-, хромсодержащих отходов от обогащения соответствующих руд, другого различного по типу и составу многокомпонентного сырья с высоким извлечением из них ценных металлов. Использование в разработанной технологии в качестве восстановителя, вместо природного углерода, древесного угля, придает особую привлекательность к технологии.

В настоящей работе приведена методика расчета необходимого расхода углерода для приготовления шихты регулируемого состава на основе марганцевых отходов Джездинского ГОКа.

Материалы и методы исследования

Материалы. Подготовка «моношихты» и ее пирометаллургическая переработка основана на решении актуальной проблемы эффективного использования накопленных металлосодержащих промышленных отходов для производства товарной продукции.

Под понятием «моношихта» подразумевается предварительно подготовленная смесь, состоящая из металлосодержащих компонентов и углеродсодержащих восстановителей. Массовое соотношение компонентов подобрано так, что при восстановительном обжиге и плавке из нее получают металл и сплав заданного состава.

В настоящей работе основу моношихты составляют накопленные отходы от обогащения марганцевых руд Джездинского ГОКа, прокатная окалина производства стали металлургического производства «Арселор Миттал» и древесный уголь, полученный пиролизом биологических отходов, начиная от сорняковых трав до отходов сельхозугодий (соломы, стеблей хлопчатника и др.).

Методы исследования. Элементные составы исходных компонентов шихты и полученных продуктов определяли с помощью масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7700 Series ICP-MS (США) и химического метода анализа.

Рентгенофазовый анализ проб проводили с использованием прибора D8 Advance (Bruker AXS GmbH), α -Cu, напряжение на рентгеновской трубке 40/40. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения EVA. Расшифровка проб и поиск фаз осуществляли с помощью программы Search/match с использованием Базы данных карточек ASTM. Ошибка количественного анализа $\pm 5\%$.

Отходы от обогащения марганцевых руд содержат низкую концентрацию оксидов железа и марганца – на уровне 6,0-7,5% и 15,0-20%, соответственно. Для проведения экспериментальных исследований исходный материал был подвергнут дополнительному обогащению на воздушно-гравитационной установке, специальной конструкции [15].

Результаты и их обсуждение

Элементный и фазовый состав марганецсодержащих отходов Джездинского ГОКа показаны в табл. 1 и 2.

В отходах железо и марганец, в основном, представлены в виде своих оксидов, силикатов и ферритов. После гравитационной обработки в кипящем слое [15] получили остаточный продукт, массой в пределах 0,78-0,80 кг.

Химический анализ полученных после воздушно-гравитационного обогащения образцов показал хорошую их сходимость (табл. 3).

Полученные опытные образцы марганцевых отходов с повышенным содержанием марганца были использованы для приготовления комплексной железо-марганец-углеродсодержащей моношихты.

Таблица 1

Элементный анализ марганцевых отходов

Кесте 1

Марганец құрамды қалдықтардың элементтік анализі

Table 1

Elemental analysis of manganese waste

| Элементы | Содержание компонентов, % масс. | Элементы | Содержание компонентов, % масс. |
|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|
| O | 44,64 | K | 0,258 |
| Mn | 16,32 | Ca | 16,631 |
| Fe | 4,68 | Ti | 0,167 |
| Na | 0,28 | As | 0,04 |
| Mg | 0,831 | Cu | 0,012 |
| Al | 1,38 | Zn | 0,072 |
| Si | 7,04 | Pb | 0,244 |
| P | 0,022 | Sr | 0,133 |
| Cl | 0,038 | Ba | 6,521 |
| S | 0,682 | Pb | 0,002 |

Таблица 2

Результаты полуколичественного анализа отходов

Кесте 2

Қалдықтарды жартылай сандық талдау нәтижелері

Table 2

Results of semi-quantitative waste analysis

| Минералы | Формула | Содержание, % |
|-------------------|---|---------------|
| Calcite | Ca(CO ₃) | 41,2 |
| Quartz, syn | SiO ₂ | 13,0 |
| Braunite-1Q, syn | Mn ₇ O ₈ (SiO ₄) | 10,1 |
| Bixbyite, ferrian | FeMnO ₃ | 9,9 |
| Baryte | BaSO ₄ | 6,6 |
| Pigeonite | Mg _{0,69} Fe _{0,23} Ca _{0,08} SiO ₃ | 6,0 |
| Dickite-2M1 | Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ | 5,6 |
| Hematite, syn | Fe _{1,957} O ₃ | 4,6 |
| Iron Manganese | Fe ₃ Mn ₇ | 3,0 |

Содержание оксида железа в полученных марганцевых отходах незначительно 10-11%, что недостаточно для подготовки окончательной моношихты. Для получения оптимального состава шихты в ее состав вводили дополнительно железосодержащий промышленный отход – прокатную окалину с высоким содержанием железа (до 67%). Далее готовили смесь прокатной окалины с марганцевым отходом исходя из их массового соотношения равной 0,1/0,9. Средневзвешенный химический состав приготовленной смеси представлен в табл. 4.

Из представленной в табл. 4 состава смеси в расчет принимали то, что твердым углеродом восстанавливаются оксиды железа и марганца. В соответствии с ходом прямого восстановления металлов из их оксидов твердым углеродом определяли стехиометрический расход твердо-

го углерода, который необходим для добавления в приготовленную смесь.

В табл. 5 представлены химические составы исходных компонентов, использованных для приготовления шихты.

В методическом плане задача поставлена так, чтобы вводимый в состав шихты твердый углерод был использован полностью на восстановление металлов без потерь. Железо и марганец восстанавливаются из своих оксидов углеродом в совершенно разных температурных режимах: железо – при 800-1000 °С; марганец – 1000-1250 °С. Как видно, при полной металлизации железа в смеси шихты значительное количество марганца остается в оксидной форме. При этом, предназначенное на его восстановление количество углерода останется в системе и будет полностью использовано при дальнейшей восстановительной плавке материала.

Общепринятая методика расчета прямого восстановления металлов углеродом на основе адсорбционно-автокаталитической теории предусматривает двухстадийные реакции:



Суммирование реакций (1), (2) дает реакцию (3), которая, как кажется, протекает исключительно с образованием газообразного продукта в виде CO . Однако такое представление не соответствует действительности. Оксиды металлов характеризуются «сильными» и «слабыми» химическими связями в зависимости от упругости диссоциации или свободной энергии Гиббса. Например, оксиды Fe_2O_3 и MnO_2 являются довольно «слабыми», свободно диссоциируют уже при температуре 800-900 °С. При их взаимодействии с твердым углеродом следует ожидать образования CO_2 . Это имеет принципиальное значение. По реакции (3) на восстановление одной атомной единицы металла расходуется 12 г-атом углерода. В то же время, когда оксид металла напрямую взаимодействует с углеродом с образованием CO_2 по реакции:



на одну атомную единицу металла расходуется 6 г-атом углерода (в два раза меньше).

Поскольку извлекаемые элементы представлены в виде оксидов марганца и железа различной модификации, количество газифицируемого кислорода и состав газовой фазы будут зависеть от окисленности восстанавливаемых металлов.

Окисленность железа может быть определена исходя из содержания общего железа $Fe_{общ}$ и FeO . Если в сырье отсутствует металлическое железо, то общее железо распределяется между двумя оксидами Fe_2O_3 и FeO , поскольку Fe_3O_4 представляет собой комплексное соединение $Fe_3O_4 = Fe_2O_3 \cdot FeO$. Тогда количество связанного кислорода, отнесенное к единице массы железа из трех его оксидов, имеет следующее значение:

Химический состав марганцевых отходов после обогащения

Таблица 3

Байытудан кейінгі марганец қалдықтарының химиялық құрамы

Кесте 3

Chemical composition of manganese waste after enrichment

Table 3

| Наименование образца | Химический состав, % масс. | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|-------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| | Fe _{общ} | Mn | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | S | P |
| Образец 1 | 9,82 | 27,90 | 34,30 | 4,33 | 1,82 | 0,62 | 0,22 | 0,82 |
| Образец 2 | 10,11 | 28,12 | 33,12 | 4,26 | 1,81 | 0,58 | 0,21 | 0,81 |
| Образец 3 | 10,56 | 28,53 | 32,20 | 4,21 | 1,80 | 0,56 | 0,20 | 0,79 |
| Образец 4 | 10,62 | 28,65 | 31,40 | 4,20 | 1,76 | 0,55 | 0,20 | 0,80 |

Таблица 4

Средневзвешенный химический состав смеси

Кесте 4

Қоспаның орташа өлшенген химиялық құрамы

Table 4

Weighted average chemical composition of the mixture

| Наименование шихты | Химический состав, % масс. | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|-------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| | Fe _{общ} | Mn | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | P | S |
| Окалина/Мп-й отход: 0,1/0,9 | 15,85 | 25,56 | 29,02 | 3,78 | 1,60 | 0,49 | 0,19 | 0,77 |

Таблица 5

Химический состав исходных компонентов шихты

Кесте 5

Бастапқы шихта компоненттерінің химиялық құрамы

Table 5

Chemical composition of the initial components of the charge

| Наименование материала | Химический состав, % масс. | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|-------|-------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|
| | Fe | FeO | Mn | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | S | P | C |
| Марганцевый отход | 11,21 | – | 28,35 | 32,25 | 4,20 | 1,78 | 0,55 | 0,8 | 0,21 | – |
| Прокатная окалина | 66,67 | 32,21 | 0,44 | – | – | – | – | 0,01 | 0,50 | – |
| Древесный уголь | – | – | – | 1,02 | 0,26 | – | – | – | 0,37 | 98,0 |

$$\begin{aligned}
 \text{из } Fe_2O_3 & \quad O_{Fe_2O_3} = 0,4285 \text{ кг/кг } Fe; \\
 \text{из } Fe_3O_4 & \quad O_{Fe_3O_4} = 0,3809 \text{ кг/кг } Fe; \\
 \text{из } FeO & \quad O_{FeO} = 0,2857 \text{ кг/кг } Fe.
 \end{aligned} \quad (5)$$

В химическом анализе сырья обычно определяют Fe_2O_3 и FeO или общее железо $Fe_{общ}$ и вюстит (FeO). Железо из Fe_2O_3 восстанавливается многоступенчато $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO$, а из FeO – одноступенчато, т.е. $FeO \rightarrow Fe$. При восстановлении твердым углеродом все ступени реакции имеют отрицательные тепловые эффекты и различные количественные значения. Причем, все реакции сопровождаются одновременным образованием CO_2 и CO в различных соотношениях. При этом концентрация CO_2 в газовой фазе падает в направлении уменьшения атомного отношения кислорода к железу, а концентрация CO повы-

шается. Количество и соотношение образующегося газа зависит, прежде всего, от общего количества газифицируемого кислорода и распределения его по фазам оксидов. Общее количество газифицируемого кислорода оксидов металла определяется методом последовательных фазовых превращений.

Методика расчета последовательных фазовых превращений оксидов металлов. Как видно из выражения (5), суммарное количество газифицируемого железа в гематите составляет 0,4285 г/г Fe . При трехступенчатом фазовом превращении гематита до металлического железа $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe_{мет}$ на каждой ступени фазового превращения газифицируется определенная доля кислорода от его общего количества (0,4285) в следующих долях:



где $Fe_{(c)}$ – содержание железа в шихтовом материале в виде гематита, %.

Учитывая, что часть железа в шихте находится в виде FeO , можно вычислить количество железа, связанного в гематит, исходя из соотношения:

$$Fe_{(c)} = Fe_{(общ)} - 0,777 \cdot FeO, \% \quad (9)$$

Газифицируемый кислород из FeO составит:

$$\Delta O_4 = 0,223 \cdot R_{Fe} \cdot FeO, \text{ кг/кг шихты,} \quad (10)$$

где: R_{Fe} – степень восстановления железа, $R_{Fe} = 0,98$ [15].

Суммарное количество газифицируемого кислорода из гематита Fe_2O_3 и FeO с учетом степени восстановления железа (R_{Fe}) определяется по уравнению:

$$\Delta O_{\Sigma Fe} = 10^{-2} [Fe_{общ} - 0,777 \cdot FeO] \cdot 0,4285 (0,333 + 0,667 \cdot R_{Fe}) + 0,228 R_{Fe} \cdot FeO, \text{ кг/кг шихты.} \quad (11)$$

Газификация кислорода оксидов марганца. Последовательное восстановление марганца в смеси, составленной на основе марганцевых отходов, которые могут находиться в виде оксидов MnO_2 , MnO , осуществляется аналогично расчетам, проведенным выше для восстановления железа.

Марганец восстанавливается ступенчато по схеме:



Поскольку массовые характеристики марганца и его оксидов весьма близки к свойствам железа, для определения газифицируемого кислорода на стадиях $Mn_2O_3 \rightarrow Mn_3O_4 \rightarrow MnO \rightarrow Mn$ можно использовать выражение:

$$\Delta O'_{Mn} = 10^{-2} \cdot Mn \cdot [0,1455 + 0,2908 \cdot R_{Mn}], \text{ кг/кг шихты.} \quad (13)$$

где: R_{Mn} – степень восстановления марганца, $R_{Mn} = 0,75$ [15].

Тогда, общее количество газифицируемого кислорода из шихты, составленной на основе марганцевых отходов, получаемое за счет восстановления железа и марганца, будет:

$$\Sigma O_{Mn} = \Delta O_{\Sigma Fe} + \Delta O'_{Mn}, \text{ кг/кг шихты.} \quad (14)$$

Определение стехиометрического расхода углерода.

Согласно диссоциационно-адсорбционному механизму, представленному авторами работы [15], при прямом взаимодействии твердого углерода с оксидами металлов происходит выделение CO и CO_2 . Соотношение компонентов в газовой фазе зависит от дисперсности системы и температуры процесса.

Расход углерода на газификацию кислорода ($G_{C,Mn}$) оксидов железа и марганца из марганцевых отходов определяется с учетом доли образующегося газа CO_2 по химической прочности оксидных фаз по формуле:

$$G_{C,Mn} = 0,75 \cdot 10^{-2} \cdot [(Fe_{общ} - 0,777 \cdot FeO) 0,333 + 0,187 \cdot R_{Fe} \cdot FeO + (0,1455 + 0,2908 \cdot R_{Mn}) \cdot Mn], \text{ кг/кг шихты,} \quad (15)$$

где: $Fe_{общ}$, FeO , Mn – содержание компонентов в шихте, %;

R_{Fe} , R_{Mn} – степень восстановления железа и марганца, %.

Для нашего случая $G_{C,Mn} = 0,2068$ кг, что в пересчете на древесный уголь составит 0,211 кг/кг шихты. С учетом установленного расхода древесного угля рассчитан средневзвешенный химический состав (с учетом корректировки по флюсам) углеродсодержащей моношихты, который представлен в табл. 6.

Таблица 6

Химический состав углеродсодержащей моношихты на основе марганцевых отходов от обогащения марганцевых руд Джездинского ГОКа

Кесте 6

Джездин КБК марганец кендерін байытудан алынған марганец қалдықтары негізінде құрамында көміртегі бар моношихтаның химиялық құрамы

Table 6

Chemical composition of carbon-containing mono-charge based on manganese waste from the enrichment of manganese ores of the Dzhezdzinsky GOK

| Содержание, % масс. | | | | | | | | |
|---------------------|-------|------------------|--------------------------------|-------|------|------|------|-------|
| Fe | Mn | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | S | P | C |
| 12,32 | 24,38 | 8,39 | 3,44 | 13,06 | 0,35 | 0,15 | 0,15 | 16,72 |

Сформированный состав дисперсной шихты фракции ≤ 1,0 мм подвергается дальнейшей обработке для получения металлизированных окатышей. При этом химический состав получаемых окатышей остается таким же, как в табл. 6.

Восстановительная плавка металлизированных окатышей обеспечивает получение ферромарганца заданного состава с минимальным содержанием углерода.

Выводы

1. На основании исследований вещественного состава марганцевых отходов Джездинского ГОКа установлено, что отходы по содержанию железа и марганца практически не пригодны к дальнейшей переработке. Переработка их по традиционной технологии затруднительна. Возможность проведения предварительного обогащения отходов позволяет поднять содержание марганца в конечном продукте до 23%.

2. Показана возможность дальнейшей переработки полученного продукта путем подготовки и компоновки шихты из прокатной окалины и древесного угля. На основании новых подходов к существующей базовой адсорбционно-каталитической теории восстановления оксидов металлов предложен иной подход к низкотемпературному твердофазному восстановлению оксидов металлов твердым углеродом.

3. Приведена методика расчета расхода твердого углерода, который добавляется в шихту с древесным углем,

обеспечивающий получение моношихты в виде металлизированных окатышей.

4. Полученные результаты будут использованы для проведения дальнейших исследований по восстановительной плавке окатышей с получением ферромарганца высокого качества с минимальным содержанием углерода.

Исследования проводились в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки

и высшего образования Республики Казахстан на 2023-2025 годы по приоритетному направлению «Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции» проекта AP19576391 «Разработка инновационной технологии получения новых сплавов из накопленных некондиционных многокомпонентных хром-, марганец содержащих отходов с применением Big Data».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рысс М.А. Производство ферросплавов. – М.: Metallurgy. – 1985. – С. 244 (на русском языке)
2. Шишкин Ю.И., Торговец А.К. Современный кислородно-конвертерный процесс: Учебное пособие. – Алматы: Фылым. – 2013. – С. 145 (на русском языке)
3. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Metallurgy железа: Учебник для вузов. – М.: «Академкнига». – 2007. – С. 464 (на русском языке)
4. Гасик М.И., Емлин Б.Н. Электрометаллургия ферросплавов: Теория и технология получения ферросплавов. – Киев, Донецк: Высшая школа. – 1983. – С. 376 (на русском языке)
5. Norberg, N. и др. Использование биомассы в интегрированном производстве стали – статус-кво, будущие потребности и сравнение с другими технологиями производства стали с низким содержанием CO₂. Приложение. Энергия. – 2018. – Т. 213. – С. 384-407 (на английском языке)
6. Mousa E., Wang C., Riesbeck J., Larsson M. Применение биомассы в черной металлургии: обзор проблем и возможностей. Возобновлять. Поддерживать. Энергетический обзор. – 2016. – Т. 65. – С. 1247-1266 (на английском языке)
7. Quader M.A., Ahmed S., Ghazilla R.A.R., Ahmed S., Dahari M.A. Всесторонний обзор энергоэффективных прорывных технологий по выбросу CO₂ для устойчивого производства чугуна и стали. Возобновлять. Поддерживать. Энергетический обзор. – 2015. – Т. 50. – С. 594-614 (на английском языке)
8. Manfe M.M., Attar S.J., Parande M., Topare N.S. Очистка сточных вод, загрязненных Cr (VI), с использованием биосорбентов *Prunus Amygdalus* (Миндаль). Углерод ореховой скорлупы. // Международный журнал химических наук. – 2012. – Том 10. – С. 609-618 (на английском языке)
9. Xu F.Y., Jiang L.H., Dan Z.G. Анализ водного баланса и исследование рециркуляции сточных вод в электролитической марганцевой промышленности Китая – тематическое исследование. // Гидрометаллургия. – 2014. – Т. 149. – С. 12-22 (на английском языке)
10. Duan, N., Wang, F., Zhou, C.B. Анализ загрязняющих веществ, образующихся на предприятиях по производству электролитического марганца в Китае. // Ресурсы, сохранение и переработка отходов. – 2010. – Т. 54. – С. 506-511 (на английском языке)
11. Akar Sen G. Применение полнофакторного экспериментального проектирования и методологии поверхности отклика для обогащения хромита на обогатительной фабрике Кнелсона. // Минералы. – 2016. – Т. 6. – Вып. 1. – С. 5 (на английском языке)
12. Tripathy S.K., Ramamurthy Y., Singh V. Определение содержания хромита в отходах завода методом гравитационного обогащения. // Журнал Минералы и Материалы. Англ. – 2011. – Т. 10. – Вып. 1. – С. 13-25 (на английском языке)
13. Zakharov G., Tavadze G., Oniashvili G. Получение лигатур из отходов марганцевого производства методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. // Порошковая металлургия и керамика. – 2021. – Т. 60. – С. 513-518. – <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00263-9> (на английском языке)
14. Tleugabulov S.M., Ryzhonkov D.I., Altybayeva D.Kh., Koishina G.M. Ограничение результатов карбонизации металла при реализации процесса «Руда-сталь». // Международный журнал химических наук. Индия. – 2015. – Т. 13(1). – С. 391-402 (на английском языке)
15. Тажиев Е.Б., Тлеугабулов С.М., Койшина Г.М. Воздушно-гравитационное обогащение марганцевых отходов. Международная научно-практическая конференция «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях. Индустрия 4.0». 14-15 марта. – Алматы: КазНУТУ. – 2019. – С. 374-377 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Рысс М.А. Ферроқорытпа өндірісі. – М.: Metallurgy. – 1985. – Б. 244 (орыс тілінде)
2. Шишкин Ю.И., Торговец А.К. Заманауи оттегі түрлендіргіш процесі: оқу құралы. – Алматы: Фылым. – 2013. – Б. 145 (орыс тілінде)

3. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Темір металлургиясы: жоғары оқу орындарына арналған оқулық. – М.: «Академик Кітап». – 2007. – Б. 464 (орыс тілінде)
4. Гасик М.И., Емлин Б.Н. Ферроқорытпалардың электрометаллургиясы: ферроқорытпаларды өндіру теориясы мен технологиясы. – Киев, Донецк: Жоғары мектеп. – 1983. – Б. 376 (орыс тілінде)
5. Norberg N. және т. б. Біріктірілген болат-статус-кво өндірісінде биомассаны пайдалану, болашақ қажеттіліктер және басқа CO₂ төмен болат өндіру технологияларымен салыстыру. Қосымша. Энергия. – 2018. – Т. 213. – Б. 384-407 (ағылшын тілінде)
6. Mousa E., Wang C., Riesbeck J., Larsson M. Қара металлургияда биомассаны қолдану: проблемалар мен мүмкіндіктерге шолу. Жалғастыру. Қолдау. Энергетикалық шолу. – 2016. – Т. 65. – Б. 1247-1266 (ағылшын тілінде)
7. Quader M.A., Ahmed S., Ghazilla R.A.R., Ahmed S., Dahari M.A. Шойын мен болатты тұрақты өндіруге арналған энергияны үнемдейтін серпінді CO₂ шығару технологияларына жан-жақты шолу. Жалғастыру. Қолдау. Энергетикалық айналым. – 2015. – Т. 50. – Б. 594-614 (ағылшын тілінде)
8. Manfe M.M., Attar S.J., Parande M., Topare N.S. Cr (VI) ластанған ағынды суларды Prunus Amygdalus (бадам) жаңғақ қабығының көміртегі биосорбенттерін қолдану арқылы тазарту. Халықаралық химия ғылымдары журналы. – 2012. – Т. 10. – Б. 609-618 (ағылшын тілінде)
9. Xu F.Y., Jiang L.H., Dan Z.G. Су балансын талдау және Қытайдың электролиттік марганец өнеркәсібіндегі ағынды суларды кәдеге жаратуды зерттеу – жағдайлық зерттеу. // Гидрометаллургия. – 2014. – Т.149. – Б. 12-22 (ағылшын тілінде)
10. Duan N., Wang F., Zhou C.B. Қытайдағы электролиттік марганец зауыттарында пайда болатын ластаушы заттарды талдау. // Ресурстар, қалдықтарды сақтау және қайта өңдеу. – 2010. – Т. 54. – Б. 506-511 (ағылшын тілінде)
11. Akar Sen G. Кнелсонның байыту фабрикасында хромитті байыту үшін толық факторлы эксперименттік дизайн мен жауап бетінің әдістемесін қолдану. Минералдар. – 2016. – Т. 6. – Шығ. 1. – Б. 5 (ағылшын тілінде)
12. Tripathy S.K., Ramamurthy Y., Singh V. Гравитациялық байыту әдісімен зауыт қалдықтарындағы хромит құрамын анықтау. Журнал минералдар мен материалдар. Ағылш. – 2011. – Т. 10. – Шығ. 1. – Б. 13-25 (ағылшын тілінде)
13. Zakharov G., Tavadze G., Oniashvili G. Өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез әдісімен марганец өндірісінің қалдықтарынан лигатуралар алу. // Ұнтақ металлургия және керамика. – 2021. – Т. 60. – Б. 513-518. – <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00263-9> (ағылшын тілінде)
14. Pleugabulov S.M., Ryzhonkov D.I., Altybayeva D.Kh., Koishina G.M. «Кен-Болат» процесін жүзеге асыруда металл карбонизациясының нәтижелерін шектеу. // Халықаралық химия ғылымдары журналы. Үндістан. – 2015. – Т. 13(1). – Б. 391-402 (ағылшын тілінде)
15. Тажиев Е.Б., Тлеугабулов С.М., Койшина Г.М. Марганец қалдықтарын ауа-гравитациялық байыту. «Индустрия 4.0 жағдайында минералды және техногендік шикізатты ұтымды пайдалану» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы». 14-15 наурыз. Алматы: ҚазҰТЗУ. – 2019. – Б. 374-377 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Ryss M.A. Proizvodstvo ferrosplavov [Production of ferroalloys]. // М.: Metallurgiya. = М.: Metallurgy. – 1985. – P. 244 (in Russian)
2. Shishkin Yu.I., Torgovets A.K. Sovremennyy kislorodno-konvertorny protsess: Uchebnoe posobie [Modern oxygen converter process: Textbook.]. // Almaty: Gylym. = Almaty: Science. – 2013. – P. 145 (in Russian)
3. Yusfin Yu.S., Pashkov N.F. Metallurgiya jeleza: Uchebnik dlia vuzov [Metallurgy of iron: Textbook for universities]. // М.: «Akademkniga». = М.: «Academic book». – 2007. – P. 464 (in Russian)
4. Gasik M.I., Emlin B.N. Elektrometallurgiya ferrosplavov: Teoriya i tehnologiya polucheniya ferrosplavov [Electrometallurgy of ferroalloys: Theory and technology of obtaining ferroalloys]. // Kiev, Donetsk: Vysshaya shkola. = Kiev, Donetsk: Higher School. – 1983. – P. 376 (in Russian)
5. Norberg N.; et al. Use of biomass in integrated steelmaking – Status quo, future needs and comparison to other low-CO₂ steel production technologies. Appl. Energy. – 2018. – Vol. 213. – P. 384-407 (in English)
6. Mousa E., Wang C., Riesbeck J., Larsson M. Biomass applications in iron and steel industry: An overview of challenges and opportunities. Renew. Sustain. Energy Rev. – 2016. – Vol. 65. – P. 1247-1266 (in English)

7. Quader M.A., Ahmed S., Ghazilla R.A.R., Ahmed S., Dahari M.A. Comprehensive review on energy efficient CO₂ breakthrough technologies for sustainable green iron and steel manufacturing. *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2015. – Vol. 50. – P. 594-614 (in English)
8. Manfe M.M., Attar S.J., Parande M., Topare N.S. Treatment Of Cr (VI) Contaminated waste water Using Biosorbent Prunus Amygdalus (Almond) Nut Shell Carbon. *International Journal of Chemical Sciences.* – 2012. – Vol. 10. – P. 609-618 (in English)
9. Xu F.Y., Jiang L.H., Dan Z.G. Water balance analysis and wastewater recycling investigation in electrolytic manganese industry of China – a case study. // *Hydrometallurgy.* – 2014. – Vol. 149. – P. 12-22 (in English)
10. Duan N., Wang F., Zhou C.B. Analysis of pollution materials generated from electrolytic manganese industries in China. // *Resources, Conservation and Recycling.* – 2010. – Vol. 54. – P. 506-511 (in English)
11. Akar Sen G. Application of full factorial experimental design and response surface methodology for chromite beneficiation by Knelson concentrator. *Minerals.* – 2016. – Vol. 6. Iss. 1. – P. 5 (in English)
12. Tripathy S.K., Ramamurthy Y., Singh V. Recovery of chromite values from plant tailings by gravity concentration. *J. Miner. Mater. Charact. Eng.* – 2011. – Vol. 10. – Iss. 1. – P. 13-25 (in English)
13. Zakharov G., Tavazde G., Oniashvili G. Obtaining of Ligatures from Manganese Production Wastes by Self-Propagating High-Temperature Synthesis. // *Powder Metall Met Ceram.* – 2021. – Vol. 60. – P. 513-518. – <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00263-9> (in English)
14. Tleugabulov S.M., Ryzhonkov D.I., Altybayeva D.Kh., Koishina G.M. Limitation of metal carbonization results in implementation of «Ore-Steel» process. // *International Journal of Chemical Sciences. India.* – 2015. – Vol.13(1). – No2. – P. 391-402 (in English)
15. Tazhiev E.B., Tleugabulov S.M., Koishina G.M. Vozdushno-gravitatsionnoe obogaenie maragntsevykh othodov. [Air-gravity enrichment of manganese waste]. // *Mejdunarodnaia nauchno-prakticheskaja konferentsiya «Ratsionalnoe ispolzovanie mineralnogo i tehnogennoogo syrja v usloviyah Industrii 4.0».* = International scientific and practical conference «Rational use of mineral and man-made raw materials in the conditions of Industry 4.0» 14-15 marta. Almaty: KazNITU. = March 14-15. – Almaty: KazNRTU. – 2019. – P. 374-377 (in Russian)

Сведения об авторах:

Тажиев Е.Б., PhD, старший преподаватель «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» (г. Алматы, Казахстан), eleusiz_t1990@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1955-8584>

Жолдасбай Е.Е., PhD, ведущий научный сотрудник «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» (г. Алматы, Казахстан), zhete@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9925-4435>

Аргын А.А., PhD, старший научный сотрудник «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» (г. Алматы, Казахстан), aidarargyn@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5001-4687>

Койшина Г.М., PhD, ассоциированный профессор «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» (г. Алматы, Казахстан), gulzik_84@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0592-3843>

Авторлар туралы мәліметтер:

Тажиев Е.Б., PhD, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

Жолдасбай Е.Е., PhD, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының жетекші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Аргын А.А., PhD, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Койшина Г.М., PhD, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Tazhiev Ye.B., PhD, Senior lecturer of the Department «Metallurgy and Mineral Processing» (Almaty, Kazakhstan)

Zholdasbay Ye.Ye., PhD, Leading researcher of the Department «Metallurgy and Mineral Processing» (Almaty, Kazakhstan)

Argyn A.A., PhD, Senior Researcher of the Department «Metallurgy and Mineral Processing» (Almaty, Kazakhstan)

Koishina G.M., PhD, Associate professor of the Department «Metallurgy and Mineral Processing» (Almaty, Kazakhstan)

miningmetals

UZBEKISTAN

17-я Международная выставка
**Горное дело, металлургия
и металлообработка**

1 | 2 | 3 Ноября 2023

Узэкспоцентр, Ташкент, Узбекистан



Iteca Exhibitions

Тел: +998 71 205 18 18; Факс: +998 71 237 22 72
E-mail: mining@iteca.uz; Web: www.mining.uz

 @itecaExhibitions

 @itecaExhibitions

 @iteca

 @iteca_exhibitions



Код МРНТИ 52.01.83:55.22.29

*В.В. Поветкин¹, А.З. Нурмуханова¹, А.З. Букаева², М.Ф. Керимжанова³¹НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (г. Алматы, Казахстан),²НАО «Каспийский университет технологии и инженеринга имени Ш. Есенова» (г. Актау, Казахстан),³НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ГРУНТОВОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы эксплуатации грунтовых насосов, используемых в обогащительных производствах для транспортировки горной измельченной массы в жидкой среде (вода). До настоящего времени существует многообразие конструкций грунтовых насосов, которые претерпели конструктивные изменения, позволяющие повысить срок службы деталей проточной части. Однако, эксплуатационный срок службы грунтовых насосов все еще недостаточен, поэтому конструкторами интенсивно проводятся исследования по повышению износостойкости насосов. В данной статье рассмотрены процессы и технология газопламенной наплавки металлических порошков на износостойкости поверхности рабочего колеса насоса, что позволяет создать упрочненный поверхностный слой. На базе проведенных исследований газотермического способа нанесения износостойких покрытий разработана новая конструкция рабочего колеса центробежного грунтового насоса. В результате технико-экономического обоснования применения газотермической наплавки установлена эффективность использования плазменных струй электродуговых плазмотронов мощностью от 10 до 60 кВт, обеспечивающих прочность сцепления до 500 МПа и коэффициента экономической эффективности 0,56.

Ключевые слова: износ, газотермическое напыление, центробежный грунтовой насос, наплавка, металлические порошки.

Топырақтан тепкіш сорғы бөлшектерінің тозуға төзімділігін арттырудың технологиялық әдістері

Аннотация. Мақалада тау-кен ұсақталған массаны сұйық ортада (су) тасымалдау үшін байыту өндірістерінде қолданылатын топырақ сорғыларын пайдалану мәселелері қарастырылған. Осы уақытқа дейін жер сорғыларының әртүрлі конструкциялары бар олар ағынды бөліктің бөлшектерінің қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік беретін құрылымдық өзгерістерге ұшырады. Алайда, топырақ сорғыларының қызмет ету мерзімі әлі де жеткіліксіз, сондықтан конструкторлар сорғылардың тозуға төзімділігін арттыру бойынша қарқынды зерттеулер жүргізуде. Бұл мақалада металл ұнтақтарын сорғы дөңгелегінің тозуға төзімді беттеріне газ жалынымен балқыту процесі мен технологиясы қарастырылады, бұл қатайтылған беткі қабаты жасауға мүмкіндік береді. Тозуға төзімді жабындарды қолданудың газотермиялық әдісін зерттеу негізінде центрифугалық топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегінің жаңа дизайны жасалды. Газотермиялық балқытуды қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесінің нәтижесінде қуаты 10-нан 60 кВт-қа дейінгі электр доғалы плазмотрондардың плазмалық ағындарын пайдаланудың тиімділігі анықталды, олар 500 МПа-ға дейін адгезия беріктігін және 0,56 экономикалық тиімділік коэффициентін қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: тозу, газотермиялық бұрқу, центрифугалық топырақ сорғысы, балқыту, металл ұнтақтары.

Process methods for increasing wear resistance of parts of soil centrifugal pump

Annotation. The article deals with the issues of groundwater pumps operation, used in enrichment plants for transportation of crushed rock mass in liquid medium (water). Up to the present time there is a variety of designs of groundwater pumps which have undergone structural changes to increase the service life of parts of the flowing part. However, the service life of groundwater pumps is still insufficient, therefore designers intensively carry out researches on increase of wear resistance of pumps. In the given article processes and technology of gas-flame hard-facing of metal powders on wear-resistant surfaces of impeller of the pump are considered, that allows to create a hardened surface layer. On the basis of the carried out researches of gas-thermal method of wear-resistant coatings deposition the new construction of a centrifugal pump impeller was developed. As a result of feasibility study of gas-thermal surfacing application, efficiency of electric arc plasmatrons' plasma jets with capacity from 10 to 60 kW that provide friction strength up to 500 MPa and coefficient of economic efficiency 0.56 have been established.

Key words: wear, gas-thermal spraying, centrifugal ground pump, surfacing, metal powders.

Введение

Казахстан располагает огромными запасами полезных ископаемых, для разработки которых сформированы целые отрасли по добыче и переработке минерального сырья и, как правило, располагает большим парком машин по добыче и его переработке. Эти машины работают в тяжелых условиях при больших ударных нагрузках и коррозионном воздействии [1-4].

В этих условиях детали машин имеют интенсивный износ и быстро выходят из строя, нарушая технологический процесс предприятия. Перед инженерами этих предприятий стоят задачи – повысить ресурс работы машин и оборудования.

Поэтому в Казахстане сформировалась целая отрасль по ремонту деталей тяжело нагруженных машин и агрегатов. Предприятия по добыче и переработке минерального сырья имеют большой парк оборудования, машин и механизмов, подвергающихся интенсивному износу. Так, в горной промышленности при добыче и переработке горной породы используются грунтовые насосы для транспортировки минерального сырья по технологическому циклу измельчения породы и добычи из них полезного ископаемого (медь, свинец, железо, алюминий и т. д.).

Детали грунтового насоса при работе подвергаются интенсивному износу, так как транспортируемая водная среда имеет в составе твердые частицы горной массы с концентрацией до 45 процентов [5].

На рисунке 1, 2, 3 показаны фрагменты деталей грунтового насоса после полного цикла работы.

В таблице 1 представлены данные о сроке службы грунтовых насосов [6].

Как видно из таблицы 1, срок работы грунтовых насосов в условиях агрессивного износа очень небольшой и требует внедрения новых технологий по созданию стойких к износу поверхностей, что достигается нанесением износостойких металлов на рабочие поверхности [6, 7].

Следовательно, грунтовые насосы являются объектом наших исследований. Поэтому, создание деталей насосов, имеющих изнашиваемую поверхность с высокими свойствами по прочности, коррозионной стойкости и кислотоустойчивости, является нашей основной задачей.

Методы/исследования

Для повышения ресурса работы тяжело нагруженных деталей в условиях интенсивного износа имеется ряд



а) б)



в)

Рис. 1. Рабочее колесо грунтового насоса 8Гр-8:
а – новое рабочее колесо; б, в – изношенное рабочее колесо.

Сурет 1. Топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегі 8Гр-8:
а – жаңа жұмыс дөңгелегі; б, в – тозған жұмыс дөңгелегі.

Figure 1. Impeller of the soil pump 8Gr-8:
а – new impeller; б, в – worn impeller.



а)



б)

Рис. 2. Бронедиск насоса 8Гр-8: а – после эксплуатации; б – новый.

Сурет 2. Сорғының бронедісі 8Гр-8:
а – пайдаланудан кейін; б – жаңа.

Figure 2. 8Gr-8 pump armor plate: а – after operation; б – new.



Рис. 3. Износ корпуса грунтового насоса 8Гр-8.
Сурет 3. 8Гр-8 топырақ сорғысы корпусының тозуы.
Figure 3. Wear of the 8Gr-8 ground pump housing.

Таблица 1

Сроки службы деталей грунтовых насосов из сплава ИЧХ28Н2, сутки

Кесте 1

ИЧХ28Н2 қорытпасынан жасалған топырақ сорғылары бөлшектерінің қызмет ету мерзімі, тәулік

Table 1

Service life of parts of ground pumps made of alloy ICHN28N2, day

| Фабрики | Стадия измельчения, продукт и его плотность | Тип насоса | Детали | | | |
|------------------------|---|------------|----------------|-------------------------|---------------|--------------------|
| | | | рабочее колесо | улитка или ее футеровка | защитный диск | подшипники качения |
| Тяжелые условия работы | | | | | | |
| Жезказганская | I, до 50% твердого | 8Гр-8 | 15 | 45 | 30 | 65-70 |
| Жезказганская | II, до 65% твердого | 8Гр-8 | 25 | 75 | 50 | 80-90 |
| Жезказганская | Концентрат, до 65% твердого | 5Гр-8СС | 90 | 90 | 90 | 120-130 |
| Жезказганская | Хвосты, до 28% твердого | 28Гр-8 | 150 | 80 | 30-40 | 110-120 |
| Риддерская | Хвосты, до 25% твердого | 20Гр-8 | 80-85 | 55-60 | 55-60 | 220 |

способов нанесения на них покрытий, стойких к износу, одним из которых является газотермическая наплавка или напыление сверхтвердых порошков [7].

На базе проведенных исследований газотермического способа нанесения износостойких покрытий, а также анализа износостойкости деталей разработана конструкция

рабочего колеса центробежного грунтового насоса новой конструкции [8].

Для повышения износостойкости рабочего колеса грунтового центробежного насоса и уменьшения интенсивного ударного воздействия твердых частиц на выходе с рабочей стороны лопасти, конструкция рабочего колеса выполнена

разборным, что позволяет легко наплавить на рабочие поверхности лопаток износостойкого металла.

Результаты

Новым конструктивным решением является то, что лопасти рабочего колеса профилированы от входа до выхода по брахистохроне, а с тыльной профилированы по логарифмической спирали, причем лопасти выполнены заодно с ведущим диском, на рабочей поверхности которых наносятся износостойкие покрытия.

На рисунке 4 изображено рабочее колесо – продольный разрез и вид его сверху.

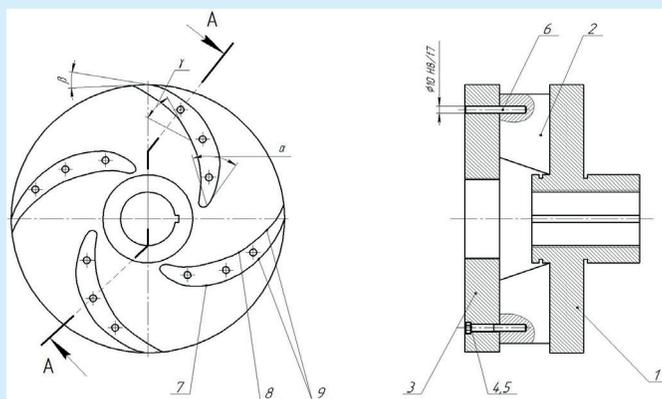


Рис. 4. Рабочее колесо центробежного грунтового насоса:

1 – ведущий диск; 2 – лопасти (крылчатка);

3 – ведомый диск; 4 – стяжной винт;

5 – подпружиненная шайба; 6 – штифты; 7 – рабочая сторона лопатки;

8 – тыльная сторона лопатки; 9 – наплавленный слой.

Сурет 4. Орталықтан жүгіретін топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегі:

1 – жетекші диск; 2 – қалақ (қанатша); 3 – тізгінді

диск; 4 – тартқыш бұрам; 5 – тиелген шайба;

6 – штифт; 7 – күректің жұмыс жағы; 8 – күректің артқы жағы; 9 – балқытылған қабат.

Figure 4. Impeller of centrifugal soil pump:

1 – drive disk; 2 – blades (wing); 3 – driven disk;

4 – tightening screw; 5 – spring-loaded washer; 6 – pins;

7 – working side of blade; 8 – rear side of the blade;

9 – build-up layer.

Рабочее колесо центробежного насоса содержит ведущий диск 1 с выполненными на нем лопастями (крылчатка) 2, ведомый диск 3, соединенный с крылчаткой при помощи штифтов 6 и, для закрепления ведомого диска, в нем выполнены винты 4, подпружиненными шайбами 5.

Для повышения износостойкости рабочего колеса и грунтового насоса в целом, на рабочих и тыльных поверхностях лопастей, наплавляются износостойкие покрытия, при снятом (разобранном) ведомом диске 3. После газотермической обработки рабочее колесо собирается с ведомым диском 3, посредством штифтов 6 и стяжных винтов 4 с подпружиненной шайбой 5 в заранее просверленные в нем и лопатках отверстия.

Износостойкие покрытия 8 на рабочих и тыльных сторонах лопаток, полученные газотермическим способом,

представляют сплав из легирующих элементов сталей с железом, на основе стандартного сплава ПГ-Ж40 с включением в него для повышения прочности наплавленного слоя, в шихту лигатуры бориды хрома CrB_2 . Оптимальный состав лигатуры бориды хрома CrB_2 , вводимого в состав нового наплавочного сплава ПГ-Ж40, установлен, что для получения твердости наплавленного металла равной в пределах 450-600 НВ, необходимо ввести ее в состав покрытия в пределах 10%, от общей массы, %.

Рабочее колесо центробежного грунтового насоса работает следующим образом.

Угол α входа лопастей с рабочей стороны 7 составляет $35-45^\circ$, угол β выхода с этой стороны равен $12-17^\circ$, а угол γ установки лопастей с тыльной стороны 8 выполнен постоянным по длине лопасти и равным $20-25^\circ$, при этом профиль лопастей с рабочей стороны 7 выполнен по брахистохроне, а с тыльной – по логарифмической спирали. Углы α , β и γ определены в результате испытаний, которые показали, что при указанных углах наблюдается минимальный износ при перекачке абразивной среды.

При поступлении твердых частиц в составе гидросмеси в рабочее колесо они движутся по траекториям, зависящим от формы лопастей. Для лопастей с указанным профилем твердая частица соударяется с рабочей стороной на начальном участке и после отскока от поверхности движется в межлопаточном канале к выходу, постепенно снижая скорость. Так как точка соударения лежит на малом радиусе колеса, где окружные скорости малы, сила удара и разрушительное воздействие на лопасть незначительны. Далее частица гидросмеси проходит колесо без повторных соударений с лопастью.

Спрофилированная в соответствии с указанными углами лопасть характеризуется увеличенной радиальной направленностью проточных межлопаточных каналов на входе и уменьшенной на выходе. При увеличении угла α свыше 35° входной участок оказывается на пути потока твердых частиц, что вызывает неизбежное столкновение частиц с лопастью в области малых скоростей. Уменьшение угла β менее 17° способствует свободному, без повторных соударений с лопастью, прохождению твердых частиц через межлопаточный канал после их отскока от лопасти на входном участке.

Брахистохронная форма рабочей стороны 7 лопасти обеспечивает плавность сопряжения входной и выходной частей лопасти с указанными углами входа и выхода. Лопасть рабочей поверхности 7 выполнена по форме брахистохроны, иначе можно сказать, что это кривая «быстрого спуска».

Лопасть, образованная в результате сочетания логарифмической спирали и брахистохроны, имеет крылообразную форму, что повышает КПД благодаря созданию гидродинамической подъемной силы.

На рабочие поверхности лопаток, с рабочей стороны, выполненных по брахистохроне и с тыльной стороны, по логарифмической спирали, газотермическим способом наносятся износостойкие покрытия из самофлюсующегося сплава ПГ-Ж40, с введением в состав упрочняющих добавок бориды хрома CrB_2 , что позволяет значительно увеличить ресурс работы грунтовых центробежных насосов.

Оригинальность технического решения заключается в том, что на рабочей, профилированной по брахистохроне стороне лопасти, обеспечивается повышение износостойкости насоса, благодаря плавному слиянию гидравлических потоков с рабочей и тыльной сторон, что ликвидирует или существенно снижает срывные кромочные явления за лопастями колеса с уменьшением не только потерь в насосе, но и практического устранения контактного разрушения рабочей стороны при соударении с твердыми частицами после отскока их от лопасти на входном участке и по мере движения к выходу.

Кроме того наблюдается повышение надежности работы насоса за счет снижения интенсивности вибрационных явлений, так как уменьшаются пульсации статического давления. При этом, рабочее колесо насоса выполнено разборным. После снятия ведомого диска с крыльчаткой производится нанесение износостойкого покрытия газотермическим способом. Следовательно, ввиду открытости лопаток сложной формы нанесение газотермического покрытия становится легкодоступным.

Применение самофлюсующегося сплава ПГ-Ж40 с введением в состав упрочняющих добавок бориды хрома CrB_2 позволяет создать наплавленный слой высокой твердости и коррозионной устойчивости.

При напылении плазменная струя служит источником нагрева, плавления и ускорения частиц покрытия. Электрическая энергия, потребляемая дугой, превращаясь в тепловую, расходуется на нагрев плазмообразующего газа, плавление и частичное испарение напыляемого материала. Эффективность использования энергии плазмы при нанесении покрытий порошком во многом определяется конструкцией плазмотрона.

Наибольшей эффективности можно достигнуть, вводя частицы порошка в столб дугового разряда. Однако такой ввод затруднен из-за большой подвижности при анодной области разряда. Физическая картина взаимодействия твердой частицы со столбом дугового разряда, в настоящее время, недостаточно ясна. Однако наблюдения показывают, что в случае ввода порошка около катода, частицы движутся не по оси сопла и плазменного потока, а располагаются между центральной частью потока и стенками канала сопла.

В аргоновой плазме массовый расход газа и его теплоемкость по сечению потока распределены крайне неравномерно, причем основной перенос энергии происходит не по оси сопла. Таким образом, можно предполагать, что движение порошка при его подаче вблизи катода происходит в наиболее высокоэнтальпийной области плазмы, что улучшает его нагрев. Последнее особенно существенно для маломощных плазменных потоков. При подаче порошка через одно отверстие, он занимает только часть высокоэнтальпийной зоны плазменной струи.

Обсуждение результатов

Дальнейшее повышение эффективности процесса распыления может быть достигнуто путем более равномерного заполнения поперечного сечения плазменной струи порошком. Сопоставим данные, показывающие, как меняется эффективный КПД (отнесенный к полной мощности дуги без вычета потерь в электродах) для ряда плазменных процессов (таблица 2).

Таблица 2
Эффективный КПД для газопламенных процессов
Кесте 2
Газ жалын процесстеріне арналган тиімді ПӘК
Table 2
Effective efficiency for gas-flame processes

| Вид нагрева | Эффективный КПД, % |
|--|--------------------|
| Нагрев газа в плазмотроне аргона водорода | 10-70 30-80 |
| Нагрев массивного тела плазменной струей плазменной дугой | 10-50 30-75 |
| Нагрев проволоки при распылении: плазменной струей плазменной дугой | 2-5 10 |
| Нагрев порошка при подаче на срез сопла в столбе дуги, а затем в струе | 2-4 20 |

При подаче порошка в дугу КПД нагрева возрастает с 4 до 20%.

Технико-экономические показатели рассматриваемых способов наплавки представлены в таблице 3, где даны показатели для покрытий толщиной 1-2 мм [12].

Использование конкретного способа наплавки обусловлено условиями производства, количеством, формой и размерами наплавляемых деталей, допустимой долей участия основного металла и величиной износа.

Из сравнительного анализа рассмотренных методов, очевидно преимущество процесса плазменной наплавки вследствие его высокой производительности, незначительного припуска на механическую обработку и минимальной доли основного металла в наплавленном.

Особенно эффективен процесс плазменно-порошковой наплавки, позволяющий обеспечить точно заданную глубину проплавления и толщину покрытия. А также, возможность обеспечения необходимого состава, структуры и свойств уже в первом слое металла наплавки, высокую степень автоматизации, малые остаточные напряжения и деформации.

Экономическая эффективность внедрения газотермической наплавки на лопатки рабочего колеса грунтовых насосов самофлюсующих сплавов ПГ-Ж40 с введением в состав упрочняющих добавок – бориды хрома CrB_2 , позволяет за счет увеличения срока работы деталей насоса получить значительный экономический эффект.

Увеличение ресурса работы деталей насоса влечет уменьшение потребности в деталях повышенной долговечности за срок службы (или межремонтный период) комплектующей машины; сокращение затрат на ремонт, т. е. на разборочно-сборочные работы, связанные с заменой деталей и узлов; уменьшение (или полная ликвидация) убытков от простоев техники, обусловленных выходом из строя отдельных деталей; прирост прибыли от эксплуатации машин в результате увеличения ее годовой производительности

Таблица 3

Технико-экономические показатели методов наплавки

Кесте 3

Балқыту әдістерінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Table 3

Technical and economic indicators of deposition methods

| Методы наплавки | Производительность | | Толщина покрытия | Припуск на обработку | Доля основного металла в наплавленном | Прочность сцепления | Снижение сопротивления усталости | Коэффициент производительности, Кп | Коэффициент технико-экономической эффективности, Кэ |
|-------------------------|--------------------|----------------------|------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|
| | кг/ч | см ² /мин | | | | | | | |
| Газопламенный | 0,15-2,0 | 1-3 | 0,5-3,5 | 0,4-0,8 | 5-30 | 480 | 25 | 0,7-0,6 | 0,14 |
| В среде CO ₂ | 1,5-4,5 | 18-36 | 0,5-3,5 | 0,7-1,3 | 12-45 | 550 | 15 | 1,8-1,7 | 0,40 |
| В среде Ar | 0,3-3,6 | 12-26 | 0,5-2,5 | 0,4-0,9 | 6-25 | 450 | 25 | 2,1-1,7 | 0,17 |
| Плазменный | 1-12 | 45-72 | 0,5-5,0 | 0,4-0,9 | 0,30 | 490 | 12 | 2,2-1,9 | 0,56 |

как следствие улучшения эксплуатационно-технических характеристик; относительная экономия капитальных вложений в эксплуатации в связи с уменьшением потребности в машинах повышенной надежности.

Для расчета экономической эффективности применения самофлюсующегося сплава ПГ-Ж40 с введением в состав упрочняющих добавок борида хрома CrB₂ для центробежного грунтового насоса – бронедиска, рабочего

колеса и корпуса приводятся исходные данные для расчета себестоимости [13, 14].

В таблице 4 представлены основные стоимостные показатели и ресурс работы находящихся в эксплуатации грунтовых насосов 8Гр-8 и 28Гр-8 и их деталей.

Экономическая эффективность от внедрения самофлюсующегося сплава ПГ-Ж40 с введением в состав упрочняющих добавок борида хрома CrB₂ при плазменной наплав-

Таблица 4

Стоимостные и эксплуатационные показатели грунтовых насосов 28Гр-8, 8Гр-8 и 5Гр-8

Кесте 4

28Гр-8, 8Гр-8 және 5Гр-8 топырақ сорғыларының құндық және пайдалану көрсеткіштері

Table 4

Cost and operating indicators of soil pumps 28Gr-8, 8Gr-8 and 5Gr-8

| Наименование | Стоимость, тг | Срок службы, сутки | Количество | Количество запчастей в год |
|-----------------------|---------------|--------------------|------------|----------------------------|
| 5Гр-8 | | | | |
| Корпус насоса (улиты) | 202 515 | 90 | 49 | 196 |
| Рабочее колесо | 1 064 315 | 45 | 49 | 392 |
| Бронедиск | 128 825 | 60 | 49 | 294 |
| 8Гр-8 | | | | |
| Корпус насоса (улиты) | 303 035 | 75 | 114 | 456 |
| Рабочее колесо | 1 113 085 | 25 | 114 | 1596 |
| Бронедиск | 134 460 | 50 | 114 | 798 |
| 28Гр-8 | | | | |
| Корпус насоса (улиты) | 3 199 960 | 80 | 11 | 44 |
| Рабочее колесо | 2 298 735 | 150 | 11 | 22 |
| Бронедиск | 1 102 875 | 40 | 11 | 99 |

Таблица 5

Калькуляция затрат по внедрению газотермического способа наплавки

Кесте 5

Балқытудың газотермиялық тәсілін енгізу бойынша шығындарды калькуляциялау

Table 5

Cost calculation for implementation of gas thermal deposition method

| | Корпус насоса | Рабочее колесо | Бронедиск |
|--|---------------|----------------|------------|
| Стоимость, тг | 303035 | 1 113 085 | 134 460 |
| Количество | 114 | 114 | 114 |
| Срок службы, сутки | 75 | 25 | 50 |
| Количество капитальных ремонтов | | | |
| - по старой технологии | 4 | 10 | 5 |
| - по новой технологии | 2 | 5 | 3 |
| Стоимость капитального ремонта, кг | | | |
| - по старой технологии | 138 000000 | 1 268 916 900 | 76 642 200 |
| - по новой технологии | 69 0000000 | 634 000 000 | 45 985 320 |
| Потребное количества порошка на одну установку, кг | 10 | 20 | 20 |
| Стоимость порошка, кг | 11 400 000 | 22 800 000 | 22 800 000 |
| Стоимость рабочего колеса, тг | 34 545 990 | 126 891 690 | 15 328 440 |
| Суммарные капитальные затраты, тг | 77 713 670 | 181 000 000 | 69 896 120 |
| Удельные капитальные затраты, тг | 11 000 000 | 27 150 000 | 10 400 000 |
| Срок окупаемость, месяц | 5 | 6 | 6 |
| Экономическая эффективность, тг $\Xi = (S_{с.т} - S_{н.т})$ | 69 000 000 | 634 000 000 | 30 600 000 |
| Прибыль предприятия, тг $\Xi = (S_{с.т} - S_{н.т}) - 0,15 * S_{уз}$ | 58 000 000 | 606 850 000 | 20 120 000 |

ке складывается из стоимости корпуса насоса, рабочего колеса, бронедиска, за счет увеличения ресурса их работы.

Сокращение непроизводительных простоев машин в эксплуатации в результате применения газотермической наплавки поверхности деталей насосов сказывается, в конечном итоге, в уменьшении капитальных затрат на приобретение оборудования, а также в экономии условно-постоянных расходов, прежде всего амортизационных отчислений по оборудованию.

Внедрение газотермического способа наплавки позволяет увеличить ресурс работы насоса в два раза, то есть срок службы, естественно увеличится ресурс работы корпуса насоса, рабочего колеса и бронедиска. Также уменьшится в два раза приобретение запасных частей. Расчет ведем по насосу 8Гр-8, следовательно, затраты на приобретение запасных частей представлены в таблице 5.

Ожидаемая годовая экономическая эффективность газотермического способа плазменной наплавки деталей грунтового насоса самофлюсующимся сплавом ПГ-Ж40 с введением в состав упрочняющих добавок бориды хрома CrB_2 составит 733 600 000 тг, прибыль предприятия – 684 805 000 тг.

Закключение

1. Рассмотрены процессы и технология газопламенной наплавки металлических порошков, установлены перспективные методы наплавки и создания упрочненного поверхностного слоя деталей машин.

2. На базе проведенных исследований газотермического способа нанесения износостойких покрытий предложена новая конструкция рабочего колеса центробежного грунтового насоса.

3. В результате технико-экономического обоснования применения газотермической наплавки установлена эффективность использования плазменных струй электродуговых плазмотронов мощностью от 10 до 60 кВт, обеспечивающих прочность сцепления до 500 МПа и коэффициента экономической эффективности 0,56.

4. Ожидаемая годовая экономическая эффективность от внедрения газотермического способа плазменной наплавки деталей грунтового насоса самофлюсующимся сплавом ПГ-Ж40 с введением в состав упрочняющих добавок бориды хрома CrB_2 составит 733 600 000 тг.

Благодарность

Авторы статьи выражают благодарность коллективу редакции и рецензентам за их решение о опубликовании в открытой печати. Разрешите от всей души выразить Вам благодарность и признательность за вашу добросовестную работу. Оперативность, с которой редакция реагирует на присланные материалы, свидетельствует не только о вашей высокой ответственности за свою работу, но и о чутком отношении к авторам, ожидающих вашего вердикта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тополянский П.А., Тополянский А.П. Прогрессивные технологии нанесения покрытий – наплавка, напыление, осаждение. // Технологии обработки поверхности. – 2011. – №4(73). – С. 79-84 (на русском языке)
2. Farah Elida Selamat, Wan Hariz Iskandar, Bakhtiar Saffuan. Проектирование и анализ рабочего колеса центробежного насоса для повышения производительности. // Журнал машиностроения. – 2018. – Т. 5(2). – С. 36-53 (на английском языке)
3. Ragoth Singh R., Nataraj M. Проектирование и анализ рабочего колеса насоса с использованием SWFS. // Всемирный журнал моделирования. – 2014. – Т. 10. – №2. – С. 152-160 (на английском языке)
4. Seitkhanov A., Povetkin V., Vektibay B., Tatybayev M., Vikayeva A. Совершенствование конструкции гидравлических транспортных устройств для транспортировки гидробразивных сред в обогащательной промышленности. // Восточноевропейский журнал корпоративных технологий. – 2019. – №5/1(101). – С. 6-16. – ISSN 1729-3774 (на английском языке)
5. Povetkin V.V., Kerimzhanova M.F., Orlova Y.P., Vikayeva A.Z. Совершенствование оборудования для транспортировки шлама в производстве по переработке полезных ископаемых. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2018. – №6. – С. 161-169. – ISSN 0236-1493 (на английском языке)
6. Yao Z., Wang F., Qu L., Xiao R., He C., Wang M. Экспериментальное исследование частотно-временных характеристик колебаний давления в центробежном насосе с двойным всасыванием. // Журнал жидкостной инженерии. – 2011. – Т. 133(10). – С. 1-10 (на английском языке)
7. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехн. ун-та. – 2008. – С. 406 (на русском языке)
8. Полезная модель РК №6718. Поветкин В.В., Ермаков Д.К., Сейтханов А.М., Букаева А.З. Рабочее колесо центробежного грунтового насоса. Оpubл. 12.08.2021. – С. 3 (на русском языке)
9. Муслина Г.Р. Методы оценки экономической эффективности новой техники и технологий: учебное пособие. // Муслина Г.Р., Правиков Ю.М. – Ульяновск: УлГТУ. – 2017. – С. 100 (на русском языке)
10. Бабичева И.В., Болдовская Т.Е. Справочник по математике (в формулах, таблицах, рисунках): учебное пособие. // Бабичева И.В., Болдовская Т.Е. – 2-е изд., исп. и доп. – Омск: СибАДИ. – 2010. – С. 148 (на русском языке)
11. Кондратьева М.Н. Экономика, организация производства и управление промышленным предприятием: учебное пособие. // Кондратьева М.Н., Пинков А.П., Рогова Т.Н. – Ульяновск: УлГТУ. – 2015. – С. 235 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Тополянский П.А., Тополянский А.П. Жабындарды жағудың прогрессивті технологиялары – балқыту, тозаңдандыру, тұндыру. // Бетті өңдеу технологиялары. – 2011. – №4(73). – Б. – 79-84 (орыс тілінде)
2. Farah Elida Selamat, Wan Hariz Iskandar, Bakhtiar Saffuan. Өнімділікті арттыру үшін орталықтан жүгіру сорғысының жұмыс доңғалағын жобалау және талдау. // Машина жасау журналы. – Көл. SI 5(2). – 2018. – Б. 36-53 (ағылшын тілінде)
3. Ragoth Singh R., Nataraj M. SWFS көмегімен сорғының жұмыс доңғалегін жобалау және талдау. // Дүниежүзілік модельдеу журналы. – Көл. 10. – 2014. – №2. – Б. 152-160 (ағылшын тілінде)
4. Seitkhanov A., Povetkin V., Vektibay B., Tatybayev M., Vikayeva A. Байыту өнеркәсібінде гидравликалық ортаны тасымалдауға арналған гидравликалық көлік құрылғыларының құрылымын жетілдіру. // Шығыс Еуропа корпоративтік технологиялар журналы. – 2019. – №5/1(101). – Б. 6-16. – ISSN 1729-3774 (ағылшын тілінде)
5. Povetkin V.V., Kerimzhanova M.F., Orlova Y.P., Vikayeva A.Z. Пайдалы қазбаларды өндіру кезінде шлам тасымалдауға арналған жабдықтарды жетілдіру. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – Москва, 2018. – №6. – Б. 161-169. – ISSN 0236-1493 (ағылшын тілінде)
6. Yao Z., Wang F., Qu L., Xiao R., He C., Wang M. Екі рет сорылатын ортадан жүгіру сорғысындағы қысым ауытқуының жиілік-уақыт сипаттамаларын эксперименттік зерттеу. Сұйықтықтарды жобалау журналы. – 2011. – Т. 133(10). – Б. 1-10 (ағылшын тілінде)
7. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазмалық технологиялар. – Санкт-Петербург политехникасы ун-та. – 2008. – Б. 406 (орыс тілінде)
8. Пайдалы модель ҚР. Поветкин В.В., Ермаков Д.К., Сейтханов А.М., Букаева А.З. Орталықтан тепкіш топырақ сорғысының жұмыс доңғалегі. Жариял. 12.08.2021. – Б. 3 (орыс тілінде)

9. Муслина Г.Р. Жаңа техника мен технологиялардың экономикалық тиімділігін бағалау әдістері: оқу құралы. // Г.Р. Муслина, Ю.М. Правиков. – Ульяновск: УлГТУ. – 2017. – Б. 100 (орыс тілінде)
10. Бабичева И.В., Болдовская Т.Е. Математика бойынша анықтамалық (формулаларда, кестелерде, суреттерде) оқу құралы. // И.В. Бабичева, Т.Е. Болдовская. – 2-ші бас., және қосымша. – Омск: СибАДИ, 2010. – Б. 148 (орыс тілінде)
11. Кондратьева М.Н. Экономика, өндірісті ұйымдастыру және өнеркәсіптік кәсіпорынды басқару: оқу құралы. // М.Н. Кондратьева, А.П. Пинков, Т.Н. Рогова. – Ульяновск: УлГТУ. – 2015. – Б. 235 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Topoljanskij P.A., Topoljanskij A.P. Progressivnye tehnologii nanesenija pokrytij – naplavka, napylenie, osazhdenie [Advanced coating technologies – surfacing, spraying, deposition]. // Tehnologii obrabotki poverhnosti. = Surface Treatment Technologies. – 2011. – №4(73). – P. – 79-84 (in Russian)
2. Farah Elida Selamat, Wan Hariz Iskandar, Bakhtiar Saffuan. Design and Analysis of Centrifugal Pump Impeller for Performance Enhancement. // Journal of Mechanical Engineering. – 2018. – Vol. SI 5(2). – P. 36-53 (in English)
3. Ragoth Singh R., Nataraj M. Design and analysis of pump impeller using SWFS. // World Journal of Modelling and Simulation. – 2014. – Vol. 10. – No.2. – P. 152-160 (in English)
4. Seitkhanov A., Povetkin V., Bektibay B., Tatybayev M., Bukayeva A. Improvement of the design of hydraulic transport devices for the transport of hydroabrasive media in the enrichment industry. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – No.5/1(101). – P. 6-16. – ISSN 1729-3774 (in English)
5. Povetkin V.V., Kerimzhanova M.F., Orlova Ye.P., Bukayeva A.Z. Improvement of equipment for transport of slurry in mineral processing production. // Mining Informational and Analytical Bulletin. – Moscow. – 2018. – No.6. – P. 161-169. – ISSN 0236-1493 (in English)
6. Yao Z., Wang F., Qu L., Xiao R., He C., Wang M. Experimental investigation of time-frequency characteristics of pressure fluctuations in a double-suction centrifugal pump. Journal of Fluids Engineering. – 2011. – Vol. 133(10). – P. 1-10 (in English)
7. Sosnin N.A., Ermakov S.A., Topoljanskij P.A. Plazmennye tehnologii [Plasma technologies]. – SPb.: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo politehn. un-ta, 2008. – P. 406 (in Russian)
8. Poleznaja model' RK No.6718. Povetkin V.V., Ermekov D.K., Sejthanov A.M., Bukaeva A.Z. Rabochee koleso centrobezhnogo gruntovogo nasosa [The impeller of the centrifugal ground pump]. Opubl. 12.08.2021. – P. 3 (in Russian)
9. Muslina G.R. Metody ocenki jekonomicheskoy jeffektivnosti novej tehniki i tehnologij: uchebnoe posobie [Methods of assessing the economic efficiency of new equipment and technologies: textbook]. // G. R. Muslina, Ju. M. Pravikov. – Ul'janovsk: UIGTU, 2017. – P. 100 (in Russian)
10. Babicheva I.V., Boldovskaja T.E. Spravochnik po matematike (v formulah, tablicah, risunkah): uchebnoe posobie [Handbook of Mathematics (in formulas, tables, figures): study guide]. // I.V. Babicheva, T.E. Boldovskaja. – 2-e izd., isp. i dop. – Омск: SibADI. – 2010. – P.148 (in Russian)
11. Kondrat'eva, M.N. Jekonomika, organizacija proizvodstva i upravlenie promyshlennym predpriatiem: uchebnoe posobie [Economics, organization of production and management of an industrial enterprise: textbook]. // M.N. Kondrat'eva, A.P. Pinkov, T.N. Rogova. – Ul'janovsk: UIGTU. – 2015. – P. 235 (in Russian)

Сведения об авторах:

Поветкин В.В., доктор техн. наук, профессор кафедры «Теплофизика и техническая физика» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (г. Алматы, Казахстан), vv1940_povetkin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3872-3488>

Нурмуханова А.З., канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплофизика и техническая физика» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (г. Алматы, Казахстан), alfiya.nurmuhanova777@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0289-3610>

Букаева А.З., PhD, ассистент профессора кафедры «Машиностроение и транспорт» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова» (г. Актау, Казахстан), amina_bukaeva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0956-1552>

Керимжанова М.Ф., канд. техн. наук, профессор кафедры «Машиностроение» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), cafsstm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9475-8239>

Авторлар туралы мәліметтер:

Поветкин В.В., техника ғылымдарының докторы «Жылуфизика және техникалық физика» кафедрасының профессоры, «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., Қазақстан)

Нурмуханова А.З., техника ғылымдарының кандидаты «Жылуфизика және техникалық физика» кафедрасының доценті, «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., Қазақстан)

Букаева А.З., PhD, «Машина жасау және көлік» кафедрасы профессорының ассистенті, «Ш. Есенов атындағы Каспий технология және инжиниринг университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Ақтау қ., Қазақстан)

Керімжанова М.Ф., техника ғылымдарының кандидаты, «Машина жасау» кафедрасының профессоры, «К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Povetkin V.V., doctor of technical sciences, professor of the department of «Thermophysics and technical physics», non-profit joint stock company «Al-Farabi kazakh national university» (Almaty, Kazakhstan)

Nurmukhanova A.Z., candidate of technical sciences, associate professor of the department of «Thermophysics and technical physics», non-profit joint stock company «Al-Farabi kazakh national university» (Almaty, Kazakhstan)

Bukayeva A.Z., PhD, assistant professor of the department of «Mechanical engineering and transport» of the non-profit joint stock Company «Caspian university of technology and engineering named after Sh. Yessenov» (Aktau, Kazakhstan)

Kerimzhanova M.F., candidate of technical sciences, professor of the department of «Mechanical engineering», Non-profit joint stock company kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

2-й международный конгресс и выставка



VOSTOCK CAPITAL
— 21 год динамичного успеха —

+7 (495) 109 9 509 (Москва)
events@vostockcapital.com

26-27 сентября 2023, Москва

При поддержке 2022:



Золотой спонсор 2022:



Бронзовый спонсор 2022:



Бронзовый спонсор 2022:



Бронзовый спонсор 2022:



Логистический партнер 2022:



150+

руководителей золотодобывающей отрасли России и СНГ, инициаторы инвестиционных проектов, компании-разработчики и производители оборудования и технологий для предприятий, российские и международные инвесторы

25+

инвестиционных проектов по добыче золота и строительству объектов сопутствующей инфраструктуры

40+

докладчиков и участников дискуссий: представители проектов, регуляторные органы, ведущие эксперты отрасли

30+

часов делового и неформального общения: встречи один-на-один по заранее согласованному графику, приветственный коктейль, деловые обеды, кофе-брейки, интерактивные дискуссии и многое другое

GOLDMININGRUS.COM

+7 (495) 109 9 509 (Москва) events@vostockcapital.com

Код МРНТИ 52.01.93

*Л.И. Едильбаева

РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан» (г. Астана, Казахстан)

ВОПРОСЫ СОХРАНЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация. В статье рассмотрены вредные производственные факторы, наиболее часто регистрируемые в горнодобывающей, обрабатывающей и строительной отраслях Республики Казахстан и в других странах, а также причины низкой эффективности управления рисками профессионального здоровья в этих отраслях. Предложены мероприятия для плановых изменений по обеспечению экономической и законодательно закрепленной заинтересованности работодателя улучшить условия, рассчитанные на среднесрочную и долгосрочную перспективу, с применением риск-ориентированного подхода и международного опыта.

Ключевые слова: вредные условия труда, профессиональная заболеваемость, профессиональный риск, компенсационные выплаты, медицина труда.

Қазақстан Республикасы кәсіпорындарының жұмыс орындарында кәсіби денсаулықты сақтау мәселелері

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан Республикасының тау-кен өндіру, өңдеу және құрылыс салаларында және басқа елдерде жиі тіркелетін зиянды өндірістік факторлар, сондай-ақ осы салалардағы кәсіптік денсаулық тәуекелдерін басқарудың төмен тиімділігінің себептері қарастырылған. Жұмыс берушілердің экономикалық және заңнамалық тұрғыдан бекітілген мүдделілігін қамтамасыз ету бойынша жоспарлы өзгерістер үшін тәуекелге бағдарланған тәсіл мен халықаралық тәжірибені қолдана отырып, орта және ұзақ мерзімді перспективаға есептелген жағдайларды жақсарту бойынша іс-шаралар ұсынылды.

Түйінді сөздер: зиянды еңбек жағдайлары, кәсіптік сырқаттанушылық, кәсіптік тәуекел, өтемақы төлемдері, еңбек медицинасы.

Issues of occupational health preservation at workplaces of enterprises of the Republic of Kazakhstan

Abstract. The article considers the harmful industrial factors most frequently registered in the mining, manufacturing and construction industries of the Republic of Kazakhstan and other countries, as well as the reasons for low efficiency of occupational health risk management in these industries. Measures for planned changes to ensure economic and statutory interest of employers to improve conditions, designed for the medium and long term, using risk-oriented approach and international experience are proposed.

Key words: harmful working conditions, occupational morbidity, occupational risk, compensation payments, occupational medicine.

Введение

Национальная стратегия развития Республики Казахстан предусматривает применение риск-ориентированного подхода к организации государственного контроля в соответствии с нормами Международной организации труда. Оценка профессиональных рисков в 2021 году перешла из области теории в практическое действие. Согласно ст. 182 ТК РК работодатель обязан проводить оценку профессионального риска, в которой обсуждается показатель заболеваемости работников. Процессы изменений в национальной системе управления охраны труда затрагивают все заинтересованные стороны – ведомства системы государственного мониторинга, неправительственные общественные организации, бизнес, страховые компании, органы социального обеспечения, граждан Казахстана. Поэтому сегодня так важно решить две большие задачи.

1. Провести институциональные преобразования механизма страхования в Республике Казахстан с учетом мнений всех заинтересованных сторон и в полном объеме.

2. Обеспечить профессиональную трудоспособность населения за счет улучшения процессов выявления, диагностики, лечения и реабилитации профессиональных заболеваний.

Материалы и методы исследования

При изучении текущей ситуации по процессам мониторинга профессионального здоровья, лечения и предупреждения инвалидности с потерей профессиональной трудоспособности работников в горнодобывающей, обра-

батывающей и строительной отраслях РК использовались данные МЗ РК, Комитета статистики МНЭ РК, корпоративных отчетов предприятий РК, гигиенические исследования НАО «Медицинский Университет Караганды», Американского института нефти (API) и другие.

Результаты и обсуждение

Добыча и обогащение полезных ископаемых – стратегический сектор экономики Казахстана, который обеспечивает за последние пять лет в среднем более 20% ВВП страны. Доля мужской части населения, занятого в промышленности и строительстве в РК, составляет 71,9%, а доля женской части населения – 28,1%¹. Основными вредными факторами производства в этих отраслях, определяемых в результате гигиенической оценки, являются повышенный уровень в воздухе рабочей зоны промышленных аэрозолей, газов и пыли, повышенный уровень шума и вибрации, тяжелый физический труд, токсичные химические вещества, психоэмоциональные нагрузки, климатические факторы. В условиях подземной добычи – отсутствие солнечного освещения, ограниченность пространства при выполнении рабочих операций (вынужденные позы).

По данным Института общественного здравоохранения и профессионального здоровья НАО «Медицинский университет Караганды» самый высокий уровень выявляемости первичной профессиональной заболеваемости отмечается в горнодобывающей (61,9%) и угольной (29,3%) промышленности, а самый низкий в строительной (0,9%) и нефтегазовой (0,18%) отраслях². По данным 2022 года в общей

¹ https://gender.stat.gov.kz/page/frontend/detail?id=21&slug=-17&cat_id=7&lang=ru

² <https://www.api.org/-/media/Files/Publications/API-Workers-Safety-Report-2019.pdf>

структуре заболеваний, связанных с вредными факторами производства, больше всего регистрируются заболевания от воздействия промышленных аэрозолей (40,37%), на втором месте заболевания, связанные с функциональным перенапряжением отдельных систем и органов (30%), третье место занимают заболевания, связанные с воздействием физических факторов (23,77%), и далее идут заболевания от воздействия химических факторов (4,17%), аллергические заболевания (0,85%), вызванные действием биологических факторов (0,75%), и злокачественные новообразования (0,06%) [1]. Согласно данным Комитета статистики МНЭ РК более 300 тыс. работников РК в 2022 году заняты на рабочих местах, где установлены вредные факторы производства. Частота профессиональных заболеваний в Казахстане в 25 раз ниже по сравнению с Данией; в 23,4 раза – с США; в 5 раз – с Финляндией; в 4,5 раза – с Японией; в 2,5 раза – с Германией [2].

Результаты гигиенических исследований на рабочих местах ведущих профессий в корпорации «Казахмыс», проведенных специалистами НАО «Медицинский университет Караганды» в 2020 году, показали превышение в воздухе рабочей зоны предельно допустимой концентрации пыли в 1,2-4,5 раза, а содержание свинца – в 2,2 раза [3]. На протяжении последних 5 лет в корпорации регистрируется около 150-300 новых случаев профессиональной заболеваемости в год и отмечается рост заболеваний органов дыхания (силикоз), при этом коэффициент профзаболеваемости составил 0,46 в 2020³.

Согласно оценке рисков травматизма и аварийности на рабочих местах в корпорации «Казахмыс» выделены 20 критичных профессий по всем переделам производства. Так, например, в горном переделе – это бурильщик, взрывник, проходчик, машинист самоходного дизельного оборудования; в обогащательном переделе – машинист конвейера, дробильщик, электромонтер; в металлургическом – плавильщик, разлильщик цветных металлов и сплавов, электролизник, конверторщик, электромонтер, слесарь-ремонтник. Однако сведений о том, использованы ли в оценке рисков риски профзаболеваемости в открытых источниках нет.

По данным АО «АрселорМиттал Темиртау» профессиональная заболеваемость в угольном департаменте диагностируются чаще, чем в стальном департаменте (табл. 1) [4].

Данные по выплатам в 2022 году по листкам нетрудоспособности в АО «АрселорМиттал Темиртау» составили: по стальному департаменту – 1 210 706 тыс. тенге; по угольному департаменту – 1 452 438 тыс. тенге; по ТОО «Оркен» – 249 056 тыс. тенге. Выплаты в 2022 году по профзаболеваемости составили: по стальному департаменту – 22 483 тыс. тенге; по угольному департаменту – 4 986 522 тыс. тенге; по ТОО «Оркен» – 18 232 тыс. тенге [4].

В 2021 году в KAZ Minerals было зарегистрировано 92 новых случая профессиональных заболеваний, в 2020 году – 70⁴. Зарегистрированы нарушения опорно-двигательного аппарата в результате продолжительного воздействия плохой эргономики; невралгическая боль в результате воздействия локальной вибрации; силикоз и пылевой бронхит из-за воздействия пыли. Отмечен также риск снижения слуха из-за производственного шума. В 2021 году на рудниках открытого типа Актогай, Бозшаколь и Бозымчак не было выявлено случаев профессиональных заболеваний.

Статистическая информация по профзаболеваемости на производственных активах Евразийской Группы, на предприятиях нефтедобывающей и строительной отраслях в открытых источниках отсутствуют. Сложно получить статистические данные по профессиональной заболеваемости еще и потому, что многие факторы риска для здоровья человека, такие как воздействие опасных химических и других веществ или высокий уровень шума и вибрации имеют отдаленные последствия для работников и не проявляются в течение нескольких месяцев или лет после воздействия.

Рабочие места в горнодобывающей и нефтяной отраслях считаются высокооплачиваемыми и превышают среднемесячную заработную плату сотрудников в целом по стране в 1,8 раза. При добыче сырой нефти и природного газа зафиксирована заработная плата – 827,3 тыс. тенге; при добыче металлических руд – 331,4 тыс. тенге; при добыче угля – 311,7 тыс. тенге. Доплата работникам на льготы и компенсации за работу во вредных условиях труда растет с каждым годом и является весомым дополнением к заработной плате. Боязнь потерять работу является одной из причин пассивного отношения к своему здоровью

Таблица 1

Данные по профзаболеваемости АО «АрселорМиттал Темиртау»

Кесте 1

«АрселорМиттал Темиртау» АҚ кәсіптік аурулары бойынша деректер

Table 1

Data on occupational diseases of ArcelorMittal Temirtau JSC

| годы/случаи профзаболевания | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------|
| Стальной департамент | 3 | 7 | 3 | 0 | 1 | 2 |
| Угольный департамент | 45 | 61 | 65 | 49 | 107 | 213 |
| ТОО «Оркен» | нет данных | 1 |

³ https://kase.kz/files/emitters/КМСП/kmcpp_2020_rus.pdf

⁴ https://www.kazminerals.com/media/22660/ka191_sr_rus_book.pdf

большинства работников при найме на работу и во время действия трудового договора в этих отраслях⁵.

В строительной отрасли текучесть кадров также является причиной плохой выявляемости и учета профессиональных больных. Так, управляющий директор по HR, член правления VI Group Олегжан Бекетаев отмечает, что общая текучесть в строительной отрасли составляет 44%, текучесть ключевого персонала – 24%⁶. С повышением спроса в стране на недвижимость в строительной отрасли отмечается нехватка квалифицированных кадров. Это приводит к неформальной занятости строителей, которые неофициально «подрабатывают» в свои выходные дни. Текучесть кадров и неформальная занятость в строительной отрасли являются ощутимым барьером для проведения качественного мониторинга профессионального здоровья и обеспечения гарантий по его сохранению.

В службах охраны труда предприятий РК отсутствуют специалисты по гигиене труда, которые нужны для того, чтобы тесно работать с врачебными комиссиями при проведении периодических медицинских осмотров для расширения списка обязательных обследований той или иной категории работников, а также для установления причинно-следственной связи между общей заболеваемостью и установленными вредными факторами. Результаты периодических медицинских осмотров свидетельствуют о недостаточных усилиях как со стороны работодателей по проведению оценки профессиональных рисков и мероприятий по минимизации воздействия вредных факторов, так и со стороны медицинских учреждений по проведению специальных дополнительных исследований, например, таких как динамическое аудиометрическое тестирование, спирометрия, а также тщательного исследования причинно-следственной зависимости хронической патологии и наличия вредных факторов, присутствующих на рабочих местах. Специалисты по гигиене труда могут с успехом решить эти пробелы и значительно повысить управление профессиональными рисками и качество медицинских осмотров⁷.

Для снижения уровня профессиональной заболеваемости предлагается рассмотреть опыт министерства труда РФ [5] и обеспечить экономическую и законодательно закреплённую заинтересованность работодателей улучшать условия труда:

- путем льготного налогообложения: внесение изменений в Налоговый Кодекс РК и отнесение к прочим расходам налогоплательщика мероприятий по улучшению условий труда, а также расходы на проведение медицинских ос-

мотров и освидетельствований, предусмотренных законодательством РК, расходы на лечение общих соматических и профессиональных заболеваний работников, занятых на работах с вредными или тяжёлыми условиями труда;

- путем закрепления в ТК РК бюджета на мероприятия по улучшению условий труда в размере не менее не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг);

- путем закрепления МТСЗН РК Перечня мероприятий, которые нужно проводить ежегодно, и относить затраты на них за счет себестоимости в объеме не менее (можно более) 0,2% себестоимости произведенных товаров и (или) услуг;

- путем финансового обеспечения плана профилактических мероприятий до 20% от суммы страховых взносов.

Выводы

Тема профессиональных заболеваний в РК все еще остается закрытой. Существует потенциальный конфликт интересов между финансовым здоровьем работодателя и физическим и моральным здоровьем работников. Механизмов экономической заинтересованности работодателей РК в выявлении ранних признаков профессиональной заболеваемости на рабочих местах нет. Существующая практика страхования не выполняет своей профилактической роли.

В статье представлены результаты научных исследований, полученные в ходе реализации научно-технической программы на тему «Экономические проблемы безопасного труда и институциональные преобразования механизма страхования в Республике Казахстан» ИРН: BR11965728

Дополнение

По просьбе авторов Едильбаевой Л.И. и Рахимовой Г.М. редакция журнала сообщает о том, что статья «Опыт США по формированию профессиональных компетенций в области охраны здоровья и безопасности труда», опубликованная в номере №7 от 2023 года, подготовлена по материалам, полученным в результате научных исследований при реализации научно-технической программы «Риск-ориентированные организационно-экономические механизмы обеспечения безопасного труда в условиях современного Казахстана» (ИРН OR11865833) в рамках программно-целевого финансирования исследований Республиканского научно-исследовательского института по охране труда МТСЗН РК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аманбекова А.У., Отарбаева М.Б. Профессиональная патология в Республике Казахстан и пути совершенствования системы охраны здоровья работающего населения. // Материалы семинара в г. Самара. – 2019. – <https://www.minimaks.ru/> (на русском языке)
2. Гусев О.И. Частота профессиональных заболеваний в Казахстане в 23,4 раза ниже, чем в США. – 18 марта 2019. – <https://inbusiness.kz/ru> (на русском языке)

⁵ <https://inbusiness.kz/ru/news/kak-stat-silnym-hr-brendom>

⁶ <https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnaya-zabolevaemost-v-rossii-problemy-i-resheniya/viewer>

⁷ <https://www.bohs.org/information-guidance/what-is-occupational-hygiene/workprofile/>

3. Абитаев Д.С., Ердесов Н.Ж., Жумалиев Б.С., Машина Т.Ф., Серик Б., Калишев М.Г., Шинтаева Н., Жакенова С.Р. Профессиональные риски и состояние здоровья лиц, работающих в горнорудной промышленности Центрального Казахстана. // Медицина и экология. – 2020. – №2. – С. 41-45 (на русском языке)
4. Халилбайов И. Новшества в проведении медицинских осмотров работников АО «АрселорМиттал Темиртау». // KIOSH 11. – 25 мая 2023 (на русском языке)
5. Платыгин Д. Социальное обеспечение: гарантии и компенсации за работу во вредных условиях по результатам спецоценки, страхование от несчастных случаев (тарифы, скидки и надбавки), финансирование предупредительных мероприятий. // KIOSH 11. – 25 мая 2023 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Аманбекова А.У., Отарбаева М.Б. Қазақстан Республикасындағы кәсіптік патология және еңбекке қабілетті халыққа денсаулық сақтау жүйесін жетілдіру жолдары. // Самарадағы семинар материалдары. – 2019. – <https://www.minimaks.ru/> (орыс тілінде)
2. Гусев О.И. Қазақстанда кәсіптік аурулардың жиілігі АҚШ-қа қарағанда 23,4 есе төмен. – 2019 жылғы 18 наурыз. – <https://inbusiness.kz/ru> (орыс тілінде)
3. Абитаев Д.С., Ердесов Н.Ж., Жумалиев Б.С., Машина Т.Ф., Серик Б., Калишев М.Г., Шинтаева Н., Жакенова С.Р. Орталық Қазақстанның тау-кен өнеркәсібінде жұмыс істейтін адамдардың кәсіптік тәуекелдері мен денсаулық жағдайы. // Медицина және экология – 2020. – №2. – Б. 41-45 (орыс тілінде)
4. Халилбайов И. «АрселорМиттал Темиртау» АҚ қызметкерлерін медициналық тексеруден өткізудегі инновациялар. // KIOSH 11. – 25 мамыр 2023 ж. (орыс тілінде)
5. Платыгин Д. Әлеуметтік қамсыздандыру: арнайы бағалау нәтижелері бойынша зиянды жағдайларда жұмыс істегені үшін кепілдіктер мен өтемақылар, жазатайым оқиғалардан сақтандыру (тарифтер, жеңілдіктер мен үстемеақылар), алдын алу іс-шараларын қаржыландыру. // KIOSH 11. – 25 мамыр 2023 ж. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Amanbekova A.U., Otarbaeva M.B. Professional'naya patologiya v Respublike Kazakhstan i puti sovershenstvovaniya sistemy okhrany zdorov'ya rabotayushchego naseleniya [Occupational pathology in the Republic of Kazakhstan and ways to improve the health protection system of the working population]. // Materialy seminara v g. Samara. – 2019. – Materials of the seminar in Samara. – 2019. – <https://inbusiness.kz/ru/> (in Russian)
2. Gusev O.I. Chastota professional'nykh zabolevaniy v Kazakhstane v 23,4 raza nizhe, chem v SSHA [The incidence of occupational diseases in Kazakhstan is 23.4 times lower than in the United States]. – March 18, 2019. – <https://inbusiness.kz/ru/> (in Russian)
3. Abitayev D.S., Erdesov N.Zh., Zhumaliev B.S., Mashina T.F., Serik B., Kalishev M.G., Shintayeva N., Zhakenova S.R. Professional'nye riski i sostoyanie zdorov'ya lits, rabotayushchikh v gornorudnoi promyshlennosti Tsentral'nogo Kazakhstana. [Occupational risks and health status of persons working in the mining industry of Central Kazakhstan]. // Medicine and ecology. – 2020. – №2. – P. 41-45 (in Russian)
4. Khalilbayov I. Novshestva v provedenii meditsinskikh osmotrov rabotnikov AO «Arselor Mittal Temirtau» [Innovations in medical examinations of Arcelor Mittal Temirtau JSC employees]. // KIOSH 11. – May 25, 2023 (in Russian)
5. Platygin D. Sotsial'noe obespechenie: garantii i kompensatsii za rabotu vo vrednykh usloviyakh po rezul'tatam spetsotsenki, strakhovanie ot neschastnykh sluchaev (tarify, skidki i nadbavki), finansirovanie predupreditel'nykh meropriyatii [Social security: guarantees and compensation for working in hazardous conditions according to the results of special assessment, accident insurance (rates, discounts, and allowances), financing of preventive measures]. // KIOSH 11. – May 25, 2023 (in Russian)

Сведения об авторах:

Едилбаева Л.И., канд. мед.наук, ведущий научный сотрудник филиала «Южный» РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), laura.ibragimovna@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-4442-057X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Едилбаева Л.И., медицина ғылымдарының кандидаты, «Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты» ШЖҚ-дағы РМК «Оңтүстік» филиалының жетекші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

L.I. Yedilbayeva, Candidate of Medicine, Leading Researcher, Branch «South» of RSE on the REM «Republican Research Institute for Occupational Safety and Health of the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan)



МАЙНЕКС 2023
РОССИЯ

4-5 октября 2023 - Москва, Россия
Рэдиссон Славянская

19-Й ГОРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ФОРУМ И ВЫСТАВКА
МАЙНЕКС РОССИЯ
2023

2023.minexrussia.com

ЖАУТИКОВ БАХЫТ АХАТОВИЧ

Жаутиков Б.А. – член Правления – проректор по академическим вопросам КазННТУ имени К.И. Сатпаева.

Жаутиков Б.А. 27 августа 1963 года рождения, окончил с отличием Карагандинский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт по специальности «Электрификация и автоматизация горных работ», квалификация «Горный инженер-электрик» (1985 г.), очную аспирантуру Карагандинского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института (1990 г.). В марте 1994 года защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 2008 г. присуждена ученая степень доктора технических наук, в 2009 г. присвоено ученое звание профессора по специальности «Энергетика». В 2018 г. окончил с отличием ЧУ «Академия «Болашақ» по специальности «Правоведение».

Общий трудовой стаж Жаутикова Б.А. более 30 лет. Трудовую деятельность начал на шахте имени 60-летия Октябрьской революции п/о «Карагандауголь» в должности электрослесаря подземного 3 разряда. В 1986 году был принят в Карагандинский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт на должность младшего научного сотрудника научно-исследовательского сектора кафедры горной электромеханики, где прошел путь от ассистента кафедры до декана факультета энергетики, связи и автоматизации. Имеет большой опыт работы в области управления и менеджмента. Работал в должности проректора по учебной и научной работе Рудненского индустриального института, заместителя Директора Департамента высшего и послевузовского образования Министерства образования и науки Республики Казахстан, первого проректора, советник ректора Атырауского государственного университета им. Х. Досмухамедова, ректора Карагандинского индустриального университета. В настоящий момент является руководителем аппарата Правления НАО «Казахский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева».

Регулярно проходил повышение квалификации, стажировки и служебные командировки в США, Великобритании, Испании, Греции, РФ, Украине, Турции, Иране. Выезжал в зарубежные командировки руководителем рабочих групп в Афганистан, Кыргызстан. В январе-феврале 2007 года прошел стажировку на предприятиях и в вузах США (Техас, Луизиана, Мэриленд). В марте 2011 года прошел стажировку в Университете Кембридж (Великобритания) по приглашению British Council, проект INSPIRE. В июне-июле 2014 года прошел стажировку в вузах Испании, программа Eduspane. За последние три года принял участие в работе 2-го международного Совета ректоров горно-технических университетов, который проходил в г. Санкт-Петербурге, в форуме ректоров вузов в г. Челябинске, I Казахстано-Венгерском форуме ректоров, который прошел в Будапештском университете «Корвинус», Казахстано-Польском форуме ректоров, в крупнейшей выставке США в сфере науки и образования «NAFSA 2018», а также в рабочей поездке под эгидой Национального офиса Эразмус+ и Совета ректоров вузов РК с целью ознакомления с деятельностью университетов Италии.



За достижения, личный вклад и заслуги в области образования награжден нагрудными знаками: «Почетный работник образования Республики Казахстан»; «Ғылымды дамытуға сіңірген еңбегі үшін» МОН РК; «Заслуженный энергетик РК»; Золотой нагрудной знак им. А.Байтурсынова Ассоциация ВУЗов РК; медаль «Нұр Отан» «Белсенді қызметі үшін»; обладатель звания «Лучший преподаватель вуза 2010 года».

Имеется ряд благодарностей и Почетных Грамот от заместителя Премьер-Министра – министра торговли и интеграции РК, Министерства образования и науки РК, руководства Карагандинского государственного технического университета, Рудненского индустриального института, Почетные грамоты Акима Атырауской области, Акима г. Атырау и Акима г. Темиртау. Благодарственное письмо Министра культуры и спорта РК за вклад в развитие села и реализацию государственной программы «Рухани жаңғыру». Благодарность Президента международного союза КВН, Благодарственное письмо Карагандинского областного филиала партии «Nur Otan», Благодарственное письмо Президента Республики Казахстан Токаева К-Ж.К., Благодарственное письмо Елбасы Н.А. Назарбаева.

Член-корреспондент Национальной инженерной академии РК, Международной инженерной академии (г. Москва), Национальной Академии наук высшей школы РК, академик Казахской национальной академии естественных наук. Является Национальным экспертом в области науки и в области аккредитации.

Автор более 200 публикаций, в том числе 4 монографии, 11 учебных пособий; более 80 учебно-методических разработок, 35 авторских свидетельств и патентов.

Коллектив КазННТУ поздравляет Вас с юбилейной датой и желает Вам крепкого здоровья, творческих успехов!!!

mitex™ 2023

Международная
выставка инструмента
Moscow International
Tool Expo

МОСКВА,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

EXPOCENTRE
FAIRGROUNDS,
MOSCOW

7-10
НОЯБРЯ
NOVEMBER
2023



ОРГАНИЗАТОР / ORGANIZER

МОСКВА РОССИЯ
ЕВРОЭКСПО  VIENNA AUSTRIA
EUROEXPO
Exhibitions and Congress Development GmbH

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР ВЫСТАВКИ / GENERAL SPONSOR

САИМАН
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ / SUPPORTED BY

 ЭКСПОЦЕНТР
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ  

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР / STRATEGIC PARTNER

 Ассоциация Торговых компаний
и производителей электроинструмента
и средств малой механизации **PATNE**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ / INFORMATION SPONSORS

ПОТРЕБИТЕЛЬ
www.master-forum.ru

**МИР КОРОЛЕВОГО
ИНСТРУМЕНТА**


КОМПОЗИТ
XXI ВЕК

ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР / INTERNET-PARTNER

MASTER-FORUM.RU

12+ РЕКЛАМА ООО «ЕВРОЭКСПО»

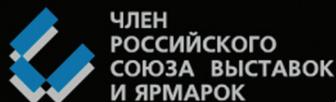
WWW.MITEXPO.RU





МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И МАЙНИНГА НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ

17 | 18 | 19 октября 2023 г.
г. НОВОСИБИРСК



16+

Металлообработка. Сварка – Урал

12–15 марта 2024
Екатеринбург

международная выставка технологий,
оборудования, материалов для машиностроения,
металлообрабатывающей промышленности
и сварочного производства

**крупнейший
специализированный
региональный проект в России**



(342) 264-64-27
egorova@expoperm.ru
metal-ekb.expoperm.ru





miningmetals

CENTRAL ASIA

28-я Центрально-Азиатская
Международная Выставка
ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ДОБЫЧА И
ОБОГАЩЕНИЕ РУД И МИНЕРАЛОВ

20 - 22 сентября 2023
Алматы, Казахстан



Организаторы

Iteca - тел.: +7 727 258 34 34



 [mining-metals.kz](https://twitter.com/mining-metals.kz)

 [mining_shows_kaz](https://www.instagram.com/mining_shows_kaz)

 [miningmetals.kz](https://www.facebook.com/miningmetals.kz)

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»

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, а также статьи обзорного характера, отвечающие критериям первичной научной публикации (полный перечень рубрик указан на сайте minmag.kz).

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

- набор статьи производится в текстовом редакторе Word шрифтом Times New Roman 12 кеглем 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.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?p1=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, русском и английском языках;
 - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов; знаком «*» указывается автор-корреспондент;
 - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, город, страна, контактные данные (адрес электронной почты), ORCID ID) предоставляются на казахском, русском и английском языках;
 - полное название организации (-ий), 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 предоставляется на казахском, русском и английском 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, русском и английском языках;
 - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение/ выводы);
 - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2015 года, предоставляется 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.** Оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

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. Список приводится на казахском, русском и английском языках.

4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении 8 (восьми) 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.