

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

Издается с января 2003 г.

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

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

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

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

minmag.kz

Представители журнала:

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

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

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

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

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

Подписано в печать **25.01.2020 г.**

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

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



INTERRIN

Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

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

Специалист по связям с общественностью

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

Помощник редактора

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

Редакционная коллегия:

Fathi Nabashi (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c.

[St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima],

Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,

Professor of Mining Engineering

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

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

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

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

А.А. Бекботаева, PhD

А.А. Бектыбаев, канд. техн. наук

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

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

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

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

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

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

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

В.Г. Загайнов, канд. техн. наук

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

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

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

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

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

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

В.С. Музгина, д-р техн. наук

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

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

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

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

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

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Р.Р. Ходжаев, д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

 – статья публикуется в авторской редакции

- 3** Колонка редактора
- 4** На Долинном руднике завершается работа по запуску двух важных производственных объектов ®
Генеральный директор «Казцинк» удостоен премии за меценатскую деятельность ®

Минерально-сырьевые ресурсы

- 6** *Мовланов Ж.Ж., Седельников Л.В., Абдуллаев Л.А.*
Критерии прогнозной оценки гор Северный Нуратау на золото

Геотехнология

- 13** *Гусманова А.Г., Бекбаева Р.А., Турнияз М.Б.*
Подбор скважин для одновременно-раздельной эксплуатации
- 18** *Нурайыкова Г.Т., Тунгушбаева З.К., Амралинова Б.Б., Абдрашева З.Ж.*
Кен технологияларының тізбегіндегі орындалатын операциялардың тиімділік динамикасы

Геомеханика

- 23** *Рахымбердина М.Е., Токтарбаева М.К., Тогузова М.М., Касымов Д.К.*
Исследование и прогнозирование деформаций объектов Секисовского золоторудного месторождения по результатам маркшейдерско-геодезического контроля

Крепление горных выработок

- 30** *Демин В.Ф., Баизбаев М.Б., Нурғалиев С.*
Повышение устойчивости повторно используемых подготовительных выработок

Металлургия

- 35** *Dosmukhamedov N., Zholdasbay E., Kurmanseytov M., Argyn A.*
Phase equilibrium systems copper-lead matte – slag saturated with silica

Геоинформатика

- 42** *Волков Ю.И., Маликов А.М.*
Цифровые технологии при разработке систем осушения горных объектов
- 48** *Свирицевский А.*
Цифровой двойник оборудования. Измельчение

- 54** Требования к оформлению статей

Юбилей

- 56** И.Н. Столповских (к 80-летию со дня рождения)

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

*Уважаемые читатели!
Дорогие коллеги!*

Мы встретили 2020 год, т. е. уже прошла пятая часть столетия, которого ждали с нетерпением, спорили, когда начинается новое тысячелетие с наступлением 2000 г. или 2001 г., астрологи и вещие гадалки сулили нам беды и напасти, люди надеялись и искренне желали наступления века всеобщего мира и согласия, единения в стремлении к благополучию и взаимопониманию. Верующие и атеисты, люди разных рас и религий, разных стран и континентов были уверены, что желания народов будут законом для правительств, и XXI век окажется «золотым веком» в истории человечества. Но... этого, к сожалению, не случилось, мир продолжают раздирать противоречия; войны и уничтожение себе подобных остаются способом достичь своих эфемерных и опасных целей, хотя никто ничего не добился, желая худшего для своего соседа.

Конечно, в этом катастрофически опасном начале нового столетия есть надежный сдерживающий фактор, основанный на постоянном поиске путей и возможностей мирного развития на основе компромиссов и взаимных уступок, не изменяя принципиальным позициям.

В такой политической обстановке экономическая составляющая жизнеспособности государств, конечно, страдает из-за санкционного императива, принятого на вооружение противостоящими державами.

Но, в то же время, светлым примером продолжает оставаться глобальная политика в отношении развития горно-металлургического комплекса. Требования времени в поиске новых месторождений, воспроизводстве минерально-сырьевой базы, разработке инновационных технологий по широкому спектру производственных процессов, начиная с геологоразведочных работ и заканчивая переработкой техногенных минеральных образований, организации новых предприятий создают благоприятный климат для компаний и государств. Реализации интересов способствуют и складывающаяся бизнес-обстановка, и создание более либерализованной и заинтересованной в привлечении инвестиций законодательной базы, и положительные результаты постоянных встреч широкой общественности геологов, горняков, обогатителей, металлургов, собственников компаний, консалтинговых, юридических, финансовых, аудиторских организаций. Казахстанский пример, когда официально три раза в год в городах Нур-Султане и Алматы проходят такие встречи, являют собой уже привычную необходимость, полезную во всех отношениях. Горно-геологический Форум Майнекс Казахстан, Конгресс АММ, Международная выставка горношахтного оборудования и технологий как нельзя лучше способствуют созданию благоприятного климата и вариативной возможности исполнения собственных планов.

Наступивший 2020 год не будет исключением. «Горный журнал Казахстана», в свою очередь, готов представить свои страницы и свои возможности для аудитории и организации обмена взаимными интересами, публикации полезных материалов в области научно-исследовательских работ и производственных достижений. Надеемся, что впереди нас ожидает плодотворный год, и мы, заканчивая его, скажем ему «спасибо» за итоги.

*Всем работникам сферы добычи и переработки рудного и нерудного сырья
желаем успехов и благополучия!*

Ждем Вас в гости в нашем общем доме – «Горном журнале Казахстана».

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ И ЧИТАТЕЛИ «ГОРНОГО ЖУРНАЛА КАЗАХСТАНА»!

ОБРАЩАЕМ ВАШЕ ВНИМАНИЕ НА ТО, ЧТО САЙТ ЖУРНАЛА УЖЕ НАЧАЛ СВОЮ РАБОТУ

ПО АДРЕСУ MINMAG.KZ



НА ДОЛИННОМ РУДНИКЕ ЗАВЕРШАЕТСЯ РАБОТА ПО ЗАПУСКУ ДВУХ ВАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

На Долинном руднике Риддерского горно-обогатительного комплекса, расположенном в Восточно-Казахстанской области, начала работать главная вентиляционная установка. Она позволит подавать необходимое количество воздуха для увеличения мощностей производства.

Также в ближайшее время будет введен в эксплуатацию бетонно-закладочный комплекс, который поможет заполнить образованные пустоты и добывать руду.

Запуск обоих объектов – завершение важного этапа в строительстве рудника. В краткосрочной перспективе Долинный рудник сможет увеличить производительность труда и выйти на максимальную мощность.



Работы на Долинном руднике продолжаются

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР «КАЗЦИНКА» УДОСТОЕН ПРЕМИИ ЗА МЕЦЕНАТСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Премия «Жомарт жүрек» ежегодно вручается наиболее видным благотворителям, внесшим значительный вклад в социальную сферу.

По решению Восточно-Казахстанской областной комиссии конкурса, руководителю крупнейшей металлургической компании региона Александру Хмелеву присудили звание «Меценат года». Вклад «Казцинка» и лично Александра Леонидовича отметил аким ВКО Даниал Ахметов. Глава региона поблагодарил



Награждение Жомарт Жүрек

компанию за совместные социальные проекты и большой вклад в поддержку развития городов.

– Мы направляем средства на улучшение инфраструктуры каждого населенного пункта, где работает «Казцинк», оказываем помощь при строительстве спортивных и культурных объектов, поддерживаем учреждения здравоохранения и образования, – прокомментировал получение премии генеральный директор компании Александр Хмелев. – Помимо больших проектов, стараемся поддерживать и тех, кому нужна адресная помощь в непростой жизненной ситуации. Социальная ответственность «Казцинка» – это большая задача для всего коллектива компании. Приятно, что тот вклад, который мы вносим, получил высокую оценку.

Отметим, что «Казцинк» ежегодно направляет более 10 миллиардов тенге на решение социальных задач в городах, где работают производственные площадки компании.



Премия Жомарт Жүрек

Материал предоставлен Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»

MINING CLUB

геологоразведка юниоров

В форуме примут участие более 100 руководителей и специалистов горно-металлургических и геологоразведочных предприятий, представителей профильных ведомств Казахстана, консультантов и независимых экспертов.

21 февраля 2020

Novotel Almaty City Center

**HALLER
LOMAX**


**AURORA MINERALS
GROUP**


Тай-Кен Самрук
НАЦИОНАЛЬНАЯ ГОРНОРУДНАЯ
КОМПАНИЯ

**Lincoln
Company**

<http://lincoln.company/miningclub>

Код МРНТИ 38.21.17

Ж.Ж. Мовланов, Л.В. Седельников, Л.А. Абдуллаев

Государственное предприятие «Институт минеральных ресурсов» Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам (г. Ташкент, Узбекистан)

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ГОР СЕВЕРНЫЙ НУРАТАУ НА ЗОЛОТО

Аннотация. Увеличение масштабов добычи благородных цветных и редких металлов, вовлечение в сферу промышленного использования нетрадиционных и новых видов минерального сырья предопределяет необходимость осуществления прогнозных исследований на всех этапах и стадиях геологического изучения территории Узбекистана. Изучение геологических условий локализации и отражения на материалах космического зондирования обусловлено исключительным значением западного окончания гор Северный Нуратау при обеспечении дальнейшего роста золоторудного потенциала Нуратинского горнорудного района – одного из наиболее перспективных регионов Узбекистана. Это будет способствовать, наряду с решением конкретных прикладных задач по выявлению и обоснованию эффективных дистанционных признаков рудообразования, оконтуриванию с их помощью новых перспективных площадей для постановки опережающих специализированных поисковых работ, выяснению общих теоретических аспектов локализации оруденения в генетически различных типах пород и структурно-тектонических условиях.

Ключевые слова: оруденение, критерии, прогнозирование, минералогические признаки, перспективные площади, минерал, зоны оруденения, золото, горнорудный район, минеральное сырье.

Солтүстік Нұратау тауын алтынға болжамды бағалау критерийлері

Андатпа. Асыл түсті және сирек металдарды өндіру ауқымын ұлғайту, минералды шикізаттың дәстүрлі емес және жаңа түрлерін өнеркәсіптік пайдалану саласына тарту Өзбекстан аумағын геологиялық зерттеудің барлық кезеңдері мен сатыларында болжамды зерттеулерді жүзеге асыру қажеттілігін алдын ала айқындайды. Олардың ғарыштық зондтау материалдарында оқшаулау және шағылысудың геологиялық жағдайларын зерделеу Өзбекстанның неғұрлым перспективалы өңірлерінің бірі – Нұра тау-кен ауданының алтын кені әлеуетінің одан әрі өсуін қамтамасыз ету кезінде Солтүстік Нұратау тауының батыс аяқталуының айрықша мәнімен шартталған. Бұл Кенді бақылаудың тиімді дистанциялық белгілерін анықтау және негіздеу бойынша нақты қолданбалы міндеттерді шешумен қатар, озық мамандандырылған іздестіру жұмыстарын қою үшін жаңа перспективалы алаңдарды олардың көмегімен шектеуге, жыныстардың генетикалық түрлі түрлерінде және құрылымдық-тектоникалық жағдайларда кенденуді оқшаулаудың жалпы теориялық аспектілерін анықтауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: кендену, болжау, критерийлері, минералогиялық белгілер, перспективалы алаңдар, минералдар, кендену, аймақтар, золото, тау-кен ауданы, минералды шикізат.

Criteria for forecasting assessment of mountains Northern Nuratau on gold

Abstract. The increase in mining of precious non-ferrous and rare metals, the involvement of non-traditional and new types of mineral raw materials in the field of industrial use determines the need for forecasting studies at all stages and stages of geological exploration of the territory of Uzbekistan. The study of their geological conditions of localization and reflection on space sounding materials is due to the exceptional value of the western end of the Northern Nuratau mountains while ensuring the further growth of the gold potential of the Nuratau mining region – one of the most promising regions of Uzbekistan. This will contribute along with solving specific applied problems of identifying and substantiating effective remote signs of ore control, delineating new promising areas with them for setting up advanced specialized prospecting, clarifying the general theoretical aspects of mineralization localization in genetically different types of rocks and structural and tectonic conditions.

Key words: mineralization, forecasting criteria, mineralogical features, promising areas, mineral, mineralization, zones, mining area, mineral raw materials, gold.

Введение

Разработка научно обоснованных критериев прогнозной оценки территории на твердые полезные ископаемые с целью выделения первоочередных перспективных площадей, а также совершенствование методов прогнозных исследований и поисковых работ – одна из важнейших задач современного этапа развития геологии Узбекистана. Эти данные могут быть получены путем изучения комплексов типоморфных признаков самородного золота, в том числе элементов в примесей.

В этой связи особое значение в повышении эффективности геологоразведочных работ имеет научно обоснованный выбор первоочередных перспективных площадей для постановки поисковых и геолого-съёмочных работ с комплексированием прогнозных исследований и вовлечением данных по геохимии, минералогии, геофизике, космогеологии и геодинамике¹ [1, 2, 3]. Успех этих исследований и геологоразведочных работ во многом зависит от разработанности теории и методики прогнозных исследований и геологоразведочных работ, достоверности

выявленных закономерностей формирования и размещения оруденения и критериев перспективной оценки изученной территории на тот или иной вид полезных ископаемых.

Необходимо отметить, что до настоящего времени нет методических руководств по проведению прогнозных исследований в региональных масштабах, в пределах конкретных регионов, рудных поясов, рудных зон и районов. Существуют рекомендации по принципам и методам прогнозных исследований, которые нашли свое отражение в трудах Ю.А. Билибина, В.И. Смирнова, К.И. Сатпаева, И.Г. Магакьяна, А.Ю. Шеглова, В.А. Кузнецова, Г.А. Твоячрелидзе, Д.В. Руднкви-ста, Н.П. Лаверова, С.В. Григоряна, Ф.И. Вольфсона, У.А. Асаналиева, Л.И. Лукина, А.В. Королева, П.А. Шехтмана, В.П. Федорчука, Н.А. Никифорова, В.А. Королева, Х.А. Акбарова, Ю.С. Шихина, Р.Р. Исакова, В.Я. Зималиной, Д.И. Горжевского, Г.Ф. Яковлева и других^{2, 3}. Прогнозирование в их понимании – это анализ всей совокупности геологических данных с целью выявления наиболее вероятных мест (участков)

¹Хан Р.С., Насырлаев К.Х. и др. Геологическое доизучение складчатого комплекса с общими поисками в центральной части хребта Северный Нуратау масштаба 1:50000 в пределах листов К-42-110-В; К-42-122-А, Б. – Самарканд, 1998.

²Усманов Р.Р., Старцев О.А. и др. Отчет по составлению аэрофотогеологической карты гор Северный Нуратау и прилегающих территорий масштаба 1:50000 за 1980-84 гг. – Самарканд, 1984.

³Шихин Ю.С. Геологическое картирование и оценка рудоносности разрывных нарушений. – М.: Недра, 1992. – 229 с.

локализации оруденения, определения типа руд, их масштабов и условий залеганий в земной коре.

Несмотря на достигнутые успехи в прогнозировании, вопросы разработки теории и практики проведения прогнозных исследований для отдельных регионов Узбекистана по отдельным металлам и комплексным рудам остаются не вполне решенными. Кроме того, надо учесть, что в последние годы появились новые методы

исследований – изучение напряженности и деформации (тектонифизические методы), метод реконструкции геодинамической обстановки различных этапов развития земной коры (участки проявления эндогенной минерализации), метод компьютерной технологии прогнозирования. Кроме того, усовершенствованы методы геолого-структурного анализа условий размещения оруденения, космогеологические и геофизические методы исследований

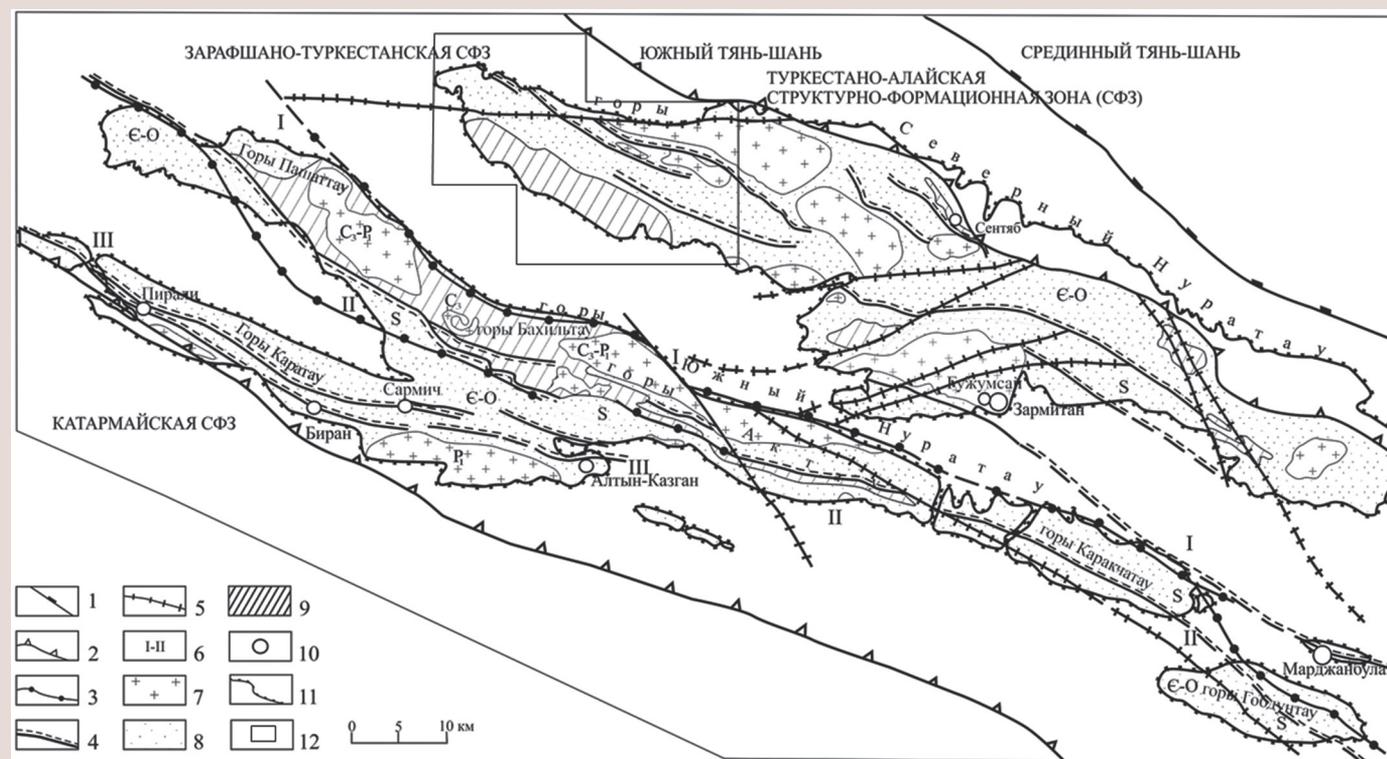


Рис. 1. Региональная структурно-тектоническая позиция территории исследований (по материалам С.М. Колосковой, 2005): тектонические структуры: 1 – граница складчатых систем Срединного и Южного Тянь-Шаня; 2 – граница структурно-формационных зон (СФЗ); 3 – северо-западные межблоковые долгоживущие разломы с возможными функциями рудовыводящих; 4 – зоны смятия и повышенной трещиноватости, преимущественно внутриблоковые, с функциями рудоподводящих и рудораспределяющих; 5 – блокформирующие разломы с функциями рудонарушающих; 6 – зоны смятия: Южно-Нуратинская (I – северная ветвь, II – южная ветвь); III – Каратауская; комплексы пород Зарафшано-Туркестанской СФЗ: 7 – интрузивных; 8 – терригенных; 9 – карбонатных; 10 – золоторудные месторождения; 11 – границы выходов домезозойских образований; 12 – граница территории исследований.

Сурет 1. Зерттеу аумағының аймақтық құрылымдық-тектоникалық позициясы (С.М. Колоскова материалдары бойынша, 2005): тектоникалық құрылымдар: 1 – орта және Оңтүстік Тянь-Шаньдің қатпарлы жүйелерінің шекарасы; 2 – құрылымдық-формациялық аймақтардың шекарасы (СФЗ); 3 – кен шығару функцияларымен мүмкін болатын солтүстік-батыс блоктық аралық ұзақ тіреуіш сынықтар; 4 – шаю және жоғары жарықшақтылық аймақтары, негізінен блоктың ішінде, кен шығару және кен тарату функцияларымен; 5 – құрылымдық – формациялық аймақтар (СФЗ) (I – солтүстік тармағы, II – оңтүстік тармағы); III – Қаратау; Зарафшан-Түркістан СФЗ жыныстарының кешендері: 7 – интрузивті; 8 – терриген; 9 – карбонатты; 10 – алтын кенді кен орындары; 11 – домезозой түзілімдерінің шығу шекаралары; 12 – зерттеу аумағының шекарасы.

Figure 1. Regional structural-tectonic position of study area (on materials of S. M. Koloskova, 2005): tectonic structures: 1 – the border of the fold systems of the Median and southern Tien Shan; 2 – boundary of structural-formational zones (SFZ); 3 – Northwest long-lived interblock faults with possible functions redovisades; 4 – areas of crumpling and increased fracturing, mainly intrablock, with features retopology and rudraprayag; 5 – platformera faults with functions radonaway; 6 – shear zone: southern Nuratau (I – North branch, II – southern branch); III – Karatau; complexes of rocks of Zarafshan-Turkestan SFZ: 7 – Intrusive; 8 – terrigenous; 9 – carbonate; 10 – gold deposits; 11 – borders of outputs of pre-Mesozoic formations; 12 – border of the research territory.

и т. д., что позволяет пересмотреть закономерности формирования и размещения эндогенного оруденения, разработать новые критерии прогнозной оценки, комплексирование которых повысит достоверность прогнозных исследований и эффективность поисковых работ.

Методы исследований

В этом аспекте особое место занимает комплексирование геологических, геохимических и дистанционных методов исследований, результаты которых могут прямо указывать на наличие промышленно значимого оруденения. Постановка такой задачи очень важна для территории Западного Узбекистана, в частности, Нуратинского региона, где большая часть территории закрыта мезо-кайнозойскими образованиями (рис. 1).

В основе данной работы лежат геологические материалы личных исследований авторов по изучению золоторудного оруденения Северного Нуратау геолого-структурными и дистанционными методами с целью выявления позиций, благоприятных для обнаружения промышленного золотого оруденения, проведенных в 2013-2016 гг.

Результаты

В региональном и структурном плане изучаемая территория входит в состав Заравшано-Туркестанской структурно-формационной зоны с золото-редкометалльным металлогеническим обликом. В геологическом строении участвуют докембрийские, палеозойское и мезо-кайнозойские образования. Магматические образования представлены плутоническими породами, слагающими Мадаватский и Темиркабукский интрузивы, дайки Муллакамаль и Канса.

На территории выделяются (В.С. Корсаков, Ф.К. Диваев, Р.Р. Усманов, Р.Х. Хан):

- Каттаичский габбро-диорит-гранодиоритовый комплекс средне-верхнего карбона;
- Шуракский гранитовый комплекс позднего карбона;
- Северо-Нуратинский пермский дайковый комплекс;
- Южно-Тянь-Шаньский триасовый комплекс субщелочных габброидов.

На сегодняшний день здесь обнаружен ряд проявлений золота, среди которых выделяются месторождения Чармитан, Пистали, Сармич и Марджанбулак, геологически детально изученные, с определенными закономерностями их формирования и размещения в них золотого оруденения, на них подсчитаны запасы.

Эти объекты нами приняты как эталонные, в связи с чем все геологические материалы по ним подверглись детальному анализу с целью установления и уточнения основных рудоконтролирующих факторов и признаков золотого оруденения Северного Нуратау.

Одной из наиболее важных особенностей золоторудных проявлений является их структурная позиция, являющаяся новым элементом классификации эндогенных золоторудных месторождений Нуратинского региона. Еще в 90-е годы прошлого века В.А. Королев и Х.А. Акбаров в своих исследованиях неоднократно

подчеркивали важность определения геолого-структурных позиций рудных объектов для целей прогноза и поиска эндогенных гидротермальных месторождений.

По материалам описания объектов в ежегодном издании «Госбаланс...» и отчетов полевых экспедиций, по предварительной и детальной оценке вышеназванных объектов были выбраны и систематизированы основные характерные черты для каждого месторождения, отражающие закономерности его образования, вещественный состав и условия размещения рудных скоплений. Анализ собранных материалов показал, что основные характерные черты эталонных объектов отражают в совокупности общие закономерности их образования, а при отдельном анализе объекта являются продуктом проявления на месторождении главных рудоконтролирующих факторов и значимых признаков золотого оруденения⁴. Они явились основой для проведения нами сравнительного анализа, для разбраковки и выделения перспективных объектов.

Обсуждение результатов

Важно отметить, что собранные сведения об объектах с определением их рудно-формационной принадлежности дают возможность установить их геолого-промышленный тип⁵, а последнее, в свою очередь, позволяет разработать эффективные способы добычи и технологии переработки руд и извлечения полезных компонентов (технологичность руд).

Первым шагом в систематизации золоторудных проявлений региона было определение ранга объекта (месторождение, рудопроявление, минерализованная зона) и масштаба проявления рудной минерализации с указанием подсчитанных ресурсов или запасов.

Далее идут сведения о минеральном составе геолого-промышленных типов руд, где на первое место выделено самородное золото, далее идут сульфиды – пирит, халькопирит, галенит, сфалерит и т. д.

Особое значение уделено вопросу морфологии рудных тел. Исследования показывают, что, несмотря на широкий спектр форм рудных скоплений (штокверки, залежи, жилы, зоны и т. д.), все они связаны со структурными элементами, которые играли важную контролируемую роль в процессе размещения оруденения.

Определены структурные факторы позиций эталонных и перспективных объектов по отношению к складкам крупных разломов и интрузивным образованиям. Так, например, Чармитанское рудное поле приурочено к зоне Караулханинского разлома (зона смятия), к эндо- и экзоконтактной зоне Кошрабодского интрузива (граносиениты). Аналогичную структурную позицию имеет Марджанбулакское рудное поле, приуроченное к Караулхана-Чармитанской зоне смятия. Кроме того, выделены структуры, контролировавшие размещение оруденения, среди которых важное место занимают северо-западные, северо-восточные и субмеридиональные разломы, определяющие морфоструктурные типы рудных тел.

⁴Снурницына Н.А., Бертман Э.Б. и др. Составление прогнозной геолого-геохимической карты Северного Нуратау масштаба 1:50000. – Самарканд, 2005.

⁵Пирназаров М.М. Золото Узбекистана: рудно-формационные типы, прогнозно-поисковые модели и комплексы. – Ташкент, 2017.

Месторождение Сармич характеризуется следующими показателями:

- посчитаны запасы золота по категориям: C_1 и C_2 при среднем содержании $Au = 0,82$ у.е.; определены прогнозные ресурсы $P_1 = 10,3$ у.е.; приведенные параметры позволяют отнести объект к разряду средних и даже крупных месторождений золота, рентабельных при открытой и частично штольневой отработке;

- минеральный состав руд: пирит, арсенопирит, теллуриды, вольфрамит, золото самородное; по минеральному составу руд и степени их сульфидности было установлено, что месторождение Сармич относится к малосульфидной золото-кварцевой редкометальной формации, что, несомненно, важно при разработке технологии обогащения руд, извлечения золота и попутных компонентов;

- морфоструктурный тип рудной зоны определен как линейно вытянутая зона смятия северо-западного простирания, внутреннее строение которой определяется серией (5-8) субпараллельных зон катаклизмов и брекчий, включающих линзовидные и протяженные кварцевые тела с золотом; зоны блокированы и смещены поперечными разрывными нарушениями северо-восточного простирания;

- главные компоненты руд: золото, серебро; ценными компонентами могут считаться вольфрам и медь, если будут разработаны технологии их извлечения.

Таким образом, вводные характеристики эталонных месторождений важны для оценки масштабов проявления золота, серебра, ценных попутных компонентов. Синтез сведений по минеральному составу рудных образований (включая самородное золото), степени сульфидности руд, а также морфологии, условиям залегания и параметрам рудных тел являются важными элементами для определения геолого-промышленного типа месторождения.

Исходя из приведенных характеристик, для месторождения Сармич определяется:

- малосульфидный золото-кварц-сульфидный минеральный тип с самородным частично свободным золотом в сульфидах и кварце;

- линейно-вытянутые, сближенные субпараллельные крутопадающие рудные тела, сложенные стержневыми кварцевыми жилами или линзовидным и прожилковым окварцеванием, определяющими комбинированный способ отработки руд.

Рассматриваются основные признаки и рудоконтролирующие факторы оруденения:

- основными геологическими факторами, определяющими закономерности образования и условия размещения оруденения, являются: структурные, литологические и магматические: именно синхронное взаимодействие их особенностей определяет геолого-структурную позицию объекта;

- метаморфические и метасоматические изменения пород: метаморфические преобразования пород характерны для Мадаватской и Кансайской минерализованных

зон, наиболее интенсивно они проявлены в площадях, характеризуемых как геолого-структурные позиции размещения рудных объектов;

- косвенными признаками проявления оруденения служат вторичные геохимические ореолы и геофизические аномалии, а первичные геохимические ореолы золота и сопутствующих ему элементов в коренных породах достаточно четко отражают границы рудоконцентраций и рудных тел [4, 5]; аномалии по породам, а также в перекрывающих образованиях, зачастую, нечетко и неоднозначно отражают признаки, зафиксированные в нижележащей толще.

Более осторожно следует относиться к интерпретации геофизических полей. Так, аномалии ВП, с одной стороны, достаточно четко отражают повышенную сульфидизацию пород, но не различают генезис ее происхождения. Еще более критично необходимо относиться к интерпретации аномалий магнитных и гравиметрических полей⁶, а также при расшифровке материалов дешифрирования дистанционных съемок с позиций их соотношения с реальными материалами геологической съемки и возможности получения дополнительной информации от дешифрирования элементов рельефа и ландшафта [6].

Проведенный анализ, наряду с весьма положительными сторонами (на достаточном уровне приводится описание практически всех известных характеристик объектов), имеет свои недостатки для дальнейшего прямого практического использования.

Объемность описания геологических характеристик объектов необходима для получения общего представления объекта, но весьма затрудняет проведение сравнительного анализа с эталонами без конкретизации каждого фактора на градации (направление простирания разлома, с которыми объект непосредственно или пространственно связан; литологический состав вмещающих пород по типам и т.д.).

На следующем этапе исследований информация была видоизменена: расширен диапазон каждого фактора разделением на градации, но взятые по отдельности, они показывают только разные стороны (варианты) его проявления и роли в рудогенезе. Характер проявленных «градаций» фактора позволяет сравнивать их между собой. При этом наиболее важным является сравнение значений всех факторов, проявленных на оцениваемом объекте (экзаменуемом), с данными на эталонных объектах. Это позволяет определить (сравнительно оценить), какому эталонному месторождению соответствует наш «экзаменуемый» объект. Кроме того, можно оценить качественную характеристику и сложность его геологического строения через количество зафиксированных значений факторов. Следует сделать оговорку, что описанный анализ оценки перспективности «экзаменуемого» объекта в существенном значении зависит от степени изученности закономерностей формирования и геолого-структурных условий размещения оруденения в прогнозируемой площади.

⁶Борисова С.А. *Опережающие специализированные поисковые работы масштаба 1:10000 на западном погружении хребта Северный Уралау.* – 2010.

В такой последовательности были проанализированы все перспективные объекты, на основании чего они были ранжированы на объекты первой и второй очереди изучения. К первоочередным объектам относятся Сулукская, Пистали-Учмола-Улусская площади и рудопоявление Древний, приуроченные к Улус-Мадавской минерализованной зоне.

Объекты Кансай, Кулькудук, Джилга, расположенные в пределах Кансайкой минерализованной зоны, рекомендованы ко второй очереди изучения.

Авторы статьи приносят свою благодарность В.Д. Цой, В.Я. Зималину, З.М. Абдуазимову, факультету геолого-минералогических наук за вклад в развитие данной темы и ценные комментарии к статье.

Заключение

Систематизация рудных месторождений (эта-лонных) Северного Нуратау на геологической, геохимической, минералогической, геофизической, структурно-литологической и магматической основе позволяет определить их основные геолого-промышленные типы, и путем сопоставления этих данных с аналогичными данными перспективных объектов ранжировать последние на очередность дальнейшего изучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ананьев Ю.С., Поцелуев А.А., Житков В.Г. Космоструктурные модели золоторудных объектов Западной Калбы. // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – №1. – С. 35-42.
2. Голованов И.М. Геолого-промышленные типы коренных золоторудных месторождений Узбекистана. // Геология и минеральные ресурсы. – 2000. – №1. – С. 18-30.
3. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И., Цой Р.В. Объемные реконструкции глубинного строения подвижных поясов. // Узбекский геологический журнал. – 1984. – №6. – С. 10-18.
4. Григоров С.А. Основы структурной интерпретации геохимических полей рудных объектов для целей их локализации и оценки. // Отечественная геология. – 2007. – №4. – С. 45-52.
5. Николаева Л.А., Некрасова А.Н., Миляев С.А., Яблокова С.В., Гаврилов А.М. Геохимические особенности самородного золота месторождений различных рудно-формационных типов. // Геология рудных месторождений. – 2013. – Т. 55. – №3. – С. 203-213.
6. Юронен Ю.П., Королев М.А. Использование ГИС и ДЗЗ при проведении геологических поисково-разведочных работ. // Решетневские чтения. – 2015. – Т. 1. – С. 314-316.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ананьев Ю.С., Поцелуев А.А., Житков В.Г. Космоструктурные модели алтын кенді объектілерді Батыс Қалба. // Томск политехникалық университетінің хабарламасы. – 2010. – Т. 317. – №1. – Б. 35-42.
2. Голованов И.М. Геологиялық-өнеркәсіптік типтері байырғы алтын кенді кен орындарын Өзбекстан. // Геология және минералды ресурстар. – 2000. – №1. – С. 18-30.
3. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И., Цой Р.В. Көлемді қайта құру тереңдік құрылысы қозғалмалы белдеулері. // Өзбек геологиялық журналы. – 1984. – №6. – Б. 10-18.
4. Григоров С. А. кен объектілерінің геохимиялық өрістерін оларды оқшаулау және бағалау мақсатында құрылымдық интерпретациялау негіздері. // Отандық геология. – 2007. – №4. – Б. 45-52.
5. Әр түрлі кен-формациялық үлгідегі кен орындарының өзіндік алтынының геохимиялық ерекшеліктері. // Кен орындарының геологиясы. – 2013. – Т. 55. – №3. – Б. 203-213.
6. Юронен Ю.П., Королев М.А. Геологиялық іздестіру-барлау жұмыстарын жүргізу кезінде ГИС және ЖҚЗ қолдану. // Решетнев оқулары. – 2015. – Т. 1. – С. 314-316.

REFERENCE

1. Ananyev Yu.S., Potseluev A.A., Zhitkov V.G. Cosmostructural models of gold ore objects in Western Kalba. // News of Tomsk Polytechnic University. – 2010. – Vol. 317. – №1. – P. 35-42.
2. Golovanov I.M. Geological and industrial types of indigenous gold deposits of Uzbekistan. // Geology and Mineral Resources. – 2000. – №1. – P. 18-30.
3. Ivankin P.F., Nazarova N.I., Tsoi R.V. Volumetric reconstruction of the deep structure of mobile zones. // Uzbek Geological Journal. – 1984. – №6. – P. 10-18.
4. Grigorov S.A. Fundamentals of the structural interpretation of the geochemical fields of ore objects for the purposes of their localization and assessment. // Domestic Geology. – 2007. – №4. – P. 45-52.

5. *Nikolaeva L.A., Nekrasova A.N., Milyaev S.A., Yablokova S.V., Gavrilov A.M. Geochemical features of native gold deposits of various ore-formation types. // Geology of Ore Deposits. – 2013. – Vol. 55. – №3. – P. 203-213.*
6. *Yuronen Yu.P., Korolev M.A. The use of GIS and remote sensing when conducting geological exploration. // Reshetnev readings. – 2015. – Vol. 1. – P. 314-316.*

Сведения об авторах:

Мовланов Ж.Ж., доктор философии (PhD) по геолого-минералогическим наукам, начальник отдела Государственного предприятия «Институт минеральных ресурсов» Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам (г. Ташкент, Узбекистан)

Седельников Л.В., кандидат геолого-минералогических наук, ведущий геолог Государственного предприятия «Институт минеральных ресурсов» Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам (г. Ташкент, Узбекистан)

Абдуллаев Л.А., заведующий сектором Государственного предприятия «Институт минеральных ресурсов» Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам (г. Ташкент, Узбекистан) для контактов: jahongir79@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Мовланов Ж.Ж., Геология-минералогия ғылымдары бойынша философия докторы (PhD), Өзбекстан Республикасының Геология және минералдық ресурстар жөніндегі мемлекеттік комитетінің «Минералдық ресурстар институты» мемлекеттік кәсіпорнының бөлім бастығы (Ташкент қ., Өзбекстан)

Седельников Л.В., геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, Өзбекстан Республикасының Геология және минералдық ресурстар жөніндегі мемлекеттік комитетінің «Минералдық ресурстар институты» мемлекеттік кәсіпорнының жетекші геологы (Ташкент қаласы, Өзбекстан)

Абдуллаев Л.А., Өзбекстан Республикасы Геология және минералдық ресурстар жөніндегі мемлекеттік комитетінің «Минералдық ресурстар институты» мемлекеттік кәсіпорнының сектор меңгерушісі (Ташкент қ., Өзбекстан) контактілер үшін: jahongir79@mail.ru

Information about the authors:

Movlanov Zh.Zh., Doctor of Philosophy (PhD) on Geological-Mineralogical Sciences, Head of the Department of the State Enterprise «Institute of Mineral Resources» of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Geology and Mineral Resources (Tashkent, Uzbekistan)

Sedel'nikov L.V., Candidate on Geological-Mineralogical Sciences, Leading Geologist of the State Enterprise «Institute of Mineral Resources» of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Geology and Mineral Resources (Tashkent, Uzbekistan)

Abdullaev L.A., Head of the Sector of the State Enterprise «Institute of Mineral Resources» of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Geology and Mineral Resources (Tashkent, Uzbekistan) Contacts: jahongir79@mail.ru





КАЗАХСТАН
2020

**ХІ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ
МАЙНЕКС КАЗАХСТАН 2020**

31 марта - 2 апреля 2020
Нур-Султан, Казахстан

minexkazakhstan.com



Форум проводится в Казахстане с 2010-го года и является одним из наиболее представительных и авторитетных отраслевых мероприятий, организуемых в среднеазиатском регионе. Форум представляет ежегодную платформу для презентации ключевых изменений и важнейших проектов, реализуемых в горнодобывающей, геологической и горно-металлургической отраслях промышленности Казахстана и стран Центральной Азии.

МОСКВА – РОССИЯ

Minex Mining Forum LLC
Россия, 115419, г. Москва,
ул. Шаболовка, д. 34,
строение 5, помещение II, комната 3

+7 495 128 35 77
+7 915 482 92 84
ru@minexforum.com

НУР-СУЛТАН – КАЗАХСТАН

ТОО «Горный Форум»
Казахстан, 01000, г. Нур-Султан,
район Байконур, ул. Акжол, д. 24/2,
2 этаж, кабинет №4

+7 7172 696 836
+7 7172 911 395
kz@minexforum.com

ЛОНДОН – ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Advantix Ltd
35A Green Lane, Northwood
Middlesex, HA6 2PX
United Kingdom

+44 1923 822 861
uk@minexforum.com

Код МРНТИ 52.47.19

А.Г. Гусманова, Р.А. Бекбаева, М.Б. Турнияз

Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан)

ПОДБОР СКВАЖИН ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. Сегодня большинство крупных месторождений находятся на третьей или четвертой стадиях разработки, а новые вводятся с трудноизвлекаемыми запасами и низким уровнем рентабельности. В связи с этим нефтяная отрасль перешла на новый технический уровень: разрабатывается оборудование, способное решать сложные технологические задачи, такие как одновременно-раздельная эксплуатация объектов разработки многопластовых месторождений в одной скважине, для этого необходимо проектировать совмещенную сетку скважин на новых месторождениях. Ранее технологии одновременно-раздельной эксплуатации не включались в проектные документы ввиду отсутствия надежного технологического оборудования. В свою очередь, оборудование не разрабатывалось из-за отсутствия необходимости согласно проектным документам. Отсутствие технологии и методик контроля и регулирования разработки отдельных пластов многопластовых месторождений определяет актуальность исследования и разработки таких методов при одновременно-раздельной эксплуатации. В статье представлен краткий обзор проектов внедрения указанной технологии на нефтегазовых предприятиях.

Ключевые слова: объект разработки, горизонт, одновременно-раздельная эксплуатация, физико-химические свойства, оборудование, насос, система разработки, пластовое давление, дебиты нефти и жидкости, технико-экономические показатели.

Бір мезгілде-бөлек пайдалану үшін ұңғымаларды таңдау

Аңдатпа. Бүгінде ірі кен орындарының көпшілігі игерудің үшінші немесе төртінші сатысында тұр, ал жаңалары қиын алынатын қорлармен және рентабельділіктің төмен деңгейімен енгізіледі. Осыған байланысты мұнай саласы жаңа техникалық деңгейге көшті: бір ұңғымада көп қабатты кен орындарын игеру объектілерін бөлек пайдалану сияқты күрделі технологиялық міндеттерді шешуге қабілетті жабдық әзірленуде, бұл үшін жаңа кен орындарында ұңғымалардың бірлескен торын жобалау қажет. Бұрын бір мезгілде-бөлек пайдалану технологиялары сенімді технологиялық жабдықтың болмауына байланысты жобалау құжаттарына енгізілмеген. Өз кезегінде, жобалық құжаттарға сәйкес қажеттіліктің болмауына байланысты жабдық әзірленбеген. Көп қабатты кен орындарының жекелеген қабаттарын игеруді бақылау және реттеу технологиясы мен әдістемелерінің болмауы бір мезгілде-бөлек пайдалану кезінде осындай әдістерді зерттеу мен әзірлеудің өзектілігін айқындайды. Мақалада мұнай-газ кәсіпорындарында аталған технологияны енгізу жобаларына қысқаша шолу берілген.

Түйінді сөздер: игеру объектісі, қабат, бір мезгілде және бөлек пайдалану, физика-химиялық қасиеттері, жабдық, сорғы, игеру жүйесі, қабат қысымы, мұнай мен сұйықтықтың ағыны, техникалық-экономикалық көрсеткіштер.

Selection of wells for simultaneous-separate exploitation

Abstract. Today, most large fields are at the 3rd or 4th stages of development, and new ones are being introduced with hard-to-recover reserves with a low level of profitability. In this regard, the oil industry has moved to a new technical level, equipment is being developed that can solve complex technological problems, such as simultaneous-separate exploitation of multilayer field development facilities in one well. Field development projects should provide for simultaneous-separate exploitation of productive formations. For their effective use, it is necessary to design a combined grid of wells in new fields. Currently, the stage is passed when the simultaneous-separate exploitation technologies were not included in the project documents due to the lack of reliable technological equipment, and such equipment was not developed due to the lack of need according to the project documents and the only limiting element of their mass implementation is the lack of technology and methods for monitoring and regulating the development of individual multilayer formations deposits. This determines the relevance of research and development of methods for monitoring and regulating the development of reserves of multi-layer objects with simultaneous-separate exploitation. This article provides a brief overview of the simultaneous-separate exploitation technology implementation projects at oil and gas enterprises. The factors are listed, in the presence of which it is desirable to apply this technology.

Key words: development object, horizon, simultaneously-separate operation, physical and chemical properties, equipment, pump, development system, reservoir pressure, oil and liquid flow rates, technical and economic indicators.

Введение

В недавнем прошлом многопластовые залежи с различными физико-геологическими условиями в пластах разрабатывались путем поочередного введения их в эксплуатацию по схеме «снизу вверх». Такая система замедляет разработку залежи, сопровождается потерей значительного количества продукции, остающейся в маломощных пластах и участках. Начало распространения технологии одновременно-раздельной эксплуатации пластов (ОРЭ) – мощное средство повышения технико-экономической эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений.

ОРЭ позволяет снизить металлоемкость, себестоимость добычи нефти, увеличить нефтеотдачу пластов (по сравнению с системой

совместной разработки пластов), сократить число эксплуатационных скважин при обеспечении плановых показателей добычи нефти и газа, снизить удельные расходы при эксплуатации скважин. При этом удастся увеличить как текущую добычу нефти и газа, так и конечную разработку прерывистых, линзовидных коллекторов¹.

Методы исследования

В настоящее время технология ОРЭ внедряется на многих нефтедобывающих предприятиях России: ОАО «Самотлорнефтегаз», ОАО «ТНК Нижневартовск», ОАО «ТНК-Нягань», ОАО «Оренбургнефть», ЦДО «Сорочинскнефть», ЦДО «Бугурусланнефть» и других.

Схема одновременно-раздельной эксплуатации двух пластов,

один из которых разрабатывается с применением установки электроприводного центробежного насоса (УЭЦН), а другой – установкой штангового глубинного насоса (УШГН), реализована компанией ОАО «Белкамнефть». В установке, помимо УЭЦН, используются: обратный клапан обычного действия, сливное устройство мембранного типа, пакер гидромеханический П-ЭМГ с кабельным вводом производства НПФ «Пакер» и УШГН производства СП «Барс». Применение смесителя скважинной жидкости ССЖ-89 производства ООО СП «Барс» со штанговым насосом 25-150 RHBC и 25-175 RHBC позволяет производить отбор флюида с объектов, расположенных выше пакера, и обеспечивать соединение двух потоков продукции с разных объектов

¹Молчанов Г.В., Молчанов А.Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа. – Москва: Недра, 1984. – 464 с.

в одном лифте насосно-компрессорных труб (НКТ). Данная установка находится в работе на месторождении ОАО «Белкамнефть» и обеспечивает бесперебойную работу в условиях максимальных депрессий, повышенного выноса мехпримесей, увеличенного содержания газа в добываемой продукции [1].

Для замера дебита периодически останавливается штанговый глубинный насос (ШГН). Показатели эксплуатации УЭЦН контролируются блоком термоманометрической системы (ТМС), спущенным вместе с ЭЦН; ШГН контролируется с помощью динамограммы и на устье скважины. Применение описанной технологии позволило получить более дешевую по сравнению с имевшимися на рынке аналогами насосную установку, экономить на бурении и производить геологические мероприятия (ГТМ), не отключая работающие пласты.

С 2010 г. технология ОРЭ используется на скважинах Самотлорского месторождения ОАО «Самотлорнефтегаз» [2]. Применяются четыре компоновки оборудования:

- однолифтовые системы ОРЭ с одним насосом, в том числе с погружными приборами учета и применением канатной техники;
- однолифтовые системы ОРЭ с двумя насосами;
- двухлифтовые компоновки с тандемом УЭЦН-УШГН;
- двухлифтовые компоновки с тандемом УЭЦН-УЭЦН (самые дорогостоящие).

Помимо распространенных одно- и двухлифтовых установок для ОРЭ на базе станков-качалок в «Татнефти» отдельным направлением относительно недавно стало использование цепного привода собственной разработки для двухрядного лифта, расположенного параллельно в одной обсадной колонне. Другая конструкция использует дифференциальный насос для разработки двух пластов. И достаточно новым и очень востребованным направлением ОРЭ становится установка этих систем в боковые или в горизонтальные

отводы. В горизонтальные скважины и боковые стволы не всегда удается спустить обсадную колонну, и поскольку в ее отсутствие велик риск прорыва газа и воды, необходимо предусматривать механизмы защиты от этого фактора.

С этой целью было разработано оборудование, которое можно спустить, например, в боковой ствол и параллельно изолировать продуктивные интервалы от возможного водо- или газопроявления. Кроме того, одной из технологий ОРЭ является технология одновременно-раздельной разработки нескольких эксплуатационных объектов, созданная НИИ «СибГеоТех», НИИ «Газлифт», основанная на использовании многопакерных компоновок при совместной разработке нескольких объектов.

Данная технология позволяет:

- обеспечить учет добываемой продукции из каждого пласта;
- предупредить межпластовые перетоки по стволу скважины в момент ее остановки и при малых депрессиях;
- увеличить коэффициент нефтеотдачи пластов за счет разукрупнения объектов разной проницаемости и разной насыщенности;
- увеличить добычу нефти за счет дифференцированного и управляемого воздействия на каждый из пластов;
- предупредить отрицательное техногенное воздействие на пласт при глушении пласта с более высоким пластовым давлением;
- нестационарно воздействовать на пласты, изменяя их режимы;
- обеспечить форсированный отбор из низкопроницаемых нефтенасыщенных пропластков с одновременным ограничением водопритока в высокопроницаемых пропластках;
- регулировать направления и скорости фильтрации пластовых флюидов, оперативно управляя полем пластовых давлений;
- уменьшить вероятность образования негерметичности эксплуатационной колонны;
- исследовать и контролировать разработку отдельных пластов.

Результаты и их обсуждение

Одна из основных проблем при ОРЭ – получение достоверной информации о дебитах, давлении, составе пластовой жидкости и газа разных пластов, вскрытых одной скважиной. Решив эту проблему можно говорить об «интеллектуальных» скважинах.

Решить эту проблему поможет применение автономного измерительного прибора, например, модуля «АКП-42» производства ООО «Лифт ойл», который позволяет производить в автономном режиме замеры давления, температуры, обводненности и дебита по отдельным пластам. Подъем модуля на поверхность осуществляется с помощью канатной техники, замеры считываются. После этого прибор устанавливается в компоновку для проведения дальнейших замеров.

Прежде, чем приступить к внедрению системы ОРЭ, нужно сначала разобраться, можно ли и нужно ли ее внедрять? Будет ли экономический или технико-экономический эффект? Потому что оборудование для ОРЭ является более сложным, чем оборудование для обычной эксплуатации. Переходу на технологию ОРЭ должно предшествовать четкое определение цели применения раздельной эксплуатации с тщательным выбором скважин, переводимых на ОРЭ².

Необходимо проведение подготовительных и исследовательских работ по скважинам – кандидатам на перевод в ОРЭ и подбор параметров работы установок в соответствии с заданным режимом эксплуатации пластов. Нужно убедиться в действенности средств повышения надежности и работоспособности скважинного оборудования, решить вопрос замера основных рабочих показателей эксплуатируемых пластов и скважинного оборудования, а также предусмотреть возможность изменения режимов работы системы «пласт – скважина – насосная установка».

Само по себе наличие двух и более объектов разработки не указывает на необходимость применения

²Ибрагимов Н.Г. Повышение эффективности добычи нефти на месторождениях Татарстана. – Москва: Недра, 2005. – 315 с.

ОРЭ, так как при близких коллекторских свойствах и характеристиках нефти они вполне могут эксплуатироваться совместно. Пласты могут быть вскрыты либо вскрываются перед применением установки. Приведем факторы³⁻⁷, при наличии которых желательно применять ОРЭ [3]:

- необходимость одновременно-раздельной эксплуатации объектов, которые запрещено эксплуатировать совместно (например, Башкирский-Верейский, Бобриковский-Турнейский);
- скважины с ограничениями по депрессии одного из объектов (обводнение при больших перепадах давлений, высокое давление насыщения, а также другие причины);
- скважины с большой разностью пластовых давлений в объектах;
- скважины с большой разностью по глубине залегания между объектами;
- скважины с существенными различиями коллекторских свойств пластов и характеристик нефтей.

Выводы

Имеющийся опыт эксплуатации существующего фонда и хорошая геологическая изученность месторождения Айранколь позволяют тщательно подойти к вопросу выбора кандидатов под внедрение ОРЭ [10].

Внедрение оборудования ОРЭ на малопродуктивных участках может стать убыточным для недропользователя. Исключая финансовые риски и принимая во внимание критерии выбора кандидатов для внедрения ОРЭ, рассчитаны потенциальные дебиты по каждому объекту. Результаты рекомендуемых среднесуточных дебитов по скважинам – кандидатам, выбранным с целью внедрения ОРЭ, приведены в табл. 1. Рассчитаны потенциальные дебиты по каждому объекту. Согласно прогнозным показателям, представленным в табл. 1, суточная эффективность

*Таблица 1
Рекомендуемые режимы работы по скважинам, предусмотренным для внедрения одновременно-раздельной эксплуатации*

*Кесте 1
Енгізу үйін қарастырылған ұңғымалар бойынша ұсынылатын жұмыс режимдері бір мезгілде-бөлек пайдалану*

The recommended modes of operation for the wells required for implementation simultaneously-separate operation

Скважина	Текущий объект	Объекты ОРЭ	Проектный дебит, т/сут.		Прирост по нефти, т/сут.
			нефти	жидкости	
153	X	IX	32,5	38,6	32,5
		X	37,5	56,6	
154	X	IX	40,0	46,8	40,0
		X	130,7	163,0	
155	X	IX	45,9	52,5	45,9
		X	22,1	31,1	
183	X	IX	18,8	22,9	18,8
		X	55,7	63,6	
184	IX	IX	46,1	50,2	55,9
		X	55,9	73,1	
22	X	IX	10,0	11,5	10,0
		X	125,5	140,1	
192	проектная на X	IX	28,2	33,4	61,6
		X	33,5	45,8	
167	XI	XI	40,4	45,0	6,7
		XIII	6,7	16,1	
194	проектная на XI	XI	17,1	20,6	23,8
		XIII	6,7	16,1	
180	XII	XII	25,4	42,4	11,4
		XIV	11,4	18,4	
201	проектная на XII	XII	9,6	13,6	15,4
		XIV	5,8	18,3	
Суммарный прирост среднесуточного дебита по нефти от внедрения ОРЭ					322,1

дальнейшего внедрения ОРЭ на скважинах месторождения Айранколь по одиннадцати выбранным скважинам составила 322,1 т/сут.

Проведен анализ технико-экономических показателей, в результате которого установлено, что применение технологии ОРЭ на месторождении является рентабельным.

С экономической точки зрения преимущества внедрения технологии

ОРЭ можно охарактеризовать следующим образом:

- увеличение объемов реализации нефти;
- увеличение дохода со снижением эксплуатационных затрат;
- снижение капитальных затрат на строительство дополнительных скважин;
- увеличение налоговых платежей собственнику недр – государству.

³Малютина А.Е., Пагуба Н.С., Турнияз М.Б. Анализ внедрения способа добычи нефти с использованием технологии ОРЭ (одновременно-раздельная эксплуатация) на месторождении А для увеличения нефтеотдачи пластов. – Актау, 2016.

⁴Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Проектирование и анализ. – М.: Недра, 2003. – 639 с.

⁵Лысенко В.Д., Грайфер В.И. Разработка малопродуктивных нефтяных месторождений. – М.: Недра, 2001. – 287 с.

⁶Муравьев В.М. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра, 1978. – 448 с.

⁷Быков Н.Е., Фурсов А.Я., Максимов М.И. Справочник по нефтепромысловой геологии. – М.: Недра, 1981. – 525 с.

Заключение

Внедряемая технология ОРЭ характеризуется согласованной работой тщательно подобранного

насосного оборудования и продуктивных пластов, объединенных для одновременно-раздельной добычи нефти, что свидетельствует

о равномерной выработке запасов, исключая межпластовые перетоки и другие проблемы совместной разработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антабаев А.И., Петрусевич Ю.Н. Внедрение технологий ОРЭ в ОАО «БЕЛКАМНЕФТЬ». // Инженерная практика. – М., 2010. – №1. – С. 44-45.
2. Прудников А.Е., Галлямов Э.Р. Обзор статуса по ОРЭ на активах ОАО «Самотлорнефтегаз». // Инженерная практика. – М., 2012. – №6. – С. 70-74.
3. Ивановский В.Н. Одновременно-раздельная эксплуатация и «интеллектуализация» скважин: вчера, сегодня, завтра. // Инженерная практика. – М., 2010. – №1. – С. 4-15.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Антабаев А.И., Петрусевич Ю.Н. «БЕЛКАМНЕФТЬ» ААҚ-да ОРЭ технологияларын енгізу. // Инженерлік тәжірибе. – М., 2010. – №1. – Б. 44-45.
2. Прудников А.Е., Галлямов Э.Р. Активте ОРЭ бойынша статусқа шолу «Самотлорнефтегаз» ААҚ. // Инженерлік тәжірибе. – М., 2012. – №6. – Б. 70-74.
3. Ивановский В.Н. Бір мезгілде-бөлек пайдалану және «интеллектуализация» ұңғымалар: кеше, бүгін, ертең. // Инженерлік тәжірибе. – М., 2010. – №1. – Б. 4-15.

REFERENCES

1. Antabaev A.I., Petrusovich Yu.N. Vnedrenie tekhnologii ORE v OAO «BELKAMNEFT» (The introduction of technologies of the SSE OJSC «BELKAMNEFT»). // Inzhenernaya praktika = Engineering Practice. – Moscow, 2010. – №1. – Pages 44-45.
2. Prudnikov A.E., Gallyamov E.R. Obzor statusa po ORE na aktivakh OAO «Samotlorneftegaz» (Status overview on the SSE on the assets of Samotlorneftegaz). // Inzhenernaya praktika = Engineering Practice. – Moscow, 2012. – №6. – Pages 70-74.
3. Ivanovsky V.N. Odnovremenno-razdel'naya ekspluatatsiya i «intellektualizatsiya» skvazhin: vchera, segodnya, zavtra (Simultaneous separate exploitation and «intellectualization» of wells: yesterday, today, tomorrow). // Inzhenernaya praktika = Engineering Practice. – Moscow, 2010. – №1. – Pages 4-15.

Сведения об авторах:

Гусманова А.Г., канд. техн. наук, доцент кафедры «Нефтегазовое дело и геология» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), gus_aigul@mail.ru

Бекбаева Р.А., PhD докторант кафедры «Нефтегазовое дело и геология» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, старший специалист службы разработки нефтяных и газовых месторождений Товарищества с ограниченной ответственностью «Проектный институт «ОПТИМУМ» (г. Актау, Казахстан), rba_90@mail.ru

Турнияз М.Б., PhD докторант кафедры «Нефтегазовое дело и геология» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, руководитель отдела геологии и разработки нефтегазовых месторождений Товарищества с ограниченной ответственностью «Научно-производственный центр» (г. Актау, Казахстан), medina30783@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Гусманова А.Г., техника ғылымдарының кандидаты, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті «Мұнай-газ ісі және геология» кафедрасының доценті (Ақтау қ., Қазақстан), gus_aigul@mail.ru

Бекбаева Р.А., Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті «Мұнай-газ ісі және геология» кафедрасының PhD докторанты, «ОПТИМУМ» жобалау институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі мұнай және газ кен орындарын игеру қызметінің аға маманы (Ақтау қ., Қазақстан), rba_90@mail.ru

Турнияз М.Б., Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті «Мұнай-газ ісі және геология» кафедрасының PhD докторанты, «Ғылыми-өндірістік орталығы» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі геология және мұнай газ кенорындарын игеру бөлімінің басшысы, (Ақтау қ., Қазақстан), medina30783@mail.ru

Information about the authors:

Gusmanova A.G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of The Caspian State University of Technologies and Engineering named after Sh. Yessenov (Aktau, Kazakhstan), gus_aigul@mail.ru

Bekbayeva R.A., PhD Doctoral Student of the Department of Oil and Gas and Geology of The Caspian State University of Technologies and Engineering named after Sh. Yessenov, Senior Specialist of Development Department of OPTIMUM Design Institute Limited Liability Partnership (Aktau, Kazakhstan), rba_90@mail.ru

Turniyaz M.B., PhD Doctoral Student of the Department of Oil and Gas and Geology of the Caspian State University of Technologies and Engineering named after Sh. Yessenov, Head of the Department of Geology and Development of Oil and Gas Fields of the Research and Production Center Limited Liability Company (Aktau, Kazakhstan), medina30783@mail.ru

KIOSH

10-я Юбилейная Казахстанская Международная Конференция и Выставка
ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

20-22 мая 2020

Нур-Султан, Казахстан



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАРТНЕР
Министерство труда и социальной
защиты населения Республики Казахстан



ОРГАНИЗАТОРЫ
тел.: +7 727 258 34 34;
e-mail: raushan.massimova@iteca.kz

Код МРНТИ 52.13.15

Г.Т. Нуршайыкова, З.К. Тунгушбаева, Б.Б. Амралинова, З.Ж. Абдрашева

«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті» республикалық мемлекеттік кәсіпорыны (Өскемен қ., Қазақстан)

КЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНЫҢ ТІЗБЕГІНДЕГІ ОРЫНДАЛАТЫН ОПЕРАЦИЯЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІК ДИНАМИКАСЫ

Аннотация. Мақалада кен өндіру процестері туралы түсінікті тереңдете түсу үшін тәжірибеде жиі қолданылатын қазу жүйесінің мысалында жер қойнауынан кен қазып алу технологиясының тізбегіндегі орындалатын операциялардың тиімділік динамикасын жасау қарастырылған. Жанартылмайтын минералды ресурстарды тиімді қолдану қарама-қарсы бағытталған екі мақсатқа жету керектігінен туындайды, яғни бос жыныстармен кенді рұқсат етілген құнсызданумен жер қойнауынан пайдалы қазбаларды сапалы алуды және алу блогынан ең жоғарғы пайданы алу үшін әрбір қазу жүйесінде ең аз жоғалыммен пайдалы қазбаларды алуды қамтамасыз ету. Жеке алынған пайдалану блогының пайдалы қазбаларының қорларын игеру кезінде оптимальды алыным мен ең жоғарғы пайда кен массасын шығаруды алынатын кен құндылығы мен оны жер қойнауынан алуға кететін шығынның теңескен кезінде қамтамасыз етіледі.

Түйінді сөздер: пайдалы қазбалар, бос жыныстар, жанас жыныстар, тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттері, кеннің жоғалымы және құнсыздануы, этапты еріксіз қопарып қазу жүйесі, пайда, шығын, кеннің өзіндік құны, тиімділік динамикасы.

Динамика эффективности выполняемых операций в технологической цепи добычи руды

Аннотация. В статье рассматривается динамика эффективности последовательно выполненных операций технологии выемки полезного ископаемого из недр земли на примере часто используемой в практике системы разработки для более глубокого изучения процессов разработки. Рациональное использование невозобновляемых минеральных ресурсов должно исходить из необходимости достижения двух противоположно друг другу направленных целей: обеспечение более качественного извлечения полезных ископаемых из недр с допустимым разубоживанием руды пустыми породами и более полное извлечение полезных ископаемых с наименьшими неизбежными потерями при каждой системе разработки для получения максимальной прибыли из выемочного блока. При разработке запасов полезных ископаемых отдельно взятого эксплуатационного блока оптимальное извлечение и максимальная прибыль обеспечивается прекращением выпуска рудной массы в момент равенства извлекаемой ценности руды и затрат на ее извлечение из недр.

Ключевые слова: полезные ископаемые, пустые породы, вмещающие породы, физико-механические свойства горных пород, потери и разубоживания руды, системы разработки этапного принудительного обрушения руды, прибыль, затраты, себестоимость руды, динамика эффективности.

Dynamics of the efficiency of operations performed in the mining technology chain

Abstract. The article discusses the identification of the effectiveness dynamics of sequentially performed operations of the minerals extraction technology by the example of a development system often used in practice for a deeper study of development processes. Practical value of researches consists in an establishment of effective parameters of separate elements of system floor induced caving the ores, promoting prevention of write-off of the certain part of the ore which are subject decrease of losses of minerals and in definition of minimally admissible quality of ore at operation of deposits in the underground way. The rational use of non-renewable mineral resources should be based on the need to achieve two seemingly opposite goals: ensuring better extraction of minerals from the bowels with acceptable ore dilution by empty rocks and more complete extraction of minerals with the least unavoidable losses for each development system for maximizing profits from the extraction block. When developing mineral reserves of a single operating unit, optimal extraction and maximum profit is ensured by the termination of ore mass production at the moment of equal ore recoverable value and the cost of extracting it from the subsoil.

Key words: minerals, gangue rocks, enclosing rocks, physical and mechanical properties of rocks, ore losses and dilution, of floor caving ore extraction systems, profit, costs, cost of ore, efficiency dynamics.

Кіріспе

Егемендік алған еліміздің негізгі ұстанған бағыты – елімізді экономикалық және әлеуметтік жағынан дамытып, барлық игілік атаулыны халық мүддесіне жарату. Бұл орайда халық шаруашылығының шикізатқа деген мұқтажын қанағаттандыру шешуші маңызға ие болатыны белгілі. Осы мақсатқа жетудің бірден-бір жолы кеннің жоғалымын азайтып, оның сапасын арттыру болмақ. Сонымен қатар кенорнын жер асты тәсілімен толық және тиімді қазып алу үшін тек жер қойнауының табиғи байлығын ғана емес, оны қазып алу мен ұқсатуға жұмсалатын қаржы, еңбек және материалдық ресурстарды да тиімді пайдалану қажет.

Зерттеу әдістері

Жұмысты жүргізу барсында зерттеудің кешенді әдісі: блоктағы пайдалы қазылымдар қорын кен мен үстіңгі жанас жыныстарды қопарып қазу жүйесін қолданып, жер қойнауынан шығарып алу барысындағы орындалатын технологиялық операциялардың тиімділік динамикасын жасау әдістері пайдаланылды.

Жұмыстың негізгі мазмұны.

Тау-кен өнеркәсібі – халық шаруашылығының негізгі және ең маңызды саласы. Оның өнімін пайдаланбайтын халық шаруашылығында сала кемде-кем. Еліміздің

қарқынды дамуына байланысты оның шикізатқа деген мұқтажы уақыт озған сайын арта түседі. Сонымен қатар бір рет кені алынған жерге екінші рет шикізаттың қайталанып жүргізілмейтінін ескерсек, жер қойнауынан пайдалы қазылымдарды толығырақ және тиімді алуға баса көңіл бөлу қажет екені түсінікті.

Осы проблемаға арнайы жазылған еңбекте¹ «Кен орнын қазып алуда жиі кездесетін жоғалымның нәтижесі оның экономикалық зардаптары арқылы көрінеді. Олар: біріншіден, алынған өнімнің өзіндік құнына кіретін өнімсіз қаржының үлесі артады, тиісінше өзіндік құн мөлшері өседі; екіншіден, кенорнын қазып алу уақыты қысқарады, шахта ғимараттары мен күрделі қазбаларды пайдалану мүмкіншілігін ақырына дейін қолданбау салдарынан бір тонна кенді қазып алуға шаққандағы амортизациялық қаржының мөлшері артады; үшіншіден, қол жеткен және игерілген кенорындары белгіленген уақыттан ерте пайдаланудан шығады да, халық шаруашылығының шикізатқа деген мұқтажын қамтамасыз ету үшін игерілмей шалғай жатқан, тау-кен геологиялық және географиялық жағдайы қиын аймақтарда жаңа кенорындарын мезгілінен бұрын іске қосуға тура келеді. Мұның өзі қосымша күрделі қаржы жұмсауды керек етеді; төртіншіден, бір қатар түсті

¹Бектыбаев А., Мусин Д., Бектыбаев А. Кен қазудағы жоғалым мен құнсыздану (теория, экономика, зардаптар). – Алматы: Ғылым, 2000. – 210 б.

металдар кенорындарында қазу жұмыстары деңгейінің тереңдеуіне байланысты кендегі металдар мөлшері азаяды және қазып алу жұмысы қиындай түседі» делініп, пайдалы қазылымды өндіру барысында оны төкпей-шашпай тиімді алу аса өзекті мәселе екені айтылған.

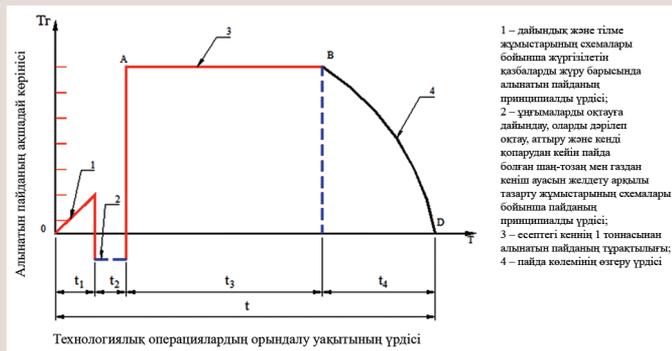
Бұл мәселенің ойдағыдай орындалуы көбіне-көп қазіргі студенттерге, яғни, болашақ мамандарға байланысты. Ал кен өндіру жұмысының тиімді болуын қамтамасыз ететін кенорының тау кен-геологиялық жағдайына сәйкес дұрыс таңдалынып алынған қазу жүйесінің қолдану аясын, оның негізгі варианттарының конструкцияларын, технологиялық тізбегіндегі орындалатын операциялар (жұмыстарды) туралы жалпы түсінік берумен ғана шектелмей, оған қоса соңғы кезде пайда болған ғылыми жаңалықтарды ескеріп, әр қазу жүйесін жаңа қырынан көрсетіп, ол туралы болашақ мамандар мен қазіргі өндіріс мамандарының білім деңгейін көтеріп, олардың түсініктерін кемелдендірген жөн.

Қазіргі кезеңде студенттерге дәріс беруде негізінен бұрынғы ірі ғалымдардың оқулықтары^{2, 3} [1] пайдаланылады да, кен өндіру процестері туралы түсінікті тереңдете түсу үшін жазылған соңғы ғылыми жаңалықтар үнемі ескеріле бермейді.

Кен өндіруде кеңінен қолданылатын кен мен үстіңгі жанас жыныстарды қопарып қазу жүйесін мысал ретінде келтіріп, оны жан-жақты оқып білу мақсатымен осы күнге дейінгі қазу жүйелері туралы түсінігімізге аздап болса да (сырт көзге мардымсыз болғанмен) қосымша түсінік енгізу туралы ұсыныс жасауды жөн көрдік. Мұның өзі біріншіден, әр қазу жүйесі туралы түсінікті кеңейтіп тереңдете түседі; екіншіден, қазу жүйесін құрайтын технологиялық операциялардың орындалу ретін нақтылайды, үшіншіден, технология тізбегіндегі операциялардың техникалық-экономикалық тұрғыдан тиімділігін көрсетеді, төртіншіден, қазу жүйесінің мүмкіншілігін соңғы ғылыми жетістіктерге сүйеніп, мейлінше толық пайдаланудың тетігін табуды жеңілдетеді⁴ [2].

Осы айтылғандарды анықтай түсу мақсатымен төменде келтірілген суретте блоктағы пайдалы қазылымдар қорын кен мен үстіңгі жанас жыныстарды қопарып қазу жүйесін қолданып, жер қойнауынан шығарып алу барысындағы орындалатын технологиялық операциялардың тиімділік динамикасы берілген [3].

Графикте блок қорын қазуға дайындық жұмысынан бастап, қопарылған кен массасының іске тартылатын соңғы дозасына дейінгі принципалды көрінісі келтірілді. Мұнда: t – блок қорын кен мен жанас жыныстарды қопарып қазу жүйесімен жер қойнауынан шығарып алу мерзімі; t_1 – блок қорын қопаруға дайындау, тілу, ұңғымаларды бұрғылау мерзімі; t_2 – дайындалған блок қорын қопару үшін бұрғыланған ұңғымаларды жарылғыш заттармен оқтау, аттыру және жарылыстан пайда болған газ бен шаң-тозаңнан кеніш ауасын желдеткіш арқылы тазарту мерзімі; t_3 – қопарылған блок қорын түсіру



Сурет 1. Этажды еріксіз қопарып қазу жүйесімен кен өндірудегі технологиялық операциялардың орындалу реті мен олардан алынатын пайданың принципалды динамикасы.

Рис. 1. Динамика выполнения технологических операций и получаемой прибыли при добыче руды системами разработки этажного принудительного обрушения.

Figure 1. The basic dynamics of the order of technological operations and receives from it profits from ore mining by level breakdown systems development.

барысында болатын кен құнсыздануының басталуына дейінгі мерзім; t_4 – қопарылған кеннің құнсыздануынан бастап, кен массасының соңғы дозасының іске тартылуына дейінгі мерзім; A – блок қорын қопарып ұсақтау сәті; B – қопарылған кенді блоктан өз салмағының әсерімен түсіру барысында оның құнсыздануының басталу сәті; D – кен массасының соңғы дозасын іске тарту сәті.

Суретте ордината осінің бойына кенді өндіру нәтижесінде алынатын пайданың ақшадай көрінісі салынған. Абсцисса осіне блоктағы пайдалы қазылымдар қорын кен мен үстіңгі жанас жыныстарды қопарып қазу жүйесін қолданып жер қойнауынан пайдалы қазылымдарды шығарып алу барысында технологиялық операциялардың орындалу уақытының үрдісі берілді⁵.

Графиктегі 1-ші түзу сызық (ол қисық немесе сынық сызық болуы да мүмкін) дайындық және тілме жұмыстарының схемалары бойынша жүргізілетін қазбаларды жүру барысында алынатын (өйткені дайындық және тілме қазбалары кен денесі тіке немесе тіктеу болып орналасқан жағдайда әдетте кен ішінде жүргізіледі) пайданың принципалды үрдісін бейнелейді. Оның бағыты мен көлемінің өзгеруі кен ішіндегі пайдалы компоненттің үлестік мөлшері мен құндылығына ($Ц$) және қазбаны жүруге жұмсалған қаржы шығынына (Z) байланысты болады, яғни⁶:

$$P_p = C_u - Z. \quad (1)$$

$$C_u = C \times K_u \times \varepsilon \times C. \quad (2)$$

Мұнда:

C_u – есептегі кеннің (баланстағы кеннің) 1 т алынатын құндылық, тг/т;

P_p – қазу барысында алынатын пайда көлемі, тг;

C – есептегі кен ішіндегі пайдалы компоненттің құндылығы, тг/т;

² Robin J. Hickson, Terry L. Owen. *Project Management for Mining: Handbook for Delivering Project Success.* – SME, 2015. – 816 p.

³ Robin G. Adams. *Modern Management in the Global Mining Industry.* – Emerald Group Publishing, 2019. – 312 p.

⁴ Karlheinz Spitz, John Trudinger. *Mining and the Environment: From Ore to Metal.* – CRC Press, 2019. – 796 p.

⁵ Бектібаев Ә.Д., Бектібаев А.Ә. *Кен өндіру технологияларын бағалау мен таңдау.* – Алматы: Ғылым, 2003. – 210 б.

⁶ Агошков М.И., Никаноров В.И., Панфилов Е.И. и др. *Технико-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр.* – М.: Недра, 1974. – 312 с.

C – есептегі кен ішіндегі пайдалы компоненттің үлестік мөлшері, % немесе бірлік үлестігі;

K_n – қазу барысындағы есептегі кеннің жер қойнауынан алынғандық коэффициенті, бір/үл.

ε – кендегі пайдалы компоненттің концентратқа алынғандық коэффициенті, бір/үл.

Бұл арада айта кететін жайт, ол дайындық пен тілме қазбаларын жүру барысында пайданың болмауы немесе тіпті алынған құндылық блокты дайындаумен тілменің қабылданған схемасы бойынша жүргізілген қазбаларға жұмсалған қаржыны ақтамауы да мүмкін. Сондықтан 1-ші сызықтың көрінісі пайда көлемінің нақты жағдайын білдірмейді.

Жоғарыдағы формуланы негізге алып блок қорын қазып алуға дайындау мен тілме жұмстарының қабылданған схемалары бойынша жүргізілетін қазбаларды жүру және қопаруға жеткілікті көлемде ұңғымаларды бұрғылау кезінде t_1 уақыты аясының әр сәтінде күтілетін нәтиже 1-ші формулаға сәйкес өрнектеледі.

Дайындалған блок қорын қопару нәтижесінде ұсақталған кенді блоктан ағызып түсіру үшін жарылғыш заттарды жеткілікті мөлшерде жұмыс орнына тасымалдау, ұңғымаларды оқтауға дайындау, оларды дәрілеп оқтау, аттыру және кенді қопарудан кейін пайда болған шаң тозаң мен газдан кеніш ауасын желдету арқылы тазарту жұмыстары кезінде жер қойнауынан кен шығарылмайды, яғни формуладағы пайдалы қазылымдардан алынатын құндылық (C_n) мәні нөлге тең болады да тек қана қаржы шығыны (Z) t_2 уақыты аясында өсе түседі (графикте абсцисса осіне параллель жүргізілген 2-ші түзу сызық). Бұл жағдайда қаржы шығынының сандық мәні минус (–) таңбасымен өрнектеледі, яғни технология тізбегіндегі бұл жұмыстар уақытша тиімсіз болғанымен алдағы пайданы мол беретін жұмыстың орындалуын қамтамасыз етеді. Сөйтіп, уақытша алдын ала орындалған тиімсіз жұмыстың шығыны блоктан кен түсіру кезінде алынатын пайдамен ақталады.

Абсцисса осіне параллель жүргізілген 3-ші түзу сызық дайындалған блок қорының түгелдей қопарылып, оның жанас жыныстармен ластануы нәтижесінде құнсыздана бастағанға дейінгі мерізім аясында блоктан

түсіріліп іске қосылған есептегі кеннің 1 тоннасынан алынатын пайданың тұрақтылығын бейнелейді (блок көлемі шектеулі болғандықтан кендегі пайдалы компоненттердің кен массасында орналасуын біркелкі деп қарауға болады). Блок қоры қопарылған сәттен бастап, кеннің алғашқы құнсыздануына дейінгі аралықта ең тиімді жұмыс атқарылады. Себебі қопарылған кен өз салмағының әсерімен тасымалдау жұмысының басталатын жеріне дейін жеткізіліп тұрады. Аталмыш қазу жүйесінің технологиялық тізбегіндегі атқарылатын жұмыстардың ең тиімдісі болып есептелінеді де, ең көп пайда мөлшері осы тұста алынады.

Суреттегі 4-ші қисық сызық блоктағы қопарылған кеннің алғашқы құнсыздану сәтінен (в нүктесінен) бастап, кен массасының соңғы дозасын іске қосып барып, одан алынатын құндылық пен оны алуға жұмсалатын қаржының теңескен уақытына дейінгі аралықтағы пайда көлемінің өзгеру үрдісін көрсетеді.

Блоктан кен түсірудің соңғы 4-ші қисық сызық үрдісімен бейнеленген, яғни кеннің жанас жатқан бос жыныстармен (жұтаң кенмен) араласып құнсыздану кезеңіне айырықша тоқталып жеке мақала арнауы қажет етеді. Олай дейтініміз қопарылған кеннің блоктан толығырақ алынуына көп факторлар әсер етеді. Олар: қопарылған кенді блоктан ағызып түсірудің белгіленген тәртібін (планограмма выпуска) сақтау, қопарылған кен кесектерінің көлемдік құрамы, формалары, физикалық-механикалық қасиеттері, кен мен жанас жыныстар кесектерінің салыстырмалы іріліктері және соңғы жылдары осы бағытта пайда болған ғылыми жетістіктер [4].

Қорытынды

Кенорнының қазу жүйесін құрайтын технология тізбегіндегі операцияларды орындауда уақыт ағысының әр сәтінде пайдалы қазылымдардан алынатын пайданың динамикалық сипаттамасы пайдалы қазылымдарды жер қойнауынан толығырақ және тиімді алуды назар аударып бағыт сілтейді және қазу жүйелері туралы түсінікті тереңдетіп, нақтылай түседі де, оқу процесінде түсіндіру тәсілдерін жеңілдетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Krupnik L.A., Shaposhnik Yu.N., Shaposhnik S.N., Nurshaiykova G.T., Tungushbaeva Z.K. Backfilling Mixture Preparation Using Milled Granulated Blast-Furnace Slag. // *Journal of Mining Science*, 2019. – №1. – P. 66-76.
2. Нұршайықова Г.Т. Кен өндіруде пайдалы компоненттердің ең төменгі сапашарт мәнін белгілеуге квалиметрия теориясын нарықтық қатынас жағдайына сай етіп пайдалану. // *ШҚМТУ Хабаршысы*, 2009. – №3. – Б. 27-33.
3. Бектібаев А.Д., Нұршайықова Г.Т. Кен өндіруде ондағы пайдалы компоненттің ең төменгі сапашарт (жарамсыз) мәнін белгілеудің әдістемелік нұсқауларын жасауға қажетті нарықтық қатынас жағдайына сәйкес квалиметрия теориясын дамыту. // *V халықаралық конференция «Тау-кен металлургия өндірісіндегі технологияларды жаңартпашылық жасау және жетілдіру»*. – Өскемен: ВНИИцветмет, 2009. – Б. 182-188.
4. Бектыбаев А.А., Тұңғышбаева З.К., Нұршайықова Г.Т. К определению браковочного содержания при извлечении потерянных балансовых руд. // *Международная научно-практическая конференция «Модернизация непрерывного образования в условиях суверенного Казахстана»*. – Алматы, 2007. – С. 68-74.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н., Нуршайкова Г.Т., Тунгушбаева З.К. Подготовка закладочной смеси с использованием измельченного гранулированного доменного шлака. // *Journal of Mining Science*, 2019. – №1. – С. 66-76.
2. Нуршайкова Г.Т. Использование теории квалиметрии для установления минимального значения качества полезных компонентов при добыче руды в соответствии с рыночными условиями. // *Вестник ВКГТУ*, 2009. – №3. – С. 27-33.
3. Бектыбаев С.Д., Нуршайкова Г.Т. Разработка теории квалиметрии в соответствии с условиями рыночных отношений для разработки методических рекомендаций по определению минимального значения полезного компонента при добыче руды. // *V Международная конференция «Инновационное развитие и совершенствование технологий в горно-металлургической промышленности».* – Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 2009. – С. 182-188.
4. Бектыбаев С., Тунгушбаева З., Нуршайкова Г.Т. К определению браковочного содержания при извлечении потерянных балансовых руд. // *Международная научно-практическая конференция «Модернизация непрерывного образования в условиях суверенного Казахстана».* – Алматы, 2007. – С. 68-74.

REFERENCE

1. Krupnik L.A., Shaposhnik Yu.N., Shaposhnik S.N., Nurshaiykova G.T., Tungushbaeva Z.K. Backfilling Mixture Preparation Using Milled Granulated Blast-Furnace Slag. // *Journal of Mining Science*, 2019. – №1. – P. 66-76.
2. Nurshaiykova G.T. Using the theory of qualimetry to establish the minimum value of quality useful components in ore mining in accordance with market conditions. // *Vestnik VKGTU = Bulletin of EKSTU*, 2009. – №3. – P. 27-33.
3. Bektybaev A.D., Nurshaiykova G.T. Development of the theory of qualimetry in accordance with the conditions of market relations necessary for the development of guidelines for determining the minimum (unsuitable) value of the useful component in ore mining. // *V International Conference «Innovative development and improvement of technologies in the mining and metallurgical industry».* – Ust-Kamenogorsk: VNIISvetmet, 2009. – P. 182-188.
4. Bektybaev A.A., Tungushbaeva Z.K., Nurshaiykova G.T. To the definition of rejection content in the extraction of lost balance ores. // *International Scientific and Practical Conference «Modernization of Continuing Education in Sovereign Kazakhstan».* – Almaty, 2007. – P. 68-74.

Авторлар туралы мәлімет:

Нұршайқыова Г.Т., техника ғылымдарының кандидаты, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің доценті, ahmadiyevag@mail.ru

Тұңғышбаева З.К., техника ғылымдарының кандидаты, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің доценті (Өскемен қ., Қазақстан), zuhra06@mail.ru

Амралинова Б.Б., PhD докторы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің доценті, bakytzhan_80@mail.ru

Абдрашева З.Ж., техника ғылымдарының магистрі, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің оқытушысы, zamira91189@mail.ru

Сведения об авторах:

Нуршайқыова Г.Т., канд. техн. наук, доцент Школы наук о Земле и окружающей среде Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), ahmadiyevag@mail.ru

Тунгушбаева З.К., канд. техн. наук, доцент Школы наук о Земле и окружающей среде Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), zuhra06@mail.ru

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

Абдрашева З.Ж., магистр технических наук, преподаватель школы науки о Земле и окружающей среде Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), zamira91189@mail.ru

Information about the authors:

Nurshaiykova G.T., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department School of Earth and Environmental Sciences of the D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan), ahmadiyevag@mail.ru

Tungushbayeva Z.K., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department School of Earth and Environmental Sciences of the D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan), zuhra06@mail.ru

Amralinova B.B., Doctor PhD, Assistant Professor of the Department School of Earth and Environmental Sciences of the D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan), bakytzhan_80@mail.ru

Abdrasheva Z.Zh., Master of Technical Sciences, Lecturer of the Department School of Earth and Environmental Sciences of the D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan), zamira91189@mail.ru

XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР

Ufi
Approved
Event



Mining Week

KAZAKHSTAN '2020

23-25
ИЮНЯ 2020

КАРАГАНДА
СТАДИОН «ШАХТЕР»



Представительство
«TNT Productions, LLC» в Казахстане
тел. +7 727 250 19 99
факс +7 727 250 55 11
e-mail: mintek@tntexpo.com

www.miningweek.kz

Код МРНТИ 52.13.04

М.Е. Рахымбердина¹, М.К. Токтарбаева², М.М. Тогузова¹, Д.К. Касымов¹¹Республиканское государственное предприятие «Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан),²Дочернее товарищество с ограниченной ответственностью «Горнорудное предприятие Vaurgold» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ОБЪЕКТОВ СЕКИСОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Аннотация. В данной статье рассматриваются вертикальные проседания и горизонтальные смещения горнотехнических объектов горнорудного предприятия – карьера и хвостохранилища – на примере Секисовского золоторудного месторождения и их прогнозирование по данным маркшейдерско-геодезического контроля. Теоретическим аппаратом для анализа объекта прогнозирования является системный подход, согласно которому объект рассматривается как функционирующая во времени и пространстве система взаимосвязанных элементов. В работе излагаются условия одновременной применимости вероятностных предположений и строгих методов расчета, подходящих для реальных геологических условий выбранных объектов. Подготовлены расчетные данные и представлен алгоритм проведенного прогноза деформаций, сделаны выводы по прогнозным значениям деформаций в плане и по высоте.

Ключевые слова: карьер, хвостохранилище, маркшейдерско-геодезический контроль, деформация, прогнозирование, закон нормального распределения, кинематическая модель, краткосрочный прогноз, проседание, геодезические наблюдения.

Маркшейдерлік-геодезиялық бақылау нәтижелері бойынша секисов алтын кен орны объектілерінің деформациясын зерттеу және болжау

Андатпа. Бұл мақалада Секисовское алтын кенорны мысалында тау-кен өндірісінің тау-кен кәсіпорындарының – карьер мен қалдық қоймалардың қолданылуы мен тік жылжуы және маркшейдерлік-геодезиялық бақылау деректері бойынша оларды болжау қарастырылады. Болжау объектісін талдауға арналған теориялық аппарат – бұл жүйелік ықпал, оған сәйкес объект уақыт пен кеңістікте жұмыс істейтін өзара байланысты элементтер жүйесі ретінде қарастырылады. Сондықтан, ықтималды болжамдардың бір уақытта қолдану шарттары және таңдалған объектілердің нақты геологиялық жағдайларына сәйкес келетін қатаң есептеу әдістері келтірілген, есептелген деректер дайындалған және орындалған деформациялардың болжау алгоритмі ұсынылған, пландық және биіктік жағдайы бойынша деформациялардың болжау мәндеріне қорытынды берілген.

Түйінді сөздер: карьер, қалдық қоймасы, маркшейдерлік-геодезиялық бақылау, деформация, болжау, қалыпты таралу заңы, кинематикалық модель, қысқа мерзімді болжам, отырымдылық, геодезиялық бақылаулар.

Investigation and forecasting of deformation of objects at the Sekisovsky gold deposit based on the results of surveying control

Abstract. This article discusses vertical precipitation and horizontal displacements of mining facilities of a mining enterprise – a open pit and a tailings dump facility on the example of the Sekisovsky gold Deposit and their prediction based on the data of surveying and geodetic control. The theoretical apparatus for analyzing the forecast object is a system approach, according to which the object is considered as a system of interrelated elements functioning in time and space. Therefore, the paper describes the conditions for simultaneous application of probabilistic assumptions and strict calculation methods suitable for the actual geological conditions of the selected objects, prepared the calculated data and presented the algorithm of the conducted deformation forecast, made conclusions on the forecast values of deformations in the plan and in height.

Key words: open pit, tailings dump, surveying and geodetic control, deformation, prediction, normal distribution law, kinematic model, short-term forecast, subsidence, geodetic observations.

Введение

Прогнозирование устойчивости инженерных сооружений – это вероятностная оценка их состояния в определенный момент времени в будущем. Чтобы предвидеть будущее состояние борта карьера или хвостохранилища по результатам маркшейдерско-геодезического контроля, необходимо принимать во внимание закономерности их развития под действием сейсмических сил и природных факторов. В соответствии с этим формируются задачи прогнозирования: подготовка данных проведенных геодезических наблюдений и разработка прогностической схемы-алгоритма или модели прогноза¹.

Актуальность темы обусловлена, в первую очередь, тем, что в настоящее время в Казахстане вопрос прогнозирования освещен не в полной мере, литературных источников производства работ по прогнозированию деформаций горнотехнических объектов относительно мало. Вопрос прогноза деформаций лишь касательно рассмотрен в литературе^{2, 3} и широко рассматривается в работе⁴. Во-вторых, отсутствует конкретная методика построения прогностической модели, для каждого отдельного случая модель формируется из особенностей первичных данных геодезических наблюдений, полноты информации прогнозного фона и т. д.

¹Падуков В.А. Прогнозирование устойчивости бортов карьеров. / Учебное пособие. – Л.: Ленинградский горный институт им. Г.В. Плеханова, 1981.

²Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости от 22 сентября 2008 г.

³Правила обеспечения промышленной безопасности для хвостовых и шламовых хозяйств опасных производственных объектов, утвержденные приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 г. № 349.

⁴Гуляев Ю.П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений. / Монография. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 256 с.

Целью работы является исследование вопроса прогнозирования деформаций бортов карьера и хвостохранилища на примере золоторудного месторождения Секисовское на основе данных маркшейдерско-геодезического контроля. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: систематизировать исходные данные; выявить факторы прогнозного фона; выбрать методику или прогностическую модель для каждого из объектов; провести расчетные работы по алгоритму прогнозирования; проанализировать полученные результаты.

Методы исследований

В работе выполнен сбор и обобщение результатов маркшейдерско-геодезического контроля, построена прогностическая модель деформаций, выполнены оценка и анализ полученных результатов.

Основное содержание работы

Все явления деформации откосов уступов и бортов карьеров разделяются на пять видов: осыпи, обрушения, оползни, просадки и оплывины, условия и причины возникновения их различны^{5, 6} [1]. При установлении причин развития деформаций бортов карьеров не следует их смешивать с геологическими условиями, в которых развиваются эти деформации, и с факторами, способствующими их развитию^{7, 8}.

Прогнозирование деформаций прибортовых массивов карьера. В ходе проведения маркшейдерско-геодезических наблюдений за деформациями бортов карьера были получены значения проседания по вертикали и смещений в плане [2], причем результаты оказались таковы, что заранее неизвестно, какие значения будут зафиксированы. Поэтому все значения проведенных наблюдений отнесены к случайным величинам. Возможные их значения отделены друг от друга; они не заполняют некоторого промежутка, который имеет резко выраженные границы. Такие величины называются дискретными случайными величинами.

Поскольку на основе проведенных наблюдений ставится задача представить картину деформаций на ближайшее время вперед, здесь имеет место понятие «математическое ожидание». Математическое ожидание дискретной случайной величины – это среднее ожидаемое значение при многократном повторении испытаний. Поскольку величина каждого измерения равновероятна, то математическое ожидание $M(X)$ данной случайной величины равно сумме произведений всех ее значений $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ на соответствующие вероятности $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$:

$$M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + x_3 p_3 + \dots + x_n p_n. \quad (1)$$

Целесообразно полагать, что значения деформаций каждого из периодов равновероятны в повторении^{9, 10}, поэтому соответствующие вероятности необходимо принять равными 33,3(3)%.

В проведенных расчетах прогнозируемых значений деформаций прибортовых массивов карьера рассматриваемого месторождения в основе лежат только измерительные данные проведенного маркшейдерско-геодезического контроля, но, поскольку на устойчивость бортов и откосов карьеров оказывают влияние многочисленные факторы (геологические, гидрогеологические и горнотехнические, а также климатические условия), то необходимо рассмотреть вопрос поверхности скольжения в откосах и ширины призмы возможного обрушения.

Климатические условия района месторождения влияют на выветривание пород, уменьшение их прочности и устойчивости в откосах. На устойчивость уступов и бортов карьеров оказывают влияние и горнотехнические условия: высота бортов и уступов, углы откосов, ширина площадок, конфигурация бортов в плане и в разрезе, подземные горные выработки, способ производства буровзрывных работ (БВР) и другие¹¹.

Деформационные свойства¹² показывают, что породы месторождения характеризуются высокими значениями показателей модуля упругости и низкими – коэффициента Пуассона. С повышением прочности пород наблюдается возрастание значений показателей модуля упругости и снижение коэффициента поперечной деформации. Изменение состава пород не приводит

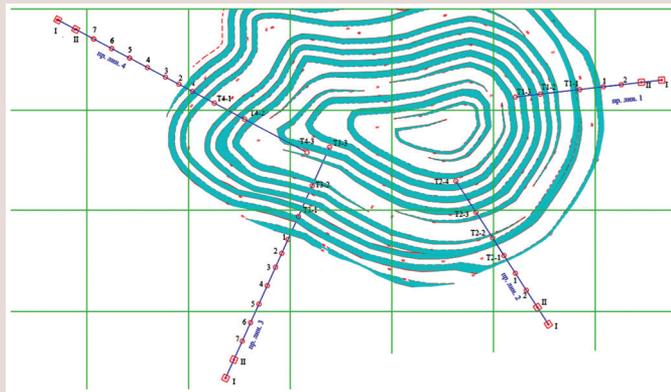


Рис. 1. Схема расположения наблюдательных створов карьера.

Сурет 1. Карьердің бакылау жармаларының орналасу схемасы.

Figure 1. Diagram of the location of observation posts of the quarry.

⁵Рекомендации по проектированию и строительству шламонакопителей и хвостохранилищ металлургической промышленности. – М.: Стройиздат, 1986.

⁶Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1965.

⁷Строительные нормы Республики Казахстан 1.03-03-2018 «Геодезические работы в строительстве».

⁸ГОСТ РК 24846-2012 «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений».

⁹Справочник по маркшейдерскому делу. / Под ред. проф. д.т.н. А.Н. Омельченко. – М.: Недра, 1979.

¹⁰Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшая школа, 1997.

¹¹Оценка устойчивости бортов карьеров (разрезов) и отвалов: методические указания. / Сост. А.А. Григорьев, Е.В. Горбунова, А.Н. Девяткина. – Владивосток: ДВГТУ, 2009. – 37 с.

¹²Раздел НИР «Исследования устойчивости бортов карьера для открытого способа разработки». / Под рук. д.т.н. проф. Ф.К. Низаметдинова. – КарГТУ, 2003.

к существенному изменению показателей деформационных свойств. В работе [2] представлены сводные показатели физико-механических свойств пород, которые имеют важное значение при прогнозировании на ближайшее время и вырисовывают благоприятную картину, когда не предполагается каких-либо серьезных деформаций и нарушений устойчивости бортов карьера.

Определение поверхности скольжения в откосах карьера. Вопрос определения поверхности скольжения в откосах и ширины призмы возможного обрушения также относится к маркшейдерско-геодезическому контролю, так как по результатам его решения определяется положение закрепления контрольно-измерительной аппаратуры на предохранительных бермах карьера.

Начнем с выборки необходимых исходных параметров будущих расчетов для створа №1 (горная порода –

брекчии смешанного состава) (рис. 1, 2). Элементарные площадки скольжения в неоднородном массиве горных пород возникают при напряжении не менее:

$$\sigma_1 = \sigma_0 = 2c \times ctg \varepsilon = 2 \times 5 \text{ м/м}^2 \times ctg 34,5^\circ = 10 \times 1,456 = 14,560, \text{ м/м}^2.$$

В массиве однородного откоса площадки скольжения возникают с отметки глубины, равной:

$$H_{90} = \sigma_0 / \gamma = 2c / \gamma \cdot tg(45^\circ + \varphi / 2) = (14,560 \text{ м/м}^2) / (2,84 \text{ м/м}^3) = 5,127, \text{ м}.$$

Ширина призмы возможного обрушения на верхней площадке откоса равна:

$$a = (2H[1 - ctg \alpha \times tg((\alpha + \varphi) / 2)] - 2H_{90}) / (ctg \varepsilon + tg((\alpha + \varphi) / 2)) = (2 \times 10 \text{ м} \times [1 - ctg 65^\circ \times tg((65^\circ + 21^\circ) / 2)] - 2 \times 5,127 \text{ м}) / (ctg 34,5^\circ + tg((65^\circ + 21^\circ) / 2)) = (20 \times 0,565 - 10,254) / 2,389 = 1,046 / 2,389 = 0,438 \text{ (м)}.$$

На основе выполненных расчетов, а также в соответствии с графиками фактических деформаций за период 2015-2018 гг. и графиком ожидаемых или прогнозируемых деформаций на основе расчетных значений математического ожидания дискретной случайной величины $M(X)$ по створу №1 (рис. 2, 3), можно сделать следующие выводы.

✓ За первый период наблюдений 3 репера просели на 2-3 мм, лишь у репера Т1-2 высотная отметка изменилась в большую сторону на 1 мм, что может быть вызвано ошибкой наблюдений, либо выпучиванием марки в результате ведения взрывных работ.

✓ В последующие периоды реперы 1 и 2 продолжали оседать на 2 мм за два года, такие незначительные оседания возможны, так как реперы находятся вне зоны взрывных работ и их естественное проседание вполне вероятно. Высотная отметка репера Т1-2 продолжает изменяться в сторону увеличения порядка 2 мм, то же наблюдается и с репером Т1-1. Репер Т1-3, напротив, несмотря на особую близость с районом ведения БВР, сменил «выпучивание» на начальную отметку.

✓ Анализ результатов маркшейдерско-геодезических измерений за горизонтальным смещением показывает, что деформации есть, но они незначительны, в пределах нормы и не превышают 5 мм.

По прогнозу высотные отметки реперов 1, 2, Т1-3 увеличатся на 1-2 мм относительно текущего положения. Реперы Т1-1 и Т1-2 осядут в пределах 2 мм также относительно текущего положения. В плане прогнозируемые смещения незначительны и составляют десятые доли миллиметров. В табл. 1 представлены прогнозные данные по оседаниям и смещениям для створа наблюдений №1. Анализируя скорость деформаций, можно отметить, что они протекают не скачкообразно, с измеримыми амплитудами, при этом скорость существенно меньше 1 мм в сутки, что определяет обязательную плановую периодичность наблюдений – 2 раза в год.

При правильной установке контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) на бермах она должна быть закреплена вне зоны призмы возможного обрушения

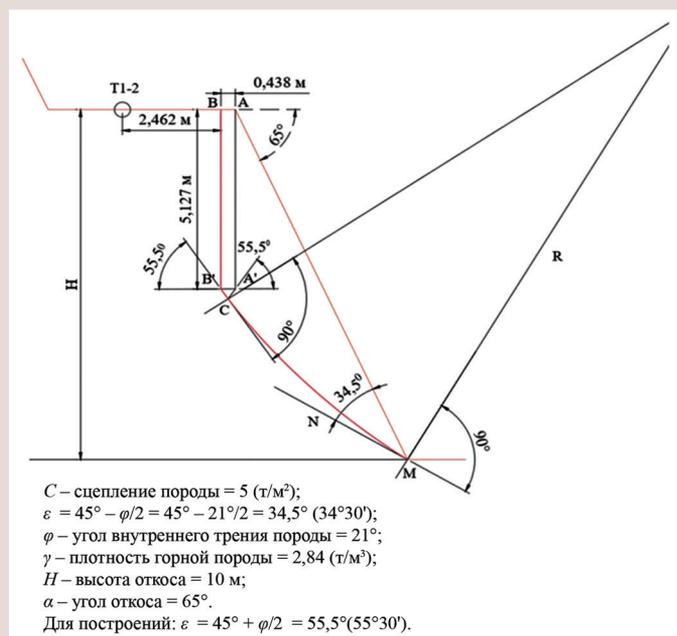


Рис. 2. Построение круглоцилиндрической поверхности скольжения в однородном массиве горных пород.

Сурет 2. Тау жыныстарының біртекті массивінде сырганаудың дөңгелек цилиндрлік бетін құру.

Figure 2. Construction of a round-cylindrical sliding surface in a homogeneous rock mass.

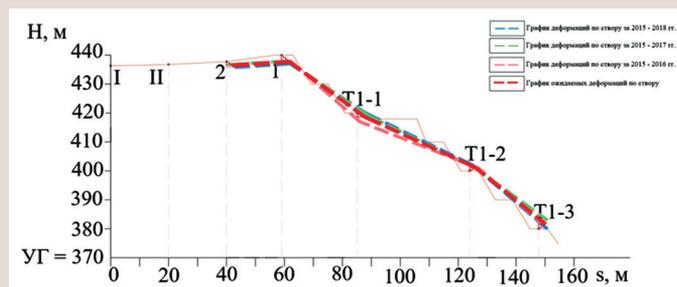


Рис. 3. График ожидаемых значений деформаций реперов наблюдательного створа №1.

Сурет 3. №1 бақылау жармасы реперлерінің деформациясының күтілетін мәндерінің кестесі.

Figure 3. Graph of expected values of deformations of the reference points of the observation target №1.

на верхней площадке откоса. Во время работы данный расчет производится при установке каждого репера или марки с целью обеспечения их сохранности. В качестве примера приведен расчет для одного из реперов по каждому из наблюдательных створов. Результаты по первому профилю показали, что ширина призмы возможного обрушения на верхней площадке откоса равна 0,438 м, поэтому закрепление репера Т1-2 на расстоянии 3 м от бровки является допустимым.

Анализ результатов маркшейдерско-геодезического контроля показывает, что все реперы наблюдательных створов в большей или меньшей степени испытывают колебания (1-5 мм за последний период). Обосновать такое поведение реперов можно тем, что горный массив постоянно находится в разработке, ведется ежедневная отработка забоев, систематически ведутся буровзрывные работы. Многократная подработка вызывает уменьшение сцепления горных пород по контактам, что приводит к проявлению деформаций по этим контактам и неравномерному распределению деформаций в мульде сдвижения¹³.

Также можно отметить, что плановые деформации по значениям в большинстве случаев превышают значения высотных деформаций. Такая ситуация вполне объяснима. Так, влияние угла падения пород и залежи сказывается на многих параметрах процесса сдвижения горных пород и земной поверхности. От угла падения залежи зависит величина граничных углов, сдвижения, разрывов. При пологом залегании пород обычно преобладает их прогиб, при крутом – обрушение со сдвигом по напластованию. В первом случае на поверхности земли в мульде сдвижения развиваются большие по величине оседания и меньшие горизонтальные перемещения, во втором случае горизонтальные сдвижения в 1,5-2 раза превышают вертикальные оседания.

Прогнозирование деформаций хвостохранилища. Для прогнозирования деформаций хвостохранилища выбран закон распределения случайного процесса, дающий ему исчерпывающую характеристику¹⁴. Закон распределения можно найти и выразить через моментные функции как для кинематической, так и для динамической форм описания процесса [3, 4].

Из описанных характеристик в нашем случае наиболее подходящей была бы динамическая модель, которая предполагает схему «сооружение-среда», но за отсутствием полноты и достаточности количественных данных о среде, таких как климатический прогноз, влажность воздуха, барометрические данные, такая модель не может быть применена для прогнозирования. Причем, данные о среде должны быть не только для основания прогнозирования, но и на время вперед, что также предполагает некий коридор погрешностей в прогнозировании деформации. Поэтому в работе используется кинематическая модель на основе фактических геодезических значений перемещений, а причины, вызывающие эти перемещения, будут носить возможный сопроводительный характер нашего исследования.

Рассмотрим алгоритм последовательности и математической обработки в построении прогнозной кинематической модели процесса деформации хвостохранилища. Вычисление необходимых моментных функций и других статистических характеристик наблюдаемого процесса оседания и плановых смещений является следующим этапом прогнозирования деформаций.

В нашем случае действует гипотеза о нормальности распределения реализаций процесса (нормальный закон распределения Гаусса) в каждом его сечении, т. е. отсутствуют какие-либо «крутости» или «скачки» в деформациях по каждому временному промежутку [6]. На рис. 4 представлены графики плотности вероятности деформаций X , имеющих нормальный закон распределения Гаусса, для марки хвостохранилища №1.

По графику видно, что основная часть значений деформаций – 70-80% – лежит в пределах 5-8 мм, оставшиеся 30-20% равномерно распределяются, постепенно убывая, по обе стороны от срединного

Таблица 1

Ожидаемые значения осадения и смещений реперов по створу №1

Кесте 1

№1 баған бойынша реперлердің шоғу және ығысуынан күтілетін мәндер

Table 1

Expected values of deposition and offsets of reference points in the range №1

КИА	$M(i_{xy}), м$	$M(i_z), м$
2	0,0022	- 0,0013
1	0,0028	- 0,0023
T1-1	0,0026	- 0,0013
T1-2	0,0018	0,0013
T1-3	0,0023	0,0017

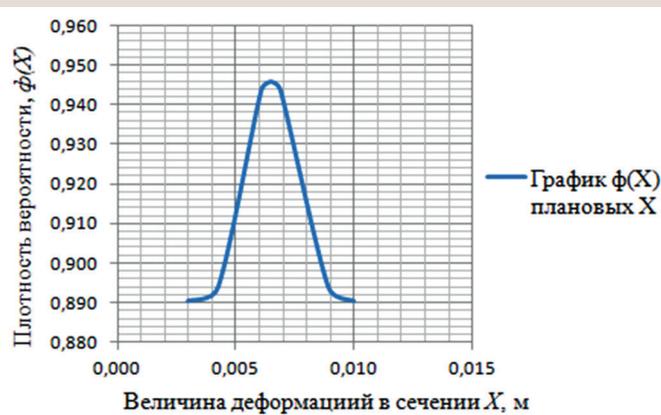


Рис. 4. График плотности вероятности плановых деформаций, имеющих нормальное распределение.

Сурет 4. Қалыпты үлестірілуі бар жоспарлы деформация ықтималдығының тығыздық кестесі.

Figure 4. Plot of the probability density of planned deformations that have a normal distribution.

¹³Шагалов С.Е., Муллер Р.А., Марков В.В. и др. Защита и подработка зданий и сооружений. – М.: Недра, 1974. – 188 с.

¹⁴Свешиков А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968.

Таблица 2

Расчетные значения коэффициентов вариации в процессе наблюдения за деформациями марок хвостохранилища

Кесте 1

Қалдық қоймасы маркаларының деформациялануын бақылау процесінде вариация коэффициенттерінің есептік мәндері

Table 1

Calculated values of the coefficient of variation in the process of monitoring deformations of tailings marks

КИА	Плановые $\delta_{\delta}(t_j)$, мм	Высотные $\delta_{\delta}(t_j)$, м	Плановые $\tilde{\delta}_{\delta}(t_j)$			Высотные $\tilde{\delta}_{\delta}(t_j)$		
			2016	2017	2018	2016	2017	2018
1	0,074	0,102	74,225	24,742	18,556	- 34,137	- 17,069	- 14,630
2	0,072	0,099	71,908	23,969	17,977	- 32,912	- 16,456	- 14,105
3	0,090	0,114	90,426	30,142	22,606	- 38,120	- 19,060	- 16,337
4	0,066	0,111	65,506	21,835	16,377	- 36,889	- 18,445	- 15,810
5	0,074	0,107	74,247	24,749	18,562	- 35,774	- 17,887	- 15,332
6	0,075	0,108	74,875	24,958	18,719	- 36,124	- 18,062	- 15,482
7	0,065	0,118	64,578	21,526	16,145	- 39,370	- 19,685	- 16,873
8	0,069	0,099	68,648	22,883	17,162	- 32,937	- 16,469	- 14,116
9	0,072	0,096	71,879	23,960	17,970	- 32,155	- 16,078	- 13,781
10	0,110	0,117	110,169	36,723	27,542	- 39,074	- 19,537	- 16,746
11	0,074	0,120	74,265	33,613	18,566	- 40,027	- 20,014	- 17,155

сечения параболы и составляют либо чуть меньше 5-8 мм, либо чуть больше этой величины.

Расчетные значения коэффициентов вариации в процессе наблюдения за деформациями марок хвостохранилища позволяют выявить наиболее неблагоприятное течение процесса деформации (табл. 2).

Анализируя полученные коэффициенты вариации, можно отметить, что неблагоприятное течение процесса деформации наблюдалось в начальном периоде, поскольку значения коэффициентов в 2016 г. почти в 4 раза превышают значения 2018 г. в плане и в 2 раза – по высоте. По уменьшению значений коэффициентов вариации в 2018 г. можно отметить стабильное улучшение ситуации с деформациями.

Алгоритм построения прогнозной кинематической модели. Прогнозная кинематическая модель процесса деформации строится в виде следующей условной моментной функции:

$$\hat{m}_{\delta i}(t_2/t_1) = \hat{x}_i(t_1) + \hat{m}_{\delta}(t_2) + r\tilde{\delta}_{\delta}(t_1) \times [\hat{x}_i(t_2) - \hat{m}_{\delta}(t_2)], \quad (2)$$

где t_1 – время конца периода основания прогноза, на котором строится модель;

t_2 – конец периода упреждения;

символы \sim и $\hat{}$, соответственно, относятся к статистическим и аппроксимированным значениям оценок;

$\hat{m}_{\delta i}(t_2/t_1)$ – прогноз деформации i -ой марки на момент времени при условии, что известны $\hat{x}_i(t_1)$, $\hat{x}_i(t_2)$, $\hat{m}_{\delta}(t_2)$, $r\tilde{\delta}_{\delta}(t_1)$, представляющие, соответственно, центрированное значение осадки i -ой марки в t_1 и t_2 оценки математического ожидания на момент t_2 , автокорреляционной функции и стандарта на момент t_1 , экстраполированные по уравнениям, аппроксимирующим их развитие на период основания прогноза¹³; $\hat{m}_{\delta}(t_2)$ – для краткосрочного прогноза на ближайший год, в нашем случае, составляет в плане 0,005 м и (- 0,009) м по высоте.

В работе коэффициент корреляции составил в обоих случаях величины, близкие к 0,5. Это не показывает причинно-следственную связь между функциями, а лишь характеризует линейную зависимость между

деформациями и временем, поэтому можно сделать вывод об обоснованности и пригодности выполненной линейной аппроксимации. В табл. 3 представлены данные по прогнозированию деформаций хвостохранилища.

Анализ полученных результатов показывает, что за период 2015-2019 гг. марка №1 в плане накопит деформационное значение, равное 1 см, а по высоте за данный период с 2015 г. марка осядет на величину 2,1 см. Если сравнить с деформацией на 2018 г., то видно, что в плане марка №1 сдвинется с отметки 0,009 м за год на 1 мм, по высоте осядет с (- 0,019) м за один год на 2 мм. Проведенный прогноз показывает благоприятную картину и подтверждает результаты сравнения коэффициентов вариации. По предварительному краткосрочному прогнозу, подобным образом в плановом и высотном отношениях себя могут повести марки №2, №5, №8, №9. На рис. 5 представлены данные по прогнозированию деформаций.

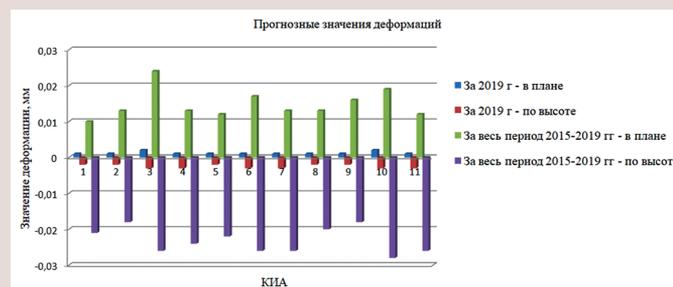


Рис. 5. Диаграмма по прогнозированию деформаций марок хвостохранилища. Сурет 5. Қалдық қоймасы маркаларының деформациясын болжау бойынша диаграмма. Figure 5. The diagram on the prediction of deformation grades of the tailings.

Таблица 3

Данные по прогнозированию деформаций хвостохранилища с использованием кинематической модели для краткосрочного прогноза

Кесте 1

Қысқа мерзімді болжамға арналған кинематикалық модельді пайдалана отырып қалдық қоймасының деформациясын болжау жөніндегі деректер

Table 1

Data on predicting tailings reservoir deformations using a kinematic model for short-term forecasting

КИА	Деформации за прогнозный 2019 г., м		Деформации за период 2015-2018 гг., м		Ожидаемые деформации за период 2015-2019 гг., м	
	Плановые	Высотные	Плановые	Высотные	Плановые	Высотные
1	0,001	-0,002	0,009	-0,019	0,010	-0,021
2	0,001	-0,002	0,012	-0,016	0,013	-0,018
3	0,002	-0,003	0,023	-0,023	0,024	-0,026
4	0,001	-0,003	0,012	-0,021	0,013	-0,024
5	0,001	-0,002	0,011	-0,020	0,012	-0,022
6	0,001	-0,003	0,016	-0,023	0,017	-0,026
7	0,001	-0,003	0,012	-0,023	0,013	-0,026
8	0,001	-0,002	0,012	-0,018	0,013	-0,020
9	0,001	-0,002	0,014	-0,016	0,016	-0,018
10	0,002	-0,003	0,017	-0,025	0,019	-0,028
11	0,001	-0,003	0,011	-0,023	0,012	-0,026

Поскольку по высоте, по прогнозам, предстоит оседание дамбы, все прогнозные значения – отрицательные величины – представлены на диаграмме в нижней ее части. Все значения плановых смещений отображаются в верхней части диаграммы. Важно понимать по графику, что и по высоте, и в плане можно оценить, насколько будут велики или малы предполагаемые деформации за один предстоящий год по сравнению с деформациями, которые уже фактически были проявлены за весь период наблюдений плюс ожидаемые за год.

Рассчитанные прогнозные значения деформаций являются благоприятными, поскольку показывают уменьшение их значений со временем. Необходимо помнить, что прогноз ведется по количественным геодезическим показателям, которые, согласно общему тренду, изменяются линейно в меньшую сторону, при этом не учитываются в полном мере факторы прогнозного фона, гидрогеологические и климатические особенности, которые вносят сдерживающий, либо усиливающий характер к геодезическим расчетам. Поэтому важно систематически проводить маркшейдерско-геодезический

контроль и осуществлять прогноз на краткосрочный период продолжительностью 1-2 года.

Заключение

Приняв за основу деформационные свойства пород, допустимые результаты маркшейдерско-геодезического контроля и соизмеримые с ними вычисленные ожидаемые значения деформаций, можно сделать вывод, что краткосрочный прогноз устойчивости карьера не описывает критических показателей деформаций¹⁰.

Сформированные прогнозные значения марок хвостохранилища показали, что, согласно рассчитанным значениям и динамике коэффициентов вариации, на прогнозный год плановые смещения составят порядка 1-2 мм, а по высоте марки продолжают оседать на 2-3 мм.

На предприятии обеспечение устойчивости бортов карьера и тела дамбы хвостохранилища является важным гарантом безопасности ведения работ на горнорудном участке, поэтому результаты данного исследования могут в полной мере или частично быть использованы на предприятии как средство комплекса мероприятий по обеспечению безопасности ведения работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Ильясова Б.Т. Прогнозирование деформаций массивов горных пород с применением ПК. // Проблемы недропользования. – 2018. – №1. – С. 39-51.
- Рахымбердина М.Е., Токтарбаева М.К., Касымов Д.К. Изучение деформаций хвостохранилища и карьера месторождения Секисовское по результатам маркшейдерско-геодезического контроля и характеру геологических условий. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2019: сб. материалов XV Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2019». – Новосибирск: СГГА, 2019 – Т. 6. – Ч. 2. – С. 182-187.
- MacLaughlina M., Sitarb N., Doolinb D., Abbotc T. Исследование кинематики устойчивости склона с использованием анализа разрывных деформаций. // Международный журнал горной механики и горных наук. – 2001. – №38. – С. 753-762.

4. Melo F., Vivanco F., Fuentes C. Расчет изолированных зон добычи и движения по сравнению с масштабными моделями для блочного обрушения. // Международный журнал горной механики и горных наук. – 2009. – Т. 46. – Вып. 4. – С. 731-737.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ильясова Б.Т. Дербес компьютерді қолдана отырып тау жыныстары массивтерінің деформациясын болжау. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері. – 2018. – №1. – Б. 39-51.
2. Рахымбердина М.Е., Тоқтарбаева М.К., Касымов Д.К. Маркшейдерлік-геодезиялық бақылау нәтижелері және геологиялық жағдайлардың сипаты бойынша Секисовское кен орнының қалдық қоймасы мен карьерінің деформациясын зерттеу. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2019: материалдар жинағы XV Халықаралық ғылыми конгресс «ГЕО-Сібір-2019». – Новосибирск: СГГА, 2019. – Т. 6. – Шығ. 2. – Б. 182-187.
3. MacLaughlina M., Sitarb N., Doolinb D., Abbotc T. Ажырау деформациясын талдауды қолдана отырып, беткейдің орнықтылық кинематикасын зерттеу. // Тау-кен механикасы мен тау-кен ғылымының халықаралық журналы. – 2001. – №38. – Б. 753-762.
4. Melo F., Vivanco F., Fuentes C. Блокты құлау үшін ауқымды үлгілермен салыстырғанда оқшауланған өндіру және қозғалыс аймақтарын есептеу. // Тау-кен механикасы мен тау-кен ғылымдары халықаралық журналы. – 2009. – Т. 46. – Шығ. 4. – Б. 731-737.

REFERENCES

1. Piyasova B.T. Forecasting deformations of rock masses using PC. // Problems of subsoil use. – 2018. – №1. – P. 39-51.
2. Rahimberdina M.E., Toktarbaev M.K., Kasymov D.K. Study of deformations of tailings and quarry field Sekisovskoye Deposit the results of surveying-geodetic control and nature of geological conditions // interexpo GEO-Siberia-2019: collection of materials of the XV International scientific Congress GEO-Siberia 2019. – Novosibirsk: SGGA, 2019. – Vol. 6. – Part 2. – P. 182-187.
3. MacLaughlina M., Sitarb N., Doolinb D., Abbotc T. Investigation of slope-stability kinematics using discontinuous deformation analysis// International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. – 2001. – №38. – P. 753-762.
4. Melo F., Vivanco, F., Fuentes C. Calculated isolated extracted and movement zones compared to scaled models for block caving. // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. – 2009. – Vol. 46. – Issue 4. – P. 731-737.

Сведения об авторах:

Рахымбердина М.Е., канд. техн. наук, PhD, доцент школы архитектуры, строительства и дизайна Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), marzhanrakh@mail.ru

Тоқтарбаева М.К., магистр техн. наук, маркшейдер карьера Дочернего товарищества с ограниченной ответственностью «Горнорудное предприятие Baurgold» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), excellent-im@mail.ru

Тогузова М.М., канд. техн. наук, PhD, старший преподаватель школы архитектуры, строительства и дизайна Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), школы архитектуры, строительства и дизайна, marzhan123@mail.ru

Касымов Д.К., магистр наук, преподаватель школы архитектуры, строительства и дизайна Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), daur-kas@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Рахымбердина М.Е., техника ғылымдарының кандидаты, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті Сәулет, құрылыс және дизайн мектебінің доценті (Өскемен қ., Қазақстан), marzhanrakh@mail.ru

Тоқтарбаева М.К., техника ғылымдарының магистрі, «Baurgold тау-кен кәсіпорны» еншілес жауапкершілігі шектеулі серіктестігі карьерінің маркшейдері (Өскемен қ., Қазақстан), excellent-im@mail.ru

Тогузова М.М., техника ғылымдарының кандидаты, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті Сәулет, құрылыс және дизайн мектебінің аға оқытушысы (Өскемен қ., Қазақстан), marzhan123@mail.ru

Касымов Д.К., техника ғылымдарының магистрі, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті Сәулет, құрылыс және дизайн мектебінің оқытушысы (Өскемен қ., Қазақстан), daur-kas@mail.ru

The information about authors:

Rakhimberdina M.Ye., Candidate of Technical Sciences, PhD, Assistant Professor of the School «Architecture, Construction and Design» of the D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (Ust'-Kamenogorsk, Kazakhstan), marzhanrakh@mail.ru

Toktarbayeva M.K., Master of Technical Sciences, Mine Surveyor of Subsidiary Partnership With Limited Liability «Baurgold mining enterprise» (Ust'-Kamenogorsk, Kazakhstan), excellent-im@mail.ru

Toguzova M.M., Candidate of Technical Sciences, PhD, Senior Lecturer of the School «Architecture, Construction and Design» of the D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (Ust'-Kamenogorsk, Kazakhstan), marzhan123@mail.ru

Kassymov D.K., Master of Technical Sciences, Lecturer of the School «Architecture, Construction and Design» of the D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (Ust'-Kamenogorsk, Kazakhstan), daur-kas@mail.ru

Код МРНТИ 52.35.29

В.Ф. Демин, М.Б. Банзбаев, С.М. Нурғалиев

Карагандинский Государственный технический университет (г. Караганда, Казахстан)

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Аннотация. При залегании в непосредственной кровле угольных пластов слоистых трещиноватых, а в основной кровле – труднообрушаемых пород обеспечение устойчивости подготовительных выработок требует комплекса мероприятий с управлением напряженно-деформированным состоянием приконтурного массива, вмещающего подготовительную выработку и обоснованием эффективной конструкции крепи для улучшения состояния подготовительных выработок, особенно глубоких горизонтов угольных шахт, и снижения затрат на их эксплуатацию. В связи с этим актуальна разработка новых и совершенствование существующих способов поддержания выработок в течение срока их службы с минимальными затратами. Перспективным направлением снижения трудоемкости и металлоемкости крепления выемочных выработок и повышения их устойчивости является применение анкерной крепи в кровле выработок. В результате усиления крепи канатными анкерами возрастает прочность приконтурного массива пород кровли на сопряжении лавы со штреком, в зонах опорного давления от очистного забоя и влияния отработанного пространства, а также происходит перераспределение нагрузки на крепь штрека.

Ключевые слова: анкерная крепь, геомеханика, канатные анкеры, горная порода, очистной забой, повторное использование, проходка, горное давление, шахта, угольный пласт, буровая поверхность.

Қайта пайдаланылатын дайындық қазбаларының тұрақтылығын арттыру

Андатпа. Көмір қабаттарын жарықшақты тұқымдарының негізгі қиын бұзылатын шатыр тұқымдарын, дайындық қазбаларын тұрақтылығын қамтамасыз етуге, ал ауа шатыр жатуға кезінде тікелей басқарумен зорланып деформациялауға құрлықаралық массив жылға дайындық қазбаларын жағдайын жақсарту үшін тиімді шаралар кешенін әзірлеуді талап етеді, шахталар мен терең қабаттардың әсіресе көмір алабы мен негіздемесі дайындық жағдайына конструкциясы оларды пайдалануға жұмсалатын шығындарды азайту. Осыған байланысты өзекті табыстылығын арттыру және жетілдіру қолдау олардың қызметі мерзімінің өтуі қазіргі тәсілдерінің өндіру аз шығын кетеді. Перспективалық бағыт алу орындары мен олардың тұрақтылығын арттыру мен еңбекті көп қажет етуін төмендету металлоемкости бекітудің. Бірақ тәжірибе көрсеткендей, кәдімгі қатан тұтқарларды пайдалану кезінде ұзындығы. Жылға арналған беріктігі артады күшейту нәтижесінде арған тұтқарлармен жиым түйіндеске қауқазбен жылғы тазарту мен ықпалының аймағында, сондай-ақ тірек қысымның кеңістік болып қайта бөлу жүрексінді бастап шатырын балқыма тұқымдары пайдаланылған бекіткіш жүктемені қауқазды.

Түйінді сөздер: қарнақты бекітпе, геомеханика, аспалы қарнақ, тау жынысы, тазартпа кенжар, қайта қолдану, ұңғымалау, тау кен қысымы, шахта, көмір қабаты, бұрғылау беті.

Increasing the stability of reused preparatory workings

Abstract. At lying in the direct roof of coal beds of layered fractured rocks, and in the main roof-hard-to-break rocks, ensuring stability of pre-paratory workings requires a complex of measures with control of stressed-deformed state of the preconstrained massif containing the preparatory work and justification of the effective structure of the support for improvement of condition of preparatory workings especially, deep horizons of coal mines and reduction of costs for their operation. In this regard, it is important to develop new and improve existing ways to maintain the workings during their service life with minimum costs. A promising direction of reduction of labour intensity and metal consumption of attachment of extraction workings and increase of their stability is application of anchor support in roof of workings. However, experience has shown that with conventional rigid anchors of length. As a result of reinforcement of the support by rope anchors, strength of the top rock mass increases on the junction of lava with the stem, in the zones of the support pressure from the cleaning face and the influence of the spent space, as well as redistribution of the load on the stem support takes place. Binding of rock mass by anchors of deep laying provides delay of its displacement, and after planting of roof behind mechanized complex there is a support of strengthened mass by broken rocks. At the same time anchor support is calculated in such a way that safe conditions of operation are provided at connection of cleaning face with the stem, and subsequently preservation of work for reuse and repair-free maintenance of it for the whole service life.

Key words: anchor support, geomechanical, rope anchors, rock, cleaning face, reuse, penetration, mountain pressure, mine, coal bed, drilling face.

Введение

Эффективность методов разработки угольных пластов зависит в основном от выбора схемы подготовки и системы разработки. При подготовке и разработке пологозалегающих угольных пластов широкое применение получила бесцеликовая технология, которая зарекомендовала себя и применяется на глубоких горизонтах, вследствие чего наблюдается ухудшение состояния подготовительных выработок. Расходы на охрану и поддержание горных выработок часто в 2,0-2,5 раза выше затрат на проходку горных выработок. Это происходит вследствие увеличения и неравномерного распределения горного давления, значительного усложнения условий поддержания выработок, недостаточной несущей способностью и большой трудоемкостью возведения крепи. Повышение эффективности работы действующих шахт с сохранением существующих объемов добычи угля возможно при увеличении нагрузок на очистные забои, при их подвигании на 8-12 м/сут., а для воссоздания подготовленных запасов темпы проведения подготовительных выработок должны быть не менее 15-25 м/сут. [1].

В современных условиях на шахтах в основном применяются три схемы бесцеликовой технологии: с сохранением выработок для повторно использования; с проведением новых выработок вприсечку к выработанному пространству; с проведением спаренных выработок с выемкой целика между ними смежной лавой¹.

Наиболее прогрессивной схемой бесцеликовой технологии является подготовка и отработка пластов с сохранением выемочных выработок на границе с выемочным пространством при отработке смежной лавы². Задача эффективного применения бесцеликовой технологии с повторным использованием выемочных штреков при разработке пологозалегающих угольных пластов в полном объеме не решена. Это обусловлено прежде всего тем, что крепление выемочных штреков производится преимущественно металлическими арочными крепями со стойками усиления, которые не отвечают горно-геологическим и горнотехническим условиям эксплуатации выемочных штреков [2].

При залегании в непосредственной кровле угольных пластов слоистых трещиноватых пород, а в основной

¹Статема И. Разработка угольных месторождений: управление горным давлением и крепление горных выработок. / Перевод и редакция В.Д. Алексеенко. – М.: Госгортехиздат, 1960. – 208 с.

²Луганцев Б.Б., Кузнецов Ю.Н., Мартыненко И.И. Обеспечение устойчивости трещиноватых породных массивов в окрестности горных выработок. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007. – 300 с.

кровле – труднообрушаемых пород для обеспечения устойчивости подготовительных выработок требуется комплекс мероприятий с управлением напряженно-деформированным состоянием приконтурного массива, вмещающего подготовительную выработку, и обоснованием эффективной конструкции крепи для улучшения состояния подготовительных выработок, особенно глубоких горизонтов угольных шахт, и снижения затрат на их эксплуатацию [2].

Переход горных работ на более глубокие горизонты происходит с изменением формы проявления горного давления. Если сравнивать с малыми глубинами, при которых в кровле выработки образуется свод обрушения, на больших глубинах наблюдается деформирование по всему периметру горной выработки. Под влиянием напряжения подготовительная выработка деформируется в процессе ее эксплуатации и проведения горной выработки. Во время проведения очистных работ выработки, которые использовались повторно, попадают в зону влияния очистных работ, вследствие чего происходит повышенная деформация горных пород и крепи, которая влечет за собой перекрепление крепи [3]. Для поддержания горных выработок в течение всего срока их службы с минимальными затратами необходимо совершенствовать существующие способы поддержания горных выработок, а также разрабатывать новые [3].

Изменение длины консолей со стороны выработанного пространства непосредственно влияет на напряженно-деформированное состояние приконтурного массива, размеры зон смещений в краевых зонах лавы и нагрузку на крепь оконтуривающих выработок.

Как показал опыт³ передовых угледобывающих стран (США, Англия, Австралия, Германия), эффективное и надежное крепление капитальных и подготовительных выработок может быть обеспечено при использовании сталеполимерных анкеров с несущей способностью 200-250 кН. Анализ опыта применения сталеполимерных анкеров на зарубежных шахтах показывает, что, несмотря на достигнутые успехи, анкерная крепь в соответствии с существующими нормативными документами продолжает использоваться как вспомогательная, с усилением ее в зоне опорного давления металлической рамной крепью. Существующие методики определения параметров анкерной крепи базируются на том, что закрепление ею выработок осуществляется путем «подвески» сравнительно слабых слоев к мощному слою, который находится на расстоянии 2-4 м и более от кровли выработки, при этом в сечении выработки, равном 20-24 м, устанавливается, как правило, 25-30 анкеров⁴.

Методы исследований

Главным направлением для снижения трудоемкости и металлоемкости крепления выемочных горных выработок, а также для повышения устойчивости является использование анкерной крепи в кровле горной выработки. Однако опыт показал, что при использовании

обычных жестких анкеров длиной 1,8-2 м они являются эффективным средством поддержания лишь при небольшой мощности непосредственной кровли и небольших величинах ее смещений в период проходки вне зоны влияния очистных работ. Таким образом, актуальная задача надежного поддержания бесцеликковых повторно используемых выработок экономичными анкерными креплениями в настоящее время не решена [4].

Цифровое моделирование

С целью анализа напряженно-деформированного состояния массива, прилегающего к горной выработке, было проведено цифровое моделирование в программном комплексе FLAC 7.0 (рис. 1). Ожидаемая максимальная нагрузка от веса пород, заключенных в условной зоне неупругих деформаций, составит:

$$P_{\text{макс}} = m \times \gamma \times n_{\text{п}} = 3,64 \times 25 \times 3 = 273 \text{ кН/м}^2,$$

где m – мощность пород, заключенных в условной зоне неупругих деформаций, м;

γ – объемный вес пород, кН/м³;

$n_{\text{п}}$ – коэффициент перегрузки (равный 3).

Выбор плотности установки анкеров составляет:

$$n = P_{\text{макс}} / P_a = 273 / 130 = 2,1 \text{ анкера/м}^2,$$

где P_a – расчетная несущая способность анкера, кН (130).

Отсюда следует, что плотность анкеров в рассматриваемой зоне должна быть не менее 13 анкеров/п.м.

На основании анализа «Паспорта проведения и крепления вентиляционной сбойки 332Д₇-з» можно сделать следующие выводы:

- крепление выработки необходимо производить анкерами в чистом виде, в количестве не менее 13 шт/п.м кровли выработки.

Для обеспечения безопасных условий проведения рекомендуется:

- при изменении геологических условий проводить корректировку паспорта крепления выработки, измененный паспорт предоставлять на согласование в отдел геопрогноза и геомеханики;

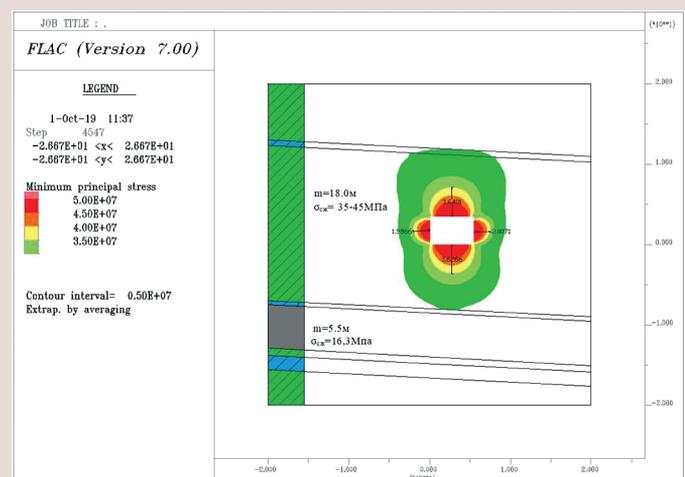


Рис. 1. Цифровое моделирование выработки.

Сурет 1. Өнімділікті цифрлық моделдеу.

Fig. 1. Digital simulation of production.

³Design and Analysis of Hardened Structures to Conventional Weapons Effects. Washington, DC: The Departments of the Army, Air Force, Navy and The Defense Special Weapons Agency Defense Special Weapons Agency (DSWA), 1998. – 145 p.

⁴Рекомендации по расчету смещений контура и нагрузок на крепь горных выработок по экспериментальным показателям деформирования горных пород за пределом прочности. – Л., ВНИИМ, 1982. – 36 с.

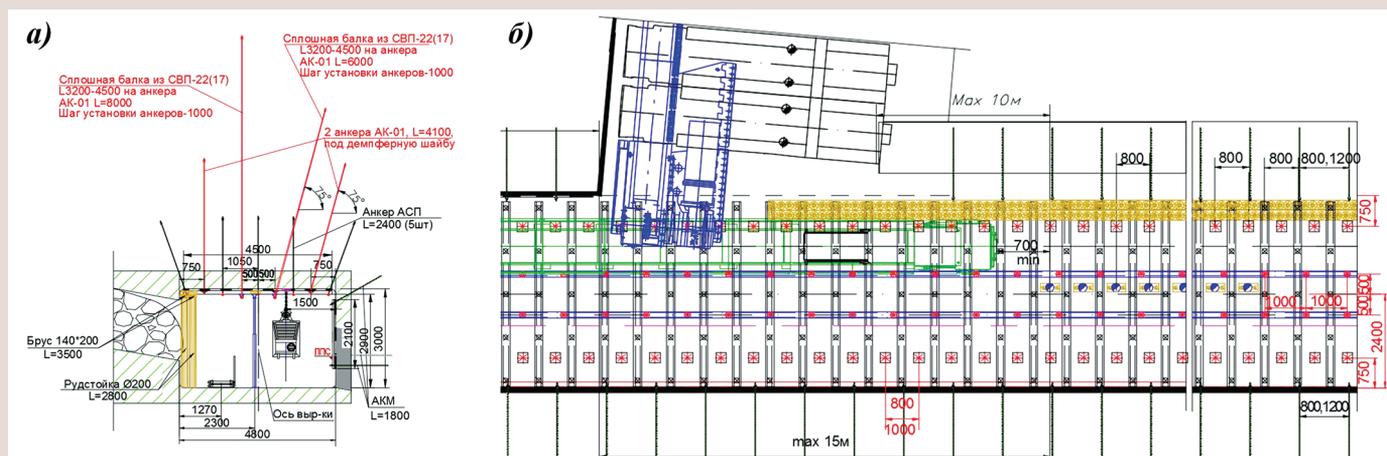


Рис. 2. Сохранение выработки для повторного использования: а – сечение; б – профиль выработки.

Сурет 2. Қайта қолдану үшін қазбаны сақтау: а – қима; б – қазба профілі.

Fig. 2. Saving the mine for reuse: a – section; b – profile of the mine.

▪ в случае образования куполов производить установку бессточной трехкомпонентной крепи, пустоты закладывать кострами (клетями) из леса или путем закачки твердеющих составов;

▪ при потере устойчивости приконтурных пород предусматривать мероприятия по усилению крепи (укрепление массива путем закачки твердеющих составов, перехода на смешанный вид крепления).

Результаты и их обсуждение

Сохранение горных выработок при использовании канатных анкеров позволяет добиться следующих результатов: бесцеликовая отработка запасов снижает объем проведения подготовительных горных выработок, при этом увеличивается коэффициент извлечения запасов; повышается скорость производительности очистного забоя; появляется возможность работы лавы (очистного забоя) без использования механизированной крепи сопряжения; сокращается время концевых операций, обеспечивается удобство работы на сопряжениях; повторно используются горные выработки для обеспечения запасных выходов, а также повышается эффективность проветривания; предотвращаются внезапные выбросы угля и газа из межстолбовых целиков [5].

Возможно применение схемы крепления горной выработки по пластам малой и средней мощности, которая сохраняется для повторного использования на границе с выработанным пространством. Усиление крепи выработок производится канатными анкерами для их сохранения, с целью газоправления, дренажа, обеспечения запасных выходов и повторного использования [5].

При разработке крепления штреков для их сохранения с целью повторного использования смежной лавой

геомеханической основой расчета являются следующие положения: формирование несущей балки анкерами первого уровня (рис. 2); породы кровли выработки за пределами естественного свода давления имеют меньшие смещения и большие сопротивления нагрузкам, чем породы в своде; смещения пород кровли за лавой приводят к увеличению пролета свода давления на величину возможного разрушения боков выработки и, соответственно, существенному увеличению размеров естественного свода давления; связывание приконтурного массива пород в естественном своде давления с вышерасположенными породами при помощи анкеров глубокого заложения приводит к подвеске сформированной несущей балки пород к устойчивому массиву и уравниванию нагрузки на крепь выработки [5].

Заключение

При помощи усиления горной выработки канатными анкерами во много раз возрастает прочность приконтурного массива горных пород кровли в местах сопряжения очистного забоя и со штреком, а также в зонах опорного давления от очистной камеры и влияния отработанного пространства. Связывание массива пород анкерами глубокого заложения обеспечивает запаздывание его смещения, а после посадки кровли за механизированным комплексом наблюдается подпор упругого массива разрушенными породами [5].

При этом анкерная крепь рассчитывается таким образом, чтобы обеспечивались безопасные условия работы на сопряжении очистного забоя со штреком, а впоследствии – сохранение выработки для повторного использования и безремонтное ее поддержание на весь срок эксплуатации⁵.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фрянов В.Н. Управление состоянием массива горных пород при интенсивной отработке выемочных полей и участков шахт. // Уголь. – М., 2000. – №4. – С. 23-24.
2. Долгий И.Е., Соломойченко Д.А. Обеспечение устойчивости повторно используемых подготовительных выработок. // Известия вузов. Горный журнал. – М., 2014. – №8. – С. 44-47.

⁵Ткачев В.А. Обоснование эффективных способов крепления и поддержания подготовительных выработок с учетом взаимовлияния с очистными забоями. / Автореф. дисс... д-ра. техн. наук: 05.15.02. – Новочеркасск, 2000. – 36 с.

3. Дрибан В.А. Устойчивость горных выработок в структурно неоднородных массивах. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М., 2008. – №9. – С. 305-312.
4. Самок А.В., Райко Г.В., Позолотин А.С., Гречишкин П.В. Канатный анкер АК01: усиление крепи штреков для работы очистного забоя без механизированной крепи сопряжения. // Уголь. – М., 2011. – №10. – С. 9-11.
5. Самок А.В., Райко Г.В., Гречишкин П.В. Канатный анкер АК01: широкие выработки и их сопряжения. // Уголь. – М., 2011. – №5. – С. 80-81.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Фрянов В.Н. Қарқынды өңдеу кезінде тау жыныстары массивінің жағдайын басқару алаңдарының және шахталар учаскелерінің. // Көмір. – М., 2000. – №4. – С. 23-24.
2. Долгий И.Е., Соломоиченко Д.А. қайта пайдаланылатын дайындау қазбалары. // Жоғары оқу орындарының хабарламасы. Тау журналы. – М., 2014. – №8. – С. 44-47.
3. Дрибан В.А. Тұрақтылығы тау-кен қазбаларын құрылымдық біртекті емес алқаптарында. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – М., 2008. – №9. – С. 305-312.
4. Самок А.В., Райко Г.В., Позолотин А.С., Гречишкин П.В. Арқанды анкер АК01: механикаландырылған бекітпесіз тазалау кенжарының жұмысына арналған қуақаз бекітпесін күшейту жұптастыру. // Көмір. – М., 2011. – №10. – С. 9-11.
5. Самок А.В., Райко Г.В., Гречишкин П.В. Арқанды Анкер АК01: кең әзірлеу және олардың жұптасуы. // Көмір. – М., 2011. – №5. – С. 80-81.

REFERENCES

1. Fryanov V.N. Upravlenie sostoyaniem massiva gornyx porod pri intensivnoi otrabotke vyetochnykh polei i uchastkov shakht (Management of rock mass condition at intensive removal of mining fields and mine sections). // Ugol' = Coal. – Moscow, 2000. – №4. – Pages 23-24.
2. Dolgii I.E., Solomoichenko D.A. Obespechenie ustoichivosti povtorno ispol'zuemykh podgotovitel'nykh vyrabotok (Ensuring the stability of reusable preparatory workings). // Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal = News of universities. Mining journal. – Moscow, 2014. – №8. – Pages 44-47.
3. Driban V.A. Ustoichivost' gornyx vyrabotok v strukturno neodnorodnykh massivakh (Stability of Mine Workings in Structure-Like Masses). // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' = Mining Information and Analytical Bulletin. – Moscow, 2008. – №9. – Pages 305-312.
4. Samok A.V., Rayko G.V., Posolotin A.S., Grechishkin P.V. Kanatnyi anker AK01: usilenie krep'i shtrekov dlya raboty ochistnogo zaboya bez mekhanizirovannoi krep'i sopryazheniya (Rope Anchor AK01: Reinforcement of strut support for operation of cleaning face without mechanized support). // Ugol' = Coal. – Moscow, 2011. – №10. – Pages 9-11.
5. Samok A.V., Rayko G.V., Grechishkin P.V. Kanatnyi anker AK01: shirokie vyrabotki i ikh sopryazheniya. (Rope anchor AK 01: wide workings and their interfaces). // Ugol' = Coal – Moscow, 2011. – №5. – Pages 80-81.

Сведения об авторах:

Демин В.Ф., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского Государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), vladfdemin@mail.ru

Баузбаев М.Б., канд. техн. наук, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), baiz76@mail.ru

Нурғалиев С.М., магистрант группы ГДМ19-2 кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), s-nurgaliev@bk.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Демин В.Ф., техника ғылымдарының докторы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің «Пайдалы қазбалар кен орындарын әзірлеу» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), vladfdemin@mail.ru

Баузбаев М.Б., техника ғылымдарының кандидаты, Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің «Пайдалы қазбалар кен орындарын әзірлеу» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), baiz76@mail.ru

Нурғалиев С.М., Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің «Пайдалы қазбалар кен орындарын әзірлеу» кафедрасының ГДМ19-2 тобының магистранты (Қарағанды қ., Қазақстан), s-nurgaliev@bk.ru

Information about the authors:

Diomin V.F., doctor of technical Sciences, Professor of the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), vladfdemin@mail.ru

Baizbaev M.B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), baiz76@mail.ru

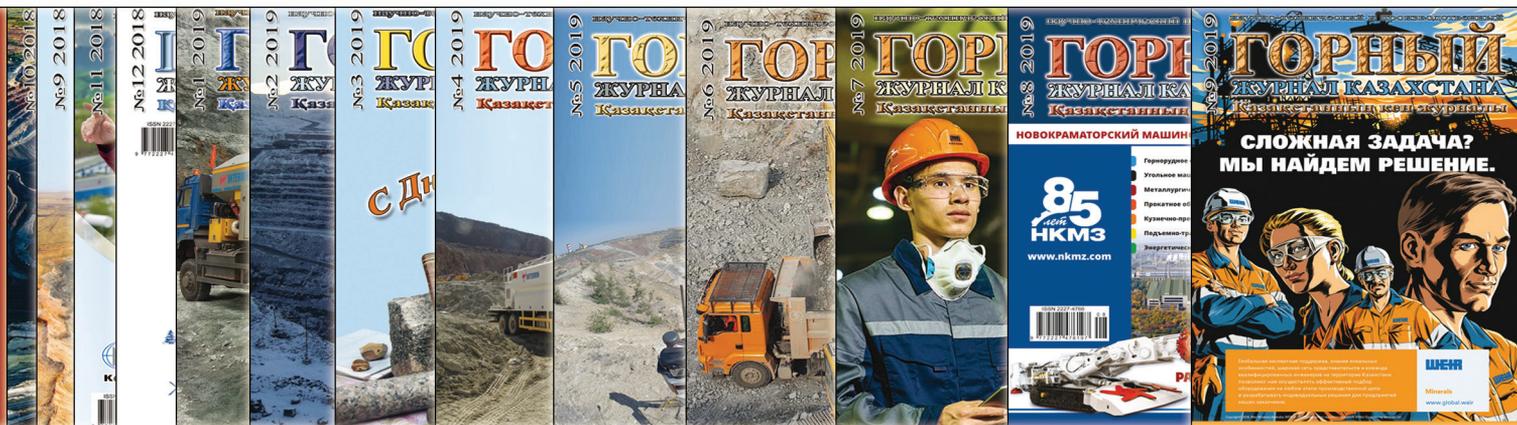
Nurgaliev S.M., Undergraduate of GDM19-2 group, «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), s-nurgaliev@bk.ru

ПОДПИСКА 2020

- Подписка по каталогу АО «КАЗПОЧТА» и через альтернативные агентства ТОО «ЭВРИКА-ПРЕСС», ТОО «Агентство «ЕВРАЗИЯ ПРЕСС».

Подписной индекс 75807

- Редакционная подписка. Оформляется с любого месяца как на печатную, так и на электронную версию. Стоимость годовой подписки – 30000 тенге с учетом НДС (печатная версия) и 12000 тенге с учетом НДС (электронная версия).



Уважаемые читатели!

Сайт minmag.mining.kz в данный момент на реконструкции до конца текущего года. Обновленный сайт будет доступен с января 2020 года по новому адресу: minmag.kz

Присоединяйтесь к нашей странице в Instagram: [@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)

☎ +7 (727) 375-44-96

050026, Республика Казахстан, г. Алматы,
ул. Карасай батыра, 146, оф. 401

✉ Yuliya.Bocharova@interrin.kz
Tatyana.Dolina@interrin.kz
Irina.Pashinina@interrin.kz

Код МРНТИ 53.03.09

N. Dosmukhamedov, E. Zholdasbay, M. Kurmanseytov, A. Argyn

Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satpayev» – Satpayev University (Almaty, Kazakhstan)

PHASE EQUILIBRIUM SYSTEMS COPPER-LEAD MATTE – SLAG SATURATED WITH SILICA

Abstract. The paper studies the phase equilibrium of the system of copper-lead matte – iron-silicate slag saturated with silica. The distribution coefficients of copper, lead, arsenic and antimony between copper-lead matte and slag were calculated under conditions of controlled values of the partial pressure of oxygen ($P_{O_2} = 2,74 \times 10^{-4}$ Pa) and sulfur ($P_{S_2} = 1,45 \times 10^2$ Pa) at a temperature of 1523 K. It is shown that the iron content in matte has a contradictory effect on the change in the distribution coefficients of metals. It was established that the distribution coefficient of copper decreases with increasing iron content in matte, while the distribution coefficient of lead increases. The revealed patterns are reasonably interpreted from the point of view of the theory of pyrometallurgical processes. The results can be used for the thermodynamic assessment of reducing melts of copper-, lead-containing raw materials.

Key words: copper, lead, arsenic, antimony, distribution coefficient, partial pressure of oxygen and sulfur, iron, extraction, slag, copper-lead matte.

Кремнеземге қаныққан мысты-қорғасынды штейн – шлак жүйесінің фазалық тепе-теңдігі

Аннотация. Жұмыста кремнеземге қаныққан мысты-қорғасынды штейн – темірсиликатты шлак жүйесінің фазалық тепе-теңдігі зерттелінді. Тәжірибелік мәліметтер негізінде 1523 К температура кезінде бақыламалы оттегінің ($P_{O_2} = 2,74 \times 10^{-4}$ Па) және күкірттің ($P_{S_2} = 1,45 \times 10^2$ Па) парциалдық қысымы тұрақты мәндрі жағдайында мысты-қорғасынды штейн мен шлак арасында мыстың, қорғасынның, мышьяқтың және сурьманың бөлініп таралу коэффициенттері есептелінді. Металдардың бөлініп таралу коэффициенттеріне штейндегі темір мөлшерінің қарама қайшы әсері көрсетілген. Штейнде темір мөлшерінің артуы кезінде мыстың бөлініп таралу коэффициентінің төмендеуі, ал бұл кезде қорғасынның бөлініп таралу коэффициентінің артуы анықталды. Анықталған заңдылықтар пиromеталлургиялық процесстер теориясы көзқарасынан негізделген. Алынған нәтижелер мыс-, қорғасын құрамды шикізатты тотықсыздандырып балқытуды термодинамикалық бағалау үшін қолданылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: мыс, қорғасын, мышьяк, сурьма, бөлініп таралу коэффициенті, оттегінің және күкірттің парциалдық қысымы, темір, бөліп алу, шлак, мысты-қорғасынды штейн.

Фазовое равновесие системы медно-свинцовый штейн – шлак, насыщенный кремнеземом

Аннотация. В работе исследовано фазовое равновесие системы медно-свинцовый штейн – железосиликатный шлак, насыщенный кремнеземом. Рассчитаны коэффициенты распределения меди, свинца, мышьяка и сурьмы между медно-свинцовым штейном и шлаком в условиях контролируемых значений парциального давления кислорода ($P_{O_2} = 2,74 \times 10^{-4}$ Па) и серы ($P_{S_2} = 1,45 \times 10^2$ Па) при температуре 1523 К. Показано, что содержание железа в штейне оказывает противоречивое влияние на изменение коэффициентов распределения металлов. Установлено, что коэффициент распределения меди с повышением содержания железа в штейне снижается, в то время как коэффициент распределения свинца – растет. Выявленные закономерности обоснованно трактованы с точки зрения теории пиromеталлургических процессов. Полученные результаты могут быть использованы для термодинамической оценки восстановительных плавов медь-, свинецсодержащего сырья.

Ключевые слова: медь, свинец, мышьяк, сурьма, коэффициент распределения, парциальное давление кислорода и серы, железо, извлечение, шлак, медно-свинцовый штейн.

Introduction

In real conditions, the mechanism of transition of precious metals from complex matte composition to slag is a complex mechanism. At the same time, when it is impossible to determine the dissolution of metals in slags by exchange reactions, it is convenient to use the calculations of the distribution coefficient of metals between the melting products. This approach is often used in metallurgical practice due to the complex nature of the smelting products involved in the process. Studies of the phase equilibrium of the slag and copper matte phases under controlled values of oxygen and sulfur potential are of practical importance for the thermodynamic evaluation of the solubility of copper in the slag and the distribution of non-ferrous and related elements between the matte and slag phases.

A number of work^{1,2} [1-6] are devoted to the study of the phase equilibrium of the copper matte – iron silicate slag system, which were carried out in a limited range of conditions using air purging. The General assessment of this or that mechanism of dissolution of metal prevailing in concrete conditions allows to give definition of coefficient of distribution of metals between products of melting. However, most of the authors, determining the distribution coefficient of metals, limited to the study of the effect on it only the composition of slag. So, in work [7] on the basis of the calculation of the distribution coefficient of the constructed equations of multiple correlation for copper, lead, arsenic, antimony, and a number of other related elements allowing to predict the behavior of metal in the copper sulfide concentrates smelting. Of course, the results have great practical application and can be used as a basis for obtaining

optimal melting conditions under which copper losses in the slag can be further reduced. However, the lack of data on the effect of matte composition on the distribution of copper and related metals requires further research. In addition, even within a sufficiently fully studied copper matte-slag system, there are no data on phase equilibrium obtained under reducing conditions of controlled values of sulfur and oxygen partial pressure, which determine the thermodynamic limit of the solubility of metals in slags and their equilibrium distribution between the slag and the matte. This gap also requires additional research and expansion of the boundaries of the study of the distribution of associated metals between matte and slag, the behavior of which during melting, due to their increased content in the feedstock, has a significant impact on the technological parameters of the process as a whole.

¹Biswas A.K., Davenport W.G. *Extractive metallurgy of copper*. – New York: Pergamon Press, 2003.

²Coursol P., Valencia N.C., Mackey Ph., Bell S., and Davis B. *Minimization of Copper Losses in Copper Smelting Slag During Electric Furnace Treatment*. – JOM, 2012, September.

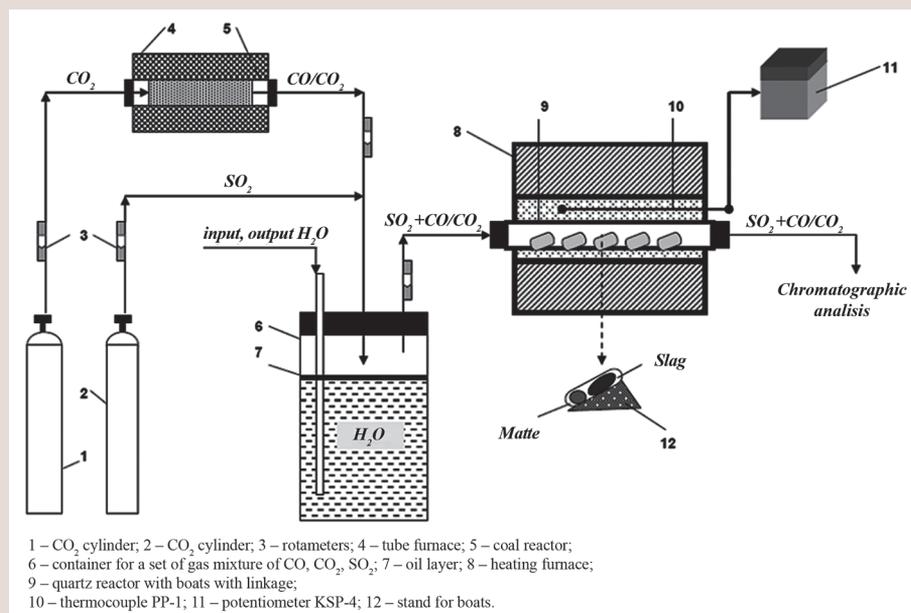


Figure 1. General scheme of dynamic gas flow method to study the equilibrium of the matte-slag-gas phase system.

Сурет 1. Штейн-шлак-газ фазасы жүйесінің тепе-теңдігін зерттеуге арналған динамикалық газ ағымы әдісінің жалпы сұлбасы.

Рис. 1. Общая схема метода динамического газового потока для исследования равновесия системы штейн-шлак-газовая фаза.

Of particular relevance is the study of the phase equilibrium of the copper-lead matte-slag system, in relation to the reduction processes of lead raw materials on the matte, where the resulting matte contains high levels of lead, arsenic, antimony and other related metals. The absence in the technical literature of data on the study of this system under controlled values of P_{O_2} and P_{S_2} , in relation to the reduction smelting of copper-lead-containing raw materials, is of great practical interest and increases the need to study the behavior of related elements during melting. A number of data were obtained and highlighted by us in previous works, which presented in detail a new methodology for studying the copper-lead matte – iron-silicate slag – gas phase system [8]. The results on the distribution of copper, lead, arsenic, and antimony between the products of mine contractile smelting under reducing conditions were obtained and highlighted by us in previous works [9].

The aim of this work is to establish the regularities of the distribution of copper, lead, arsenic and antimony between matte and

slag and to study the effect of the composition of copper – lead matte on the behavior of metals under controlled values of partial pressure of oxygen (P_{O_2}) and sulfur (P_{S_2}).

Research methods

In work the installation which scheme is presented on figure 1.

The technique of the experiments is described in detail in [8]. The experiments were carried out at specified values of $P_{O_2} = 2.74 \times 10^{-4}$ Pa and $P_{S_2} = 1.45 \times 10^2$ Pa, the constancy of which was ensured by the supply of a pre-prepared gas mixture of composition, % volume: 17 SO_2 , 71 CO_2 and 12 CO . The flow rate of the gas mixture is 1 l/h during the whole experiment, the composition of the gas mixture at the inlet and outlet of the reactor was continuously monitored using a chromatograph. The constancy of the composition of the gas mixture at the inlet and outlet of the reactor determined the achievement of phase equilibrium in the slag – copper-lead matte system. At the end of the experiment, samples of melting products (slag, matte) after their separation were subjected to elemental analysis and mineralogical studies.

Elemental and phase analysis of matte and slag samples was performed

using a «Helling» mass spectrometer at room temperature and an Agilent 7700 Series ICP-MS inductively coupled plasma mass spectrometer. Mineralogical studies of the surface structure of solid air-hardened slag samples were carried out using the electron microprobe MS-46 CAMECA and microscope Neofot (Carl Zeiss AG, Germany).

Experiments were carried out with copper-lead matte, which was prepared by mixing pure sulfides of copper, lead and iron at the rate of obtaining the amount of copper and lead content in the initial matte 30, 40, 50, 60, 70, and 80% mass. The selected compositions of the original matte completely cover the area of their compositions obtained in practice. The composition of iron silicate slag in all experiments was constant and contained, % weight: 65.46 FeO ; 30.8 SiO_2 ; 3.74 Fe_3O_4 . Iron silicate slag was prepared using chemically pure iron oxalate ($Fe_2C_2O_4 \times 2H_2O$) and finely ground quartz. The sample of matte and slag was constant and amounted to 3 g and 6 g, respectively. 2% of metallic arsenic and antimony (H.C. Brand) from the weight of the original matte were added to all matte. The temperature of the experiments – 1523 K.

Results and discussion

The conditions of the experiments and the results of the studies are given in table 1.

The traditional analysis of the distribution of copper between copper matte and slag, basically, is a standard problem, which is reduced to the construction of the dependence of the distribution of metal on the composition of matte and slag. In this case, as the main parameter of the matte composition affecting the distribution of the metal, the content of copper in it is taken. This approach provides accurate measurements only when it comes to the study of equilibrium with pure copper matte with a minimum amount of impurities. In our opinion, for the analysis of the behavior of metals in metallurgical processes, as the main indicator of the composition of matte, the most preferable is the content of iron in matte. This approach is of fundamental importance for the study of the equilibrium

of the copper-lead matte-slag-gas phase. This is due to a number of reasons. First, copper-lead matte contains an increased amount of related elements, such as lead, zinc, arsenic and antimony, which dilute the copper in the matte. Secondly, the content of iron in matte indicates the degree of oxidation and its translation

into slag in the form of fayalite. Third, the iron content of matte is an indicator of the oxygen potential (P_{O_2}), which determines the conditions for the reduction of iron ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$) and controls the loss of copper and lead with slag. A sufficiently high correlation between the content of copper and associated metals-impurities-lead, arsenic and antimony in the slag and the content of iron in matte (figure 2) well argues the chosen approach.

to slag from copper matte. This allows a comparative analysis of the results on the solubility of copper from copper and copper-lead matte to slag.

The equilibrium of the $Cu-Fe-S-O$ system in a wide range of changes in the matte compositions of interest for copper smelting at a controlled potential of sulfur (P_{S_2}) and oxygen (P_{O_2}) was studied in [10]. For figure 3 it is seen that at a constant temperature (1523 K) and a fixed value of $P_{S_2} = 10^{-2}$ atm. and a total pressure of 1 atm., the oxidation state of matte is determined by the oxygen potential.

The connection established by the authors [11] between P_{O_2} and the composition and phases present in the $FeO-SiO_2$ system at 1523 K indicates a relatively narrow range of changes in the slag composition and oxygen potential (figure 4).

As the oxygen potential increases, the iron in the liquid slag is oxidized to a trivalent state until saturated with magnetite ($FeO \times Fe_2O_3$). This indicates that under conditions of saturation of the slag with silica (up to 30%), iron silicate slag is highly sensitive to the oxygen potential and the content of trivalent iron present in it. Consequently, the content of Fe^{3+} in the slag is the main indicator affecting the change in the composition and oxygen potential of the slag system.

To determine the quantitative ratios of Fe^{2+} and Fe^{3+} , we conducted a

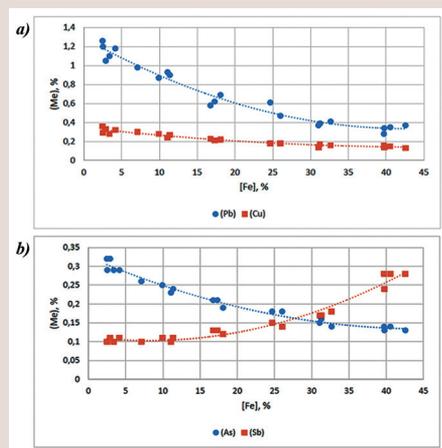


Figure 2. Dependence of copper, lead, arsenic and antimony content in slags from the iron content in matte.

Сурет 2. Шлактағы мыс, қорғасын, мышьяк пен сурьма мөлшерінің штейндегі темір құрамына тәуелділігі.

Рис. 2. Зависимость содержания меди, свинца, мышьяка и сурьмы в шлаках от содержания железа в штейне.

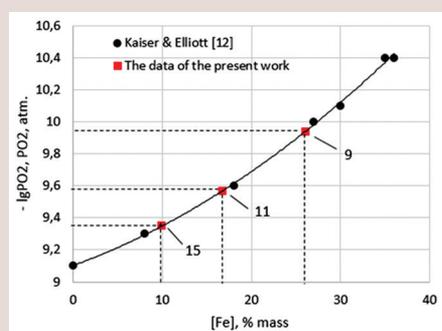


Figure 3. Connection between oxygen partial pressure and the iron content in matte at $T = 1523$ K.

Сурет 3. $T = 1523$ К кезінде оттегінің парциалды қысымы мен штейндегі темірдің құрамы арасындағы байланыс.

Рис. 3. Связь между парциальным давлением кислорода и содержанием железа в штейне при $T = 1523$ К.

Dependences of copper and lead content in slags on iron content in matte, presented in figure 2a, show the General nature of the course of the curves: with increasing iron content in the matte content of copper and lead in the slag decreases. In the range of change of iron content in matte from 3 to 43% the absolute reduction of copper content is much lower ($\sim 0.2\%$) than for lead – 0.9%, which indicates the predominant influence of iron content in matte on lead losses with slag. The patterns established for arsenic and antimony are somewhat different (figure 2b): by increasing the iron content in the matte, the arsenic content in the slag decreases, while for antimony, its content in the slag increases. Moreover, in the region of low iron content in matte (from 3 to 18%), the antimony content in the slag practically does not change and remains at the same level – 0.1%.

For figure 2 it can be seen that the dependence of the content of lead, arsenic and antimony in the slag on the content of iron in matte are pronounced than for copper. This indicates the predominant influence of oxygen potential, closely related to the change in the oxidation state of the system (Fe^{3+}/Fe^{2+}), on the General mechanism of solubility of lead, arsenic and antimony from copper-lead matte to slag. The obtained results are in good agreement with the data of [7] and extend the boundaries of interpretation of the mechanism of solubility of Cu , Pb , As and Sb from copper-lead matte to slag in terms of the effect of iron content in matte.

Analysis of the results on the solubility of copper from copper-lead matte to slag shows that the character of the curve describes a course identical with the solubility of copper

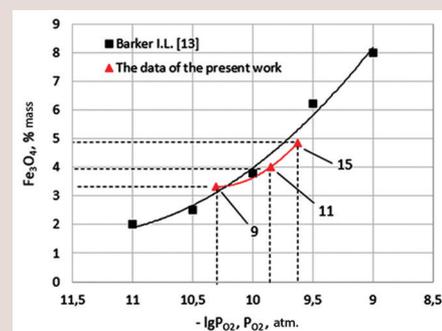


Figure 4. Connection between magnetite content in slag and oxygen partial pressure at $T = 1523$ K.

Сурет 4. $T = 1523$ К кезіндегі шлактағы магнетит пен оттегінің парциалды қысымының арасындағы байланыс.

Рис. 4. Связь между содержанием магнетита в шлаке и парциального давления кислорода при $T = 1523$ К.

Table 1

Results of the study of the equilibrium of the system copper-lead matte-slag-gas phase at controlled values $P_{O_2} = 2,74 \times 10^{-4}$ Pa and $P_{S_2} = 1,45 \times 10^2$ Pa

Кесте 1

Тұрақты $P_{O_2} = 2,74 \times 10^{-4}$ Па және $P_{S_2} = 1,45 \times 10^2$ Па жағдайында мыс-қорғасын итейні-шлак-газ фазасы жүйесінің тепе-теңдігін зерттеу нәтижелер

Таблица 1

Результаты исследования равновесия системы медь-свинец итейн-шлак-газовая фаза при контролируемых значениях $P_{O_2} = 2,74 \times 10^{-4}$ Па и $P_{S_2} = 1,45 \times 10^2$ Па

The composition of the initial matte, %		The Me contents in the matte, % mass					The Me contents in the slag, % mass					
[Cu]	[Pb]	[Cu]	[Pb]	[Fe]	[As]	[Sb]	(Cu)	(Pb)	(As)	(Sb)	(FeO)	(SiO ₂)
5	25	4.37	23.08	42.57	0.21	1.01	0.13	0.37	0.13	0.28	58.93	28.43
10	20	11.2	19.4	39.75	0.22	0.89	0.14	0.34	0.13	0.24	64.03	28.31
15	15	16.3	13.72	39.70	0.36	1.00	0.16	0.28	0.14	0.28	59.23	27.84
20	10	19.04	9.5	40.55	0.35	1.01	0.15	0.35	0.14	0.28	63.16	28.29
20	20	22.71	18.31	31.27	0.51	0.62	0.17	0.39	0.16	0.17	63.33	27.74
25	15	24.9	13.85	32.66	0.53	0.62	0.16	0.41	0.14	0.18	64.2	27.89
30	10	31.62	8.67	31.05	0.41	0.63	0.16	0.37	0.15	0.17	59.87	29.1
25	25	26.32	23.45	24.67	0.61	0.48	0.18	0.61	0.18	0.15	65.36	28.7
30	20	28.4	19.21	26.02	0.58	0.49	0.18	0.47	0.18	0.14	64.29	27.4
30	30	29.87	28.63	18.08	0.73	0.42	0.22	0.69	0.19	0.12	63.83	28.05
35	25	36.42	23.17	16.75	0.86	0.4	0.23	0.58	0.21	0.13	64.02	27.97
40	20	39.07	19.42	17.31	0.9	0.37	0.21	0.62	0.21	0.13	60.73	29.54
35	35	34.8	32.86	11.08	1.01	0.34	0.24	0.93	0.23	0.1	57.9	28.78
40	30	38.1	28.57	11.37	1.1	0.34	0.27	0.9	0.24	0.11	62.87	27.97
45	25	44.8	23.18	9.92	1.18	0.39	0.28	0.87	0.25	0.11	66.2	29.45
50	25	48.74	22.8	7.1	1.16	0.35	0.3	0.98	0.26	0.1	61.83	28.64
55	20	56.09	18.62	4.16	1.37	0.38	0.32	1.18	0.29	0.11	65.73	27.13
60	15	62.3	13.47	2.9	1.46	0.35	0.33	1.05	0.32	0.11	62.87	28.05
45	35	44.8	33.75	2.47	1.31	0.32	0.36	1.26	0.32	0.1	63.16	29.12
50	30	48.72	27.92	3.39	1.23	0.32	0.34	1.1	0.29	0.1	62.49	29.47
60	20	59.47	17.09	2.52	1.47	0.38	0.32	1.2	0.29	0.1	61.92	28.97

comprehensive study of the compositions of selective slag samples (№9, №11, №15, table 1), characteristic compositions of copper-lead matte mine contractile melting, chemical methods, phase analysis and mineralogical studies.

Chemical analysis was used to determine the total (Fe_{total}) and bivalent (Fe^{2+}) iron content in slags. According to the results of the data obtained, the content of trivalent iron (Fe^{3+}) in the slag was calculated by the difference: $Fe^{3+} = Fe_{total} - Fe^{2+}$. The results of phase analysis and mineralogical studies showed good convergence with each other and with the data of the chemical method of analysis (table 2). Using the results on the content of Fe^{2+} and Fe^{3+} in the slag and the equation [12]: $lg(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0,196 \times lgPO_2 + 0,722$,

the oxygen potential values are calculated, which are summarized in table 2.

The good convergence of the results of this work with the data [10, 11] confirms the above argument about the General nature of the mechanism of solubility of copper from both copper and copper-lead matte to slag.

Cu, Pb, As and Sb distribution between matte and slag

The coefficients of distribution of metals between matte and slag (L_{Me}) were calculated based on the expression:

$$L_{Me} = [Me]/(Me), \quad (1)$$

where: $[Me]$, (Me) – metal content in matte and slag, respectively.

The dependence of the distribution coefficient Cu , Pb , As and Sb between matte and slag on the composition of matte is shown in figure 5.

In the reduction conditions of experiments, the dissolved losses of copper with slag, depending on the growth of the iron content in the matte, are reduced to slightly minimal limits (figure 2). The difference in the content of copper in the matte and slag is so significant that the value of the distribution coefficient of copper (L_{Cu}) is mainly determined by its content in the matte. This characterizes the high values of the distribution coefficient of copper. With a decrease in the copper content in matte due to an increase in the iron content in it, a decrease in the copper distribution coefficient should be expected, which is observed in figure 5.

Given the drastic decrease in lead content in slag with an increase in iron

Table 2

The results of the form of iron in slag

Кесте 2

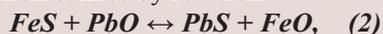
Шлактағы темірдің түп түзілу нәтижелері

Таблица 2

Результаты формы нахождения железа в шлаках

The number of slag	Iron in matte, % mass	-lgP _{O₂} , P _{O₂} , atm.	Chemical analysis of slag, % mass				-lgP _{O₂} , P _{O₂} , atm. (calculation)	Mineralogical studies		Data of work
			Fe _{total}	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Fe ₃ O ₄		FeO	Fe ₃ O ₄	Fe ₃ O ₄
1	26.02	9.9	50.0	47.6	2.4	3.3	10.30	59.8	3.6	3.1
2	16.75	9.58	49.8	46.9	2.9	4.0	9.85	62.4	3.8	4.5
3	9.92	9.38	54.7	51.2	3.5	4.8	9.63	64.3	4.7	5.1

content in matte on the one hand and the decrease in lead sulfide content in matte with its replacement with lead sulfide on the other, it would be expected to reduce the distribution coefficient of lead depending on the content of iron in matte. However, as shown in figure 5, lead distribution coefficient (L_{Pb}) increases with increasing iron content in matte. The established regularity does not contradict the theory: the oxide formed as a result of oxidation of lead sulfide, interacting with iron sulfide by reaction:



will promote the formation of lead sulfide, thereby increasing its content in matte. At the initial moment, under conditions of high iron content in the matte, the course of the reaction (2) is strongly shifted to the right side. The formation of lead sulfide leads to an increase in the content of lead sulfide in the matte and a decrease in dissolved losses of lead with slag. Consequently, the coefficient of distribution of lead with increasing iron content in matte will grow.

The dependence of the distribution coefficient of arsenic (L_{As}) and antimony (L_{Sb}) shows a contradictory character: with an increase in the content of iron in the matte, L_{As} falls, while the change in L_{Sb} shows an upward trend (figure 5). With an increase in the iron content in the matte, the oxygen potential of the system increases, which leads to the oxidation of arsenic and antimony with their further transfer to slag. At the same time, in the case of arsenic, with an increase in the iron content in the matte, its content decreases both in the matte and in the slag, which

leads to a decrease in its distribution coefficient. For antimony, this approach is unacceptable, due to its transition to slag in the form of a free metal and partial oxidation. Reducing the antimony content in matte on the one hand, and concentrating it in slag on the other, leads to an increase in L_{Sb} from the iron content in matte. The established dependences are of fundamental importance for the practice in order to select and optimize the composition of matte, providing maximum extraction of arsenic and antimony in the gas phase.

Figure 6 shows results of the extraction of arsenic and antimony into smelting products depending on the iron content in the matte are

presented. It is easy to see that in the reducing conditions of melting elimination of antimony in the gas phase is very difficult.

Summary

The connection between the iron content in the matte and the oxygen potential, which allows to determine the magnetite content in the slag depending on the oxidation state of the matte, is established. It is shown that the most sensitive characteristic determining the loss of copper, lead, arsenic and antimony in the slag is the content of magnetite.

The dependences of the distribution of copper, lead, arsenic and antimony on the content of iron in matte under reducing conditions

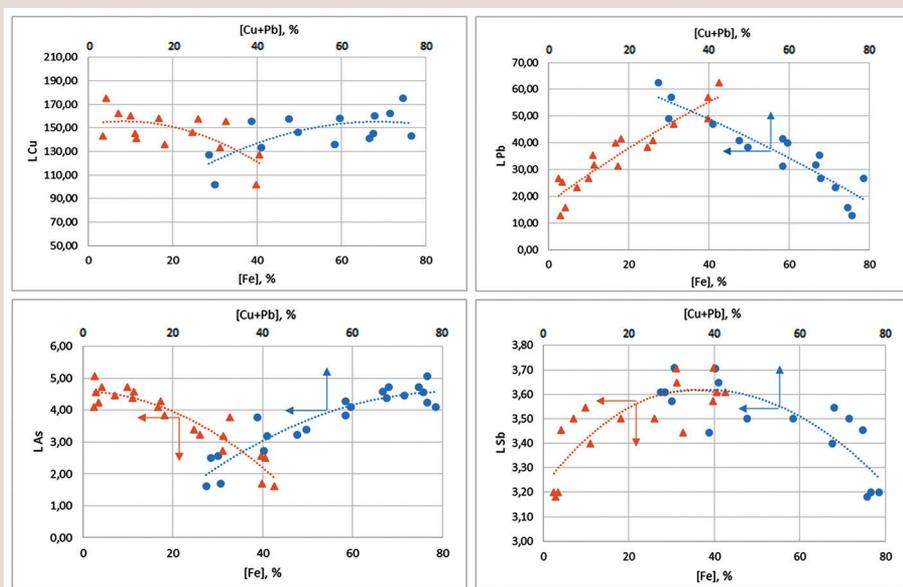


Figure 5. Dependence of distribution coefficient Cu, Pb, As and Sb from the composition of matte at T = 1523 K.

Сурет 5. T = 1523 К кезінде Cu, Pb, As және Sb-ның бөлініп таралу коэффициенттерінің штейн құрамынан тәуелділігі.

Рис. 5. Зависимость коэффициентов распределения Cu, Pb, As и Sb от состава штейна при T = 1523 К.

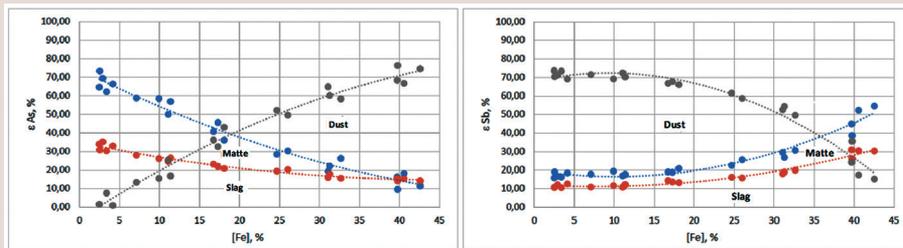


Figure 6. Dependence of arsenic and antimony extraction in melting products from iron content in matte.

Сурет 6. Балқыту өнімдеріндегі мышьяк пен сурьма шығымының штейндегі темірдің мөлшерінен тәуелділігі.

Рис. 6. Зависимость извлечения мышьяка и сурьмы в продуктах плавки от содержания железа в штейне.

($P_{O_2} = 10^{-9}-10^{-10}$ atm.). It is shown that under reducing conditions the distribution coefficients of copper and arsenic decrease with increasing iron content in matte. Similar dependences for lead and antimony are characterized by the opposite character: with increasing iron content in matte, their distribution coefficients grow.

It was found that in reducing conditions to achieve maximum elimination of arsenic and antimony in the gas phase is very difficult.

REFERENCES

1. Jalkanen H., Vehvilainen J. and Poijarvi J. Copper in solidified copper smelting slags. // *Scandinavian Journal of Metallurgy*. – 2003. – №32. – P. 65-70.
2. Demetrio S., Ahumada J., Duran M.A. et al. Slag Cleaning: The Chilean Copper Smelter Experience. // *JOM*. – 2000, August. – P. 20-25.
3. Mihajlovic I., Sitrbac N., Dordevic P., Ivanovic A. and Zivkovic Z. Technological process modeling aiming to improve its operations management. // *Serbian Journal of Management*. – 2011. – №6. – P. 135-144.
4. Tavera F.J., Davenport W.G. Equilibrations of Copper Matte and Fayalite Under Controlled Partial Pressures of SO_2 Slag. // *Metallurgical Transactions*. – 1979. – Vol. 10. – P. 237-241.
5. Swinbourne D.R. and Kho T.S. Computational Thermodynamics Modeling of Minor Element Distributions during Copper Flash Converting. // *Metallurgical and materials Transactions*. – 2012. – Vol. 43B. – P. 823-829.
6. Chen Ch., Zhang L. and Jahanshahi Sh. Thermodynamic Modeling of Arsenic in Copper Smelting Processes. // *Metallurgical and Materials Transactions*. – 2010. – Vol. 41. – P. 1175-1185.
7. Predrag Djordjevic P., Mitevska N., Mihajlovic I. et al. Effect of the slag basicity on the coefficient of distribution between copper matte and the slag for certain metals. // *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. – 2014. – №35. – P. 202-207.
8. Dosmukhamedov N.K., Zholdasbay E.E. Dynamic method of gas flow $CO-CO_2-SO_2$ for the study of the equilibrium of the Stein-slag system. // *Mining journal of Kazakhstan*. – Almaty, 2019. – №6. – P. 41-46.
9. Dosmukhamedov N., Kaplan V. Efficient Removal of Arsenic and Antimony During Blast Furnace Smelting of Lead-Containing Materials. // *JOM*. – 2017. – Vol. 69. – №2. – P. 381-387.
10. Kaiser D.L., Elliott J.F. Solubility of oxygen and sulfur in copper-iron mattes. // *Metallurgical Transactions*. – 1986. – Vol. 17. – P. 147-157.
11. Barker I.L., Jacobi J.S., and Wadia B.H. Some Notes on Oroya Copper Slags. // *J. Met.* – 1957. – №8. – P. 774-780.
12. Mantsevich N.M., Razumovskaya N.N. Messbauer study of forms of finding iron in slags. // *Non-Ferrous metals*. – Moscow, 1992. – №12. – P. 15-19.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Jalkanen H., Vehvilainen J. and Poijarvi J. Қатайған мыс балқыту шлактарындағы мыс. // *Скандинавиялық металлургия журналы*. – 2003. – №32. – Б. 65-70.
2. Demetrio S., Ahumada J., Duran M.A. басқалар. Шлақты кедейлендіру: Чили мыс балқыту зауытының тәжірибесі. // *JOM*. – 2000, Тамыз. – Б. 20-25.
3. Mihajlovic I., Sitrbac N., Dordevic P., Ivanovic A., Zivkovic Z. Технологиялық үрдістерді басқаруды жетілдіру мақсатында модельдеу. // *Серб менеджмент журналы*. – 2011. – №6. – Б. 135-144.
4. Tavera F.J., Davenport W.G. Шлактағы SO_2 парциалды қысымы тұрақты кезінде мыс штейні және фаялиттің тепе теңдігі. // *Металлургиялық үрдістер*. – 1979. – Шығ. 10. – Б. 237-241.
5. Swinbourne D.R., Kho T.S. Мысты оттық тазалау кезінде қоспа металдардың бөлініп таралуын есептік-термодинамикалық болжау. // *Металлургия мен материалтанудағы процесстер*. – 2012. – №43B. – Б. 823-829.
6. Chen Ch., Zhang L. and Jahanshahi Sh. Мыс балқыту үрдістеріндегі мышьяқты термодинамикалық моделдеу. // *Металлургия және материалдар*. – 2010. – Т. 41. – Б. 1175-1185.
7. Predrag Djordjevic P., Mitevska N., Mihajlovic I. және басқалары. Қоспа металдардың штейн мен шлак арасында бөлініп таралуына шлак негізділігінің әсері. // *Пайдалы қазбаларды байыту және өндіруші металлургия*. – 2014. – №35. – Б. 202-207.
8. Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е. Штейн-шлак жүйесінің тепе-теңдігін зерттеуге арналған $CO-CO_2-SO_2$ газ ағыны динамикалық әдісі. // *Қазақстан кен жірналғы*. – Алматы, 2019. – №6. – Б. 41-46.
9. Досмухамедов Н., Каплан В. Қорғасын құрамды материалдарды шахталық балқыту кезінде мышьяк пен сурьманы тиімді ұшыру. // *JOM*. – 2017. – Том 69. – №2. – Б. 381-387.
10. Kaiser D.L., Elliott J.F. Мыс-темірлі штейндердегі оттегі мен күкірттің ерігіштігі. // *Металлургиялық үрдістер*. – 1986. – №17. – Б. 147-157.

11. *Barker I.L., Jacobi J.S., Wadia B.H. Кейбір жазбалар туралы Оройа мыс шлактарды. // J. Met. – 1957. – №8. – Б. 774-780.*
12. *Манцевич Н.М., Разумовская Н.Н. Шлактардағы темірдің табылу түрлерін Мессбауэровскийлық зерттеулері. // Түсті металдар. – М., 1992. – №12. – Б. 15-19.*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Jalkanen H., Vehvilainen J. and Poijarvi J. Медь в затвердевших медных плавильных шлаках. // Скандинавский металлургический журнал. – 2003. – №32. – Р. 65-70.*
2. *Demetrio S., Ahumada J., Duran M.A. и др. Очистка шлака: опыт чилийского медеплавильного завода. // JOM. – 2000, август. – С. 20-25.*
3. *Mihajlovic, I., Sitrbac, N., Dordevic P., Ivanovic, A., and Zivkovic Z. Технологический процесс моделирования, направленный на улучшение управления его операциями. // Сербский журнал менеджмента. – 2011. – №6. – С. 135-144.*
4. *Tavera F.J., Davenport W.G. Равновесие медного штейна и фаялита при контролируемых парциальных давлениях SO_2 в шлаках. // Металлургические операции. – 1979. – Вып. 10. – С. 237-241.*
5. *Swinbourne D.R. and Kho T.S. Расчетно-термодинамическое моделирование распределений примесей при огневом рафинировании меди. // Процессы в металлургии и материаловедении. – 2012. – Вып. 43В. – С. 823-829.*
6. *Chen Ch., Zhang L. and Jahanshahi Sh. Термодинамическое моделирование мышьяка в процессах выплавки меди. // Металлургия и материалы. – 2010. – Том 41. – С. 1175-1185.*
7. *Predrag Djordjevic P., Mitevska N., Mihajlovic I. и др. Влияние основности шлака на коэффициент распределения между медным штейном и шлаком для металлов примесей. // Обогащение полезных ископаемых и добывающая металлургия. – 2014. – №35. – С. 202-207.*
8. *Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е. Динамический метод газового потока $CO-CO_2-SO_2$ для исследования равновесия системы штейн-шлак. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2019. – №6. – С. 41-46.*
9. *Досмухамедов Н., Каплан В. Эффективное удаление мышьяка и сурьмы при шахтной плавке свинецсодержащих материалов. // JOM. – 2017. – Т. 69. – №2. – С. 381-387.*
10. *Kaiser D.L., Elliott J.F. Растворимость кислорода и серы в медно-железных штейнах. // Металлургические операции. – 1986. – Т. 17. – Т. 147-157.*
11. *Barker I.L., Jacobi J.S., and Wadia B.H. Некоторые заметки о медных шлаках Оройа. // J. Met. – 1957. – №8. – С. 774-780.*
12. *Манцевич Н.М., Разумовская Н.Н. Мессбауэровское исследование форм нахождения железа в шлаках. // Цветные металлы. – М., 1992. – №12. – С. 15-19.*

Сведения об авторах:

Досмухамедов Н.К., канд. техн. наук, профессор, ассоциированный профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), nurdos@bk.ru

Жолдасбай Е.Е., магистр техн. наук, докторант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), zhte@mail.ru

Курмансейтов М.Б., магистр техн. наук, докторант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), murat.kmb@mail.ru

Аргын А.А., магистр техн. наук, докторант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), aidar.argyn@solvay.com

Авторлар туралы мәлімет:

Досмухамедов Н.К., техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» – Satbayev University «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан), nurdos@bk.ru

Жолдасбай Е.Е., техника магистрі, Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» – Satbayev University «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы докторанты (Алматы қ., Қазақстан), zhte@mail.ru

Курмансейтов М.Б., техника магистрі, Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» – Satbayev University «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы докторанты (Алматы қ., Қазақстан), murat.kmb@mail.ru

Аргын А.А., техника магистрі, Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» – Satbayev University «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы докторанты (Алматы қ., Қазақстан), aidar.argyn@solvay.com

Information about the authors:

Dosmukhamedov N.K., PhD, Professor, Associate Professor of the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satpayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), nurdos@bk.ru

Zholdasbay E.E., Master Degree, Doctoral Student of the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satpayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), zhte@mail.ru

Kurmanseytov M.B., Master Degree, Doctoral Student of the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satpayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), murat.kmb@mail.ru

Argyn A.A., Master Degree, Doctoral Student of the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satpayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), aidar.argyn@solvay.com

Доклад был представлен в рамках Международной конференции и выставки TECH MINING RUSSIA «Новые технологии добычи полезных ископаемых» (г. Москва, 5-6 декабря 2019 г.).

Код МРНТИ 52.01.77:52.13.31

Ю.И. Волков¹, А.М. Маликов²

¹Открытое акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных сооружений от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу» (г. Белгород, Россия),
²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (г. Белгород, Россия)

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ОСУШЕНИЯ ГОРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. При разработке обводненного месторождения необходимо проводить его осушение как во время строительства карьера, так и в период эксплуатации. В докладе показаны модели на основе цифровых технологий по фильтрации и массопереносу в подземных водах на горных предприятиях. Показан современный уровень подхода к решению сложных задач по созданию моделей с учетом изучения природной и техногенной обстановки в пределах обрабатываемых месторождений полезных ископаемых при проведении маршрутных гидрогеологических обследований, тепловизионной съемки, поинтервальных опытно-фильтрационных работ с целью определения параметров водоносных слоев с последующим построением цифровых моделей района, что позволяет в дальнейшем создать наиболее эффективные проектные решения по защите от обводнения горных объектов.

Ключевые слова: гидрогеологическое обследование, водоносный горизонт, система осушения, горное предприятие, дренажная скважина, тепловизионная съемка, опытно-фильтрационные работы, гидродинамическая балансовая схема потока подземных вод, численная геофильтрационная модель, проект.

Тау-кен объектілерін құрғату жүйелерін әзірлеу кезіндегі сандық технологиялар

Андатпа. Суланған кен орнын игеру кезінде оны Карьер салу кезінде де, пайдалану кезеңінде де құрғату қажет. Баяндамада тау-кен кәсіпорындарындағы жер асты суларындағы массоперенос және сузу бойынша сандық технологиялар негізіндегі үлгілер көрсетілген. Маршруттық гидрогеологиялық зерттеулерді, тепловизиялық түсіруді, кейіннен ауданның цифрлық үлгілерін құра отырып, сулы қабаттардың параметрлерін анықтау мақсатында интертервалды тәжірибелік-сузу жұмыстарын жүргізу кезінде пайдалы қазбалардың өңделетін кен орындары шегінде табиғи және техногендік жағдайды зерделеуді ескере отырып, үлгілерді жасау бойынша күрделі міндеттерді шешуге қазіргі заманғы тәсілдің деңгейі көрсетілді, бұл одан әрі тау-кен объектілерін суландырудан қорғау бойынша неғұрлым тиімді жобалық шешімдер жасауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: гидрогеологиялық зерттеу, сулы деңгейжиек, құрғату жүйесі, тау-кен кәсіпорны, дренаж ұңғымасы, тепловизионды түсіру, тәжірибелік-сузу жұмыстары, жер асты сулары ағынының гидродинамикалық теңгерімдік схемасы, сандық геофильтрациялық модель, жоба.

Digital technologies in the development of drainage systems for mountain objects

Abstract. When developing a watered field, it must be drained both during the construction of the quarry and during operation. The report presents samples based on digital technologies for mass transfer and filtration in underground waters of mining enterprises. When conducting route hydrogeological studies, thermal imaging, and interval experimental filtration works to determine the parameters of aquifers with the subsequent creation of digital samples of the area, the level of modern approach to solving complex problems of creating samples is shown, taking into account the study of the natural and man-made situation within the developed mineral deposits, which will further develop the most effective design solutions for protecting mountain objects from flooding.

Key words: hydrogeological survey, aquifer, drainage system, mining enterprise, drainage well, thermal imaging, experimental filtration works, hydrodynamic balance scheme of groundwater flow, numerical geofiltration model, project.

Разработка систем осушения действующих и проектируемых горнодобывающих предприятий является традиционным направлением деятельности института ВИОГЕМ. С конца 50-х годов прошлого века институт занимается созданием систем защиты от подземных вод месторождений полезных ископаемых, залегающих в сложных гидрогеологических условиях. Объекты, которые находились в сфере деятельности ВИОГЕМ в различные годы, располагались в ближнем и дальнем зарубежье, а также в Европейской части России, Урала, Сибири и Дальнего Востока. Разработанная в институте методология гидрогеологического обоснования осушения месторождений основана на комплексном подходе с использованием на конечной стадии достижений цифровых технологий моделирования и создания оптимальных технических решений по защите горных выработок от обводнения и минимизации воздействия на окружающую среду.

Основными факторами формирования притоков подземных вод к горным выработкам являются особенности геолого-гидрогеологического строения массива месторождения, наличие рыхлых и скальных

пород с различными фильтрационными свойствами, природных и техногенных водоемов и водотоков, отвалов горных пород, развитие зон дезинтеграции пород и тектонических разломов, мерзлота, выпадение атмосферных осадков и т. д.

В процессе обследования на начальном этапе решаются следующие задачи:

- выполнение маршрутного гидрогеологического обследования;
- производство тепловизионной съемки бортов карьера;
- построение гидродинамической балансовой схемы потока подземных вод.

Обследование выполняется маршрутами с использованием инфракрасной тепловизионной, аэро- и фото-съемки, фиксации и замеров выходов подземных вод в полевом журнале и на плане горных работ.

Наблюдения за водопритоками включают в себя:

- замер расхода высачивания воды в горных выработках;
- замер расхода воды в дренажных канавах и водоотводах.

Замеры расхода воды производятся с помощью микрокомпьютерного расходомера-скоростемера (МКРС).



Рис. 1. Сосредоточенный выход воды в трещиноватых скальных породах на борту карьера.
Сурет 1. Карьердің бортында жарылған жартасты жыныстарда судың шоғырланған шығуы.
Fig. 1. Concentrated water output in fractured rocks on board the quarry.

При незначительных расходах высачиваемых вод, если измерение скорости водного потока с помощью расходомера-скоростемера невозможно, дебит определяется другими общеизвестными методами (объемный, поплавковый, с помощью водосливов). Расходы источников могут быть от незначительных высачиваний до сосредоточенных выходов в виде водопада (рис. 1). С помощью электронного термометра и тепловизора производятся замеры температуры высачиваемых вод.

Камеральная обработка материала по результатам полевых работ включает построение карты фактического материала по результатам обследования с указанием маршрутов съемки, создание тепловизионных снимков пород с оконтуриванием водопроявлений.

На карту фактического материала наносятся маршрут обследования, водопроявления и их расходы, указывается дебит действующих дренажных устройств на внешнем

и внутреннем дренажных контурах. В период картирования фактических выходов воды выполняется тепловизионная съемка. При выполнении тепловизионной съемки слой атмосферы, через который ведется наблюдение, не должен сильно рассеивать и ослаблять этот сигнал. Во время съемки оператор ориентирует сканирующее устройство в направлении снимаемого участка горной выработки. Компьютерная обработка результатов инфракрасной съемки позволяет получить цветной снимок. Основопологающим критерием при диагностическом обследовании является разница температур воды, выходящей, например, на борт карьера и окружающих пород.

Тепловизионный метод контроля позволяет оценить обводненность участков в труднодоступных местах, где другие методы неприменимы. По результатам инфракрасной съемки создаются панорамные тепловизионные снимки участков бортов карьера с выделением наиболее обводненных зон, которые позволяют в комплексе с визуальным обследованием достоверно оценить гидродинамическую ситуацию, сложившуюся в карьере (рис. 2).

По результатам гидрогеологического обследования оценивается общий баланс подземных вод, притекающих к карьере: производительность системы осушения на внешнем и внутреннем дренажных контурах, «проскок» подземных вод в горную выработку, производительность дренажных устройств, приток поверхностных вод на площади водосбора горного объекта, а также строится карта гидродинамической структуры потока подземных вод (гидродинамическая балансовая схема) на территории горного предприятия и определяются притоки подземных вод по отдельным выделенным лентам тока¹ (рис. 3).

На следующем этапе с учетом полученной информации намечаются точки заложения скважин на обводненных участках для проведения опытно-фильтрационных работ (пакерные испытания) с целью определения гидрогеологических параметров водоносных слоев (коэффициент фильтрации, водопроницаемость, водоотдача), влияющих на обводнение горных выработок².

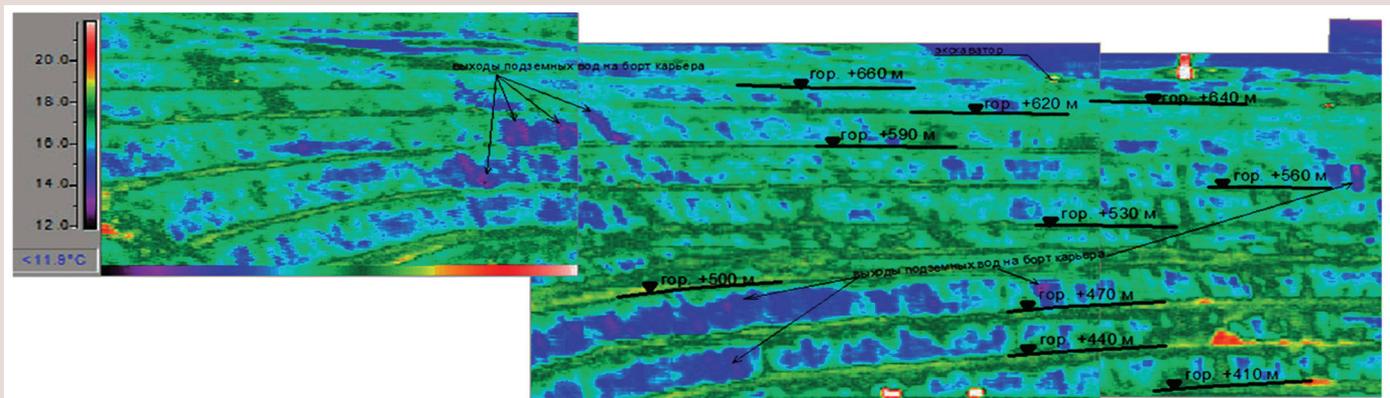


Рис. 2. Панорамный тепловизионный снимок участка борта карьера.
Сурет 2. Карьер бортындағы панорамалық тепловизиялық сурет.
Fig. 2. Panoramic thermal image of the quarry side section.

¹Отчет по работе «Разработка гидрогеологической модели Ковдорского месторождения магнетитовых и апатитовых руд и прилегающей территории при его доразведке до абсолютной отметки минус 660 м в 2007-2011 гг.». – Белгород, 2011.

²Отчет о работе «Оценка влияния гидрогеологических факторов для достоверности прогноза рисков обрушений уступов бортов. Этап 2: имитационное моделирование, прогноз положения уровня подземных вод в прибортовом массиве и выходов подземных вод на борт карьера в соответствии с планами развития горных работ и на предельном контуре карьера», 2018.

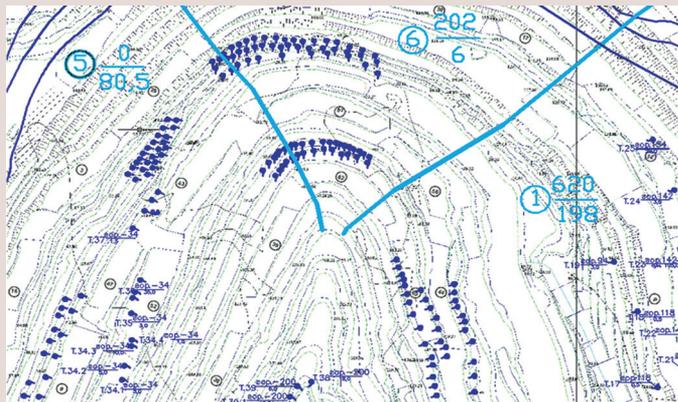


Рис. 3. Фрагмент карты гидродинамической структуры водоносного горизонта.
Сурет 3. Сулы горизонттың гидродинамикалық құрылымы картасының фрагменті.
Fig. 3. Fragment of the map of the hydrodynamic structure of the aquifer.



Рис. 4. Пакерный агрегат марки SWiPS.
Сурет 4. Бума агрегаты маркалы SWiPS.
Fig. 4. Packer unit brand Swims.

Пакерные испытания проводятся через бурильные трубы для бурения комплексом со съемным керноприемником, при этом бурильные трубы используются в качестве нагнетательных.

Гидрогеологические исследования выполнялись при помощи пакерного агрегата марки SWiPS (рис. 4) по методу Lugeon (Люжона), суть которого заключается в нагнетании воды с постоянным давлением, проводимом в части ствола скважины, изолированной пакерным агрегатом. Полученные результаты дают информацию о фильтрационных свойствах выделенных интервалов массива горных пород.

Исследования для оценки фильтрационных характеристик породного массива выполняются при различных напорах (ступенях). После получения первых результатов пакерных нагнетаний, предварительной оценки проницаемости породного массива, а также данных о характере протекания опытов, исследования в части длительности выполняются с учетом нормативной документации. Такой подход позволяет оценить проницаемость исследуемых пород, получить

характеристики протекания процесса нагнетания на его различных стадиях и соблюдать требования действующих документов при выполнении опытно-фильтрационных работ². Кроме того, схема исследований позволяет рационально использовать ресурсы буровых бригад и минимизировать время простоя оборудования. Общий принцип проведения нагнетания показан на рис. 5.

Снятие показаний осуществлялось с приборов портативного расходомера IPI (рис. 6).

В процессе полевых работ выполняется текущая камеральная обработка материалов, которая заключается в первичной обработке результатов гидрогеологических испытаний, предварительных расчетах коэффициентов фильтрации, сопоставлении текущих результатов с предыдущими исследованиями, определении интервалов испытаний. Окончательная интерпретация данных и гидрогеологических испытаний, а также их анализ выполняются после окончания полевых работ.

Полученные результаты определения проницаемости породного массива в увязке с геолого-структурными данными используются для разработки цифровой геофильтрационной модели месторождения, прогнозирования водопритоков в горные выработки по этапам отработки и прорабатываются варианты технических решений по снижению их обводнения³.



Рис. 5. Нагнетание с помощью одинарного пакера.
Сурет 5. Дара пакердің көмегімен айдау.
Fig. 5. Single packer injection.



Рис. 6. Портативный расходомер IPI.
Сурет 6. IPI портативті шығын өлшегіші.
Fig. 6. IPI Portable flowmeter.

³СНиП 2.06.14-85 «Защита горных выработок от поверхностных и подземных вод». – М.: Госстрой РФ, 2004.



Рис. 7. Схема геофильтрационной модели в аксонометрии, берег Баренцева моря.
Сурет 7. Аксонометриядағы геофильтрациялық модель схемасы, Баренцев теңізінің жағасы.
Fig. 7. Planned digital model based on CMS.

Моделирование в гидрогеологии – один из методов исследования динамики подземных вод, позволяющий выполнять конкретные расчеты фильтрации в сложной природной обстановке, когда применение других методов оказывается невозможным или приводит к весьма громоздким и трудоемким операциям.

Геофильтрационная модель основывается на создании по фактической информации цифровых моделей водоносных и водоупорных слоев, используя

коэффициенты фильтрации и водопроницаемости, отметки кровли и подошвы выделенных горизонтов, земной поверхности, данные по инфильтрации атмосферных осадков и испарения, по отметкам уровня воды в поверхностных водоемах и водотоках.

Создание численной геофильтрационной модели выполняется на базе комплексной программы **GMS – Groundwater Modeling System** (разработана в США Брикхемским институтом). Интерфейс **GMS** включает 11 модулей, комбинация которых позволяет вводить и адаптировать исходную геолого-гидрогеологическую информацию для построения цифровых гидрогеологических моделей любой сложности (табл. 1.).

Программа **GMS** содержит набор инструментальных средств трехмерной визуализации и постобработки моделей, включая анимацию, построение разрезов в различных направлениях, графиков изоповерхности и т. д.

Математически трехмерная фильтрация описывается уравнением в частных производных:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) \pm W = \eta \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (1)$$

где K_x, K_y, K_z – коэффициенты фильтрации пород по координатным осям x, y, z , м/сут.;

h – уровень (или напор) подземных вод, м;

W – расход, приведенный к единице объема и представляющий внешние источники поступления или отбора воды, 1/сут.;

η – коэффициент упругости породы, 1/м;

t – время, сут.

Таблица 1

Список модулей программы **GMS и их назначение**

Кесте 1

GMS бағдарламасының модульдері тізімі және олардың тағайындалуы

Table 1

List of **GMS** modules and their purpose

Модуль	Назначение
TIN	Моделирование поверхности с помощью триангуляционной нерегулярной сети (TINs). Отметки высот или другие значения, связанные с TINs, могут отображаться с помощью контуров. TINs используются для построения геологических моделей территории и трехмерной сетки конечных элементов.
Borehole	Визуализация и редактирование данных буровых скважин.
Solid	Для построения трехмерных геологических моделей. Создание разрезов по выбранным направлениям. Геологическая модель может быть использована для определения данных по мощности слоя.
2D Mesh	Для создания двумерной сетки конечных элементов. Модуль также содержит интерфейс SEEP2D.
2D Grid	Для создания и редактирования двумерных прямоугольных сеток. Модуль используется для визуализации поверхности и оконтуривания при интерполяции данных из модуля 2D Scatter Point. Данные из 2D Grid могут быть затем перенесены в численные модели, такие как Modflow.
2D Scatter Point	Инструмент двумерной геостатистики. Модуль используется для интерполяции из двумерного набора рассеянных отметок к другим типам объектов (таким, как сетки Mesh, Grid, TIN).
3D Mesh	Для создания и редактирования трехмерной сетки конечных элементов. Также содержит интерфейс FEMWATER и других программ.
3D Grid	Для создания трехмерных прямоугольных сеток. Сетки могут использоваться для трехмерной интерполяции, представления разрезов, изоповерхностей и моделирования методом конечных разностей. Модуль содержит интерфейс программ Modflow, MT3D, MODPATH и других.
3D Scatter Point	Инструмент трехмерной геостатистики. Модуль используется для интерполяции из трехмерного набора рассеянных точек в другой тип данных (3D Mesh, 3D Grid).
Map	Построение концептуальных моделей. Возможность добавления примечаний к чертежу, представления цифровых карт и рисунков AutoCAD.
GIS	Отображение данных из базы данных ГИС. Возможность перевода их в типы данных GMS для дальнейшего использования в построении модели потока подземных вод.

Уравнение (1) в совокупности с заданными граничными и начальными условиями дает математическое представление фильтрационной системы. В качестве расчетного алгоритма для решения уравнения (1) используют метод конечных разностей или

конечных элементов, что приводит к системе линейных алгебраических уравнений. Моделируемый природный объект представляется совокупностью элементарных прямоугольных блоков или призм, которые обмениваются потоками подземных вод.

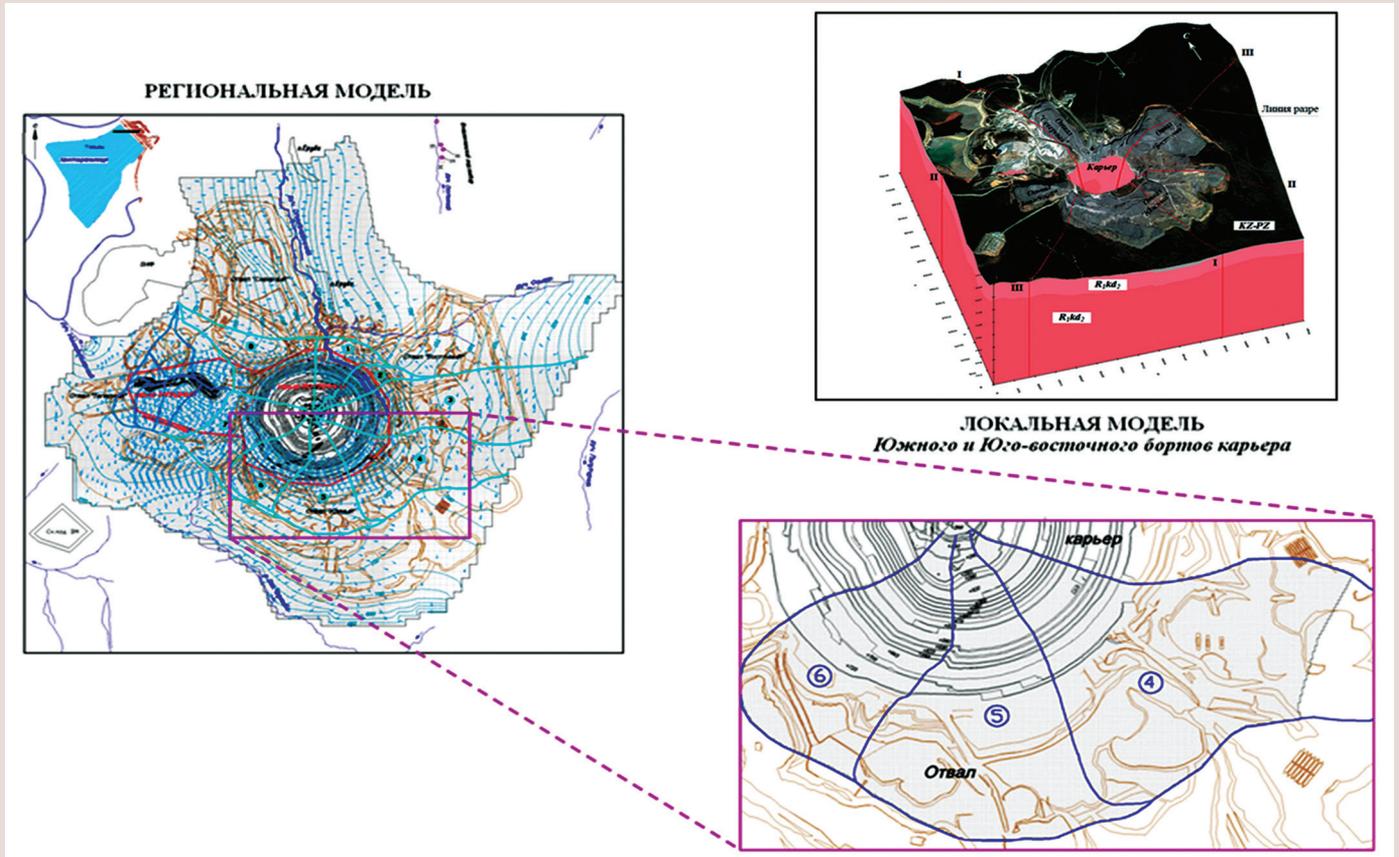


Рис. 8. Плановая цифровая модель на основе GMS.
 Сурет 8. GMS негізіндегі жоспарлы сандық модель.
 Fig. 8. Profile digital model of groundwater filtration at the mine site.

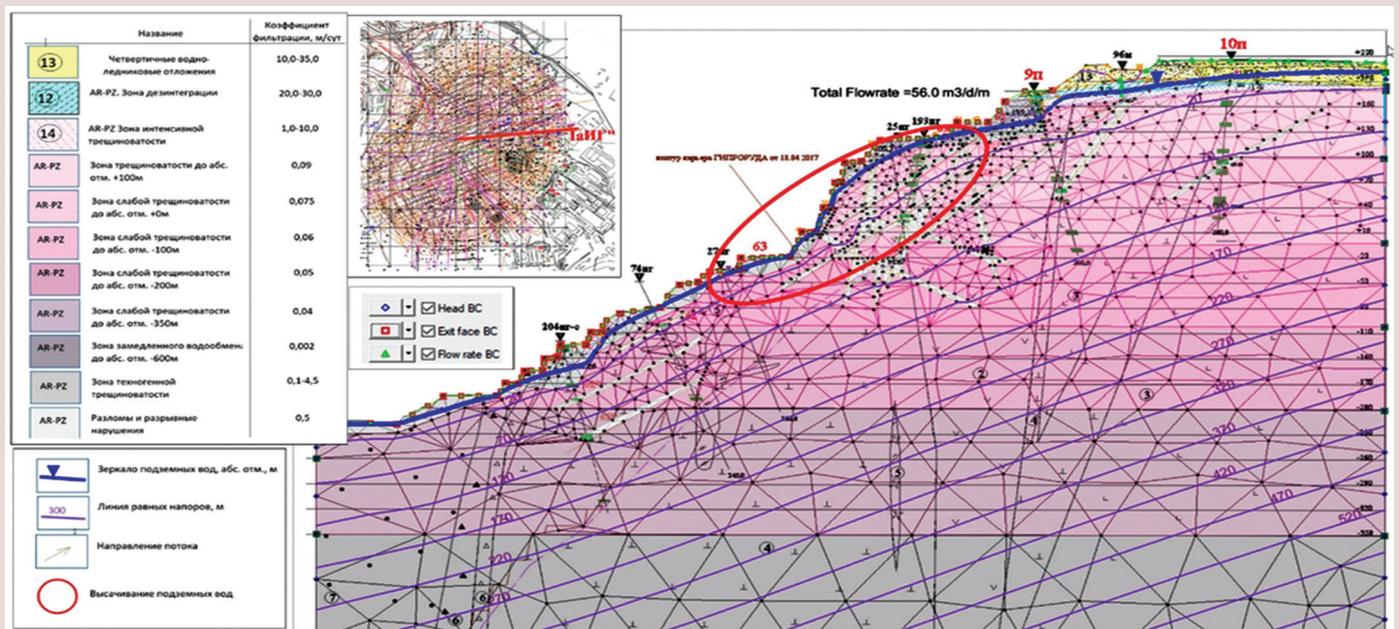


Рис. 9. Профильная цифровая модель фильтрации подземных вод на участке горной выработки.
 Сурет 9. Тау-кен өндірісіндегі жер асты суларын сүзудің бейінді сандық моделі.
 Fig. 9. Diagram of geofiltration models in perspective of the coast of the Barents sea.

Разработанная модель проходит несколько стадий. На первой стадии решаются эпигнозные задачи для идентификации ее к реальной природной и техногенной обстановке. На следующей стадии выполняется моделирование и оценивается прогнозируемое развитие природных процессов при ведении добычных и подготовительных работ на горном предприятии. На заключительном этапе модель используется для подбора вариантов технических решений защиты горных выработок от отрицательного влияния подземных вод и охраны водных ресурсов от истощения и загрязнения. Выбор оптимального варианта основан как на разработке инновационных технологий, так и на использовании традиционно известных способов.

Программный комплекс GMS позволяет создавать объемные, цифровые, региональные в аксонометрии, локальные, плановые, профильные модели в любых природных

и техногенных условиях (рис. 7, 8, 9) [1]. Проработка и анализ вариантов систем осушения карьерного поля, обеспечивающих наибольший перехват подземных вод и снижающих обводненность бортов карьера, позволяют при разработке проектной документации по защите карьеров от обводнения выполнить следующее:

- применить наиболее эффективные и прогрессивные технические средства для ведения водопонижения;
- разработать дренажные мероприятия и устройства по предотвращению локальных прорывов воды в карьер в период эксплуатации систем защиты карьера от подземных вод;
- для снятия остаточного «проскока» подземных вод и обеспечения устойчивости уступов карьера в период эксплуатации системы осушения может быть дополнена экономичными и эффективными горизонтальными дренажными скважинами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ОАО «ВЮГЕМ» – 60 лет. // Горный журнал. – М., 2019. – №10. – С. 5-24.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. ААҚ «ВЮГЕМ» ақ-60 жыл. // Тау-кен журналы. – М., 2019. – №10. – Б. 5-24.

REFERENCE

1. *Viogem is 60 years old.* // *Mining journal.* – Moscow, 2019. – №10. – Pages 5-24.

Сведения об авторах:

Волков Ю.И., канд. техн. наук, заведующий гидрогеологическим отделом Всероссийского научно-исследовательского института по осушению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных сооружений от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу (г. Белгород, Россия), viogem@mail.belgorod.ru

Маликов А.М., ведущий инженер Открытого акционерного общества «ВЮГЕМ», аспирант Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», (г. Белгород, Россия), sasmal15@rambler.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Волков Ю.И., техника ғылымдарының кандидаты, Бүкілресейлік пайдалы қазбалар кен орындарын құрғату, инженерлік құрылыстарды сулаудан қорғау, арнайы тау-кен жұмыстары, геомеханика, геофизика, гидротехника, геология және маркшейдерлік іс бойынша ғылыми-зерттеу институтының гидрогеологиялық бөлімінің меңгерушісі (Белгород қ., Ресей), viogem@mail.belgorod.ru

Маликов А.М., «ВЮГЕМ» Ашық акционерлік қоғамының жетекші инженері, «Белгород мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті» Федералды мемлекеттік автономды жоғары білім беру мекемесінің аспиранты (Белгород қ., Ресей), sasmal15@rambler.ru

Information about the authors:

Volkov Yu.I., Candidate of Technical Sciences, Head of Hydrogeological Department of Open Joint Stock Company «All-Russian Research Institute for Drainage of Mineral Deposits, Protection of Engineering Structures from Flooding, Special Mining, Geomechanics, Geophysics, Hydraulics, Geology and Surveying» (Belgorod, Russia), viogem@mail.belgorod.ru

Malikov A.M., Leading Engineer of VIOGEM Open Joint Stock Company, Graduate Student of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod State National Research University» (Belgorod, Russia), sasmal15@rambler.ru

Доклад был представлен в рамках Международной конференции и выставки *TECH MINING RUSSIA* «Новые технологии добычи полезных ископаемых» (г. Москва, 5-6 декабря 2019 г.).

А. Свирщевский

SAS Россия/СНГ (г. Москва, Россия)

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ОБОРУДОВАНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ

Крупный золотодобывающий ГОК в СНГ завершил первый этап внедрения системы «Цифровой двойник оборудования» от компании SAS – мирового лидера в области углубленной аналитики. Применение решения для цикла измельчения позволяет руководству и владельцам предприятий по переработке руды или производству цемента продуктивно использовать собираемые данные для повышения эффективности технологического процесса. Инженеры, механики и технологи теперь имеют возможность принимать проактивные решения, направленные на достижение своих целей: повышение надежности и совершенствование технологии измельчения. Поговорим о том, как работает цифровой двойник оборудования, какие задачи решает и чем может помочь крупным предприятиям.

Что такое цифровой двойник оборудования?

Цифровой двойник (ЦД) оборудования – цифровая копия физического объекта – может быть настроен для конкретных единиц оборудования, отдельных технологических процессов или для всей технологической цепочки. В случае цифрового двойника цикла измельчения – это комплекс физико-математических и статистических моделей, описывающий процесс измельчения от подачи материала с дробилки в мельницу до выхода измельченного материала из сепаратора (батареи гидроциклонов или газовых сепараторов).

Основные цели цифрового двойника оборудования, задействованного в цикле измельчения, – повышение надежности работы мельницы и эффективности цикла измельчения. В соответствии с целями основу системы составляют два взаимодействующих между собой функциональных модуля: «Надежность» и «Технология».

Модуль «Надежность»

В интерфейсе системы мы видим модуль повышения надежности, его основная задача – формирование предупреждений о нештатных ситуациях, которые стоит ожидать в ближайшие несколько суток, но не ранее, чем через час (рис. 1). Система осуществляет информирование в реальном времени оперативного персонала об ожидаемых в ближайшие смены сбоях на основе расчета вероятности нештатных ситуаций конкретных типов, прогноза выхода показателей за уставки, выявления аномального поведения оборудования.

Для формирования предупреждений по надежности производится анализ информации с датчиков работы оборудования в реальном времени. Модели машинного обучения сравнивают текущее поведение с периодами времени перед произошедшими в прошлом нештатными ситуациями. Например, система автоматически обнаружила, что обычно перед возникновением сбоев в системе смазки вала-шестерни

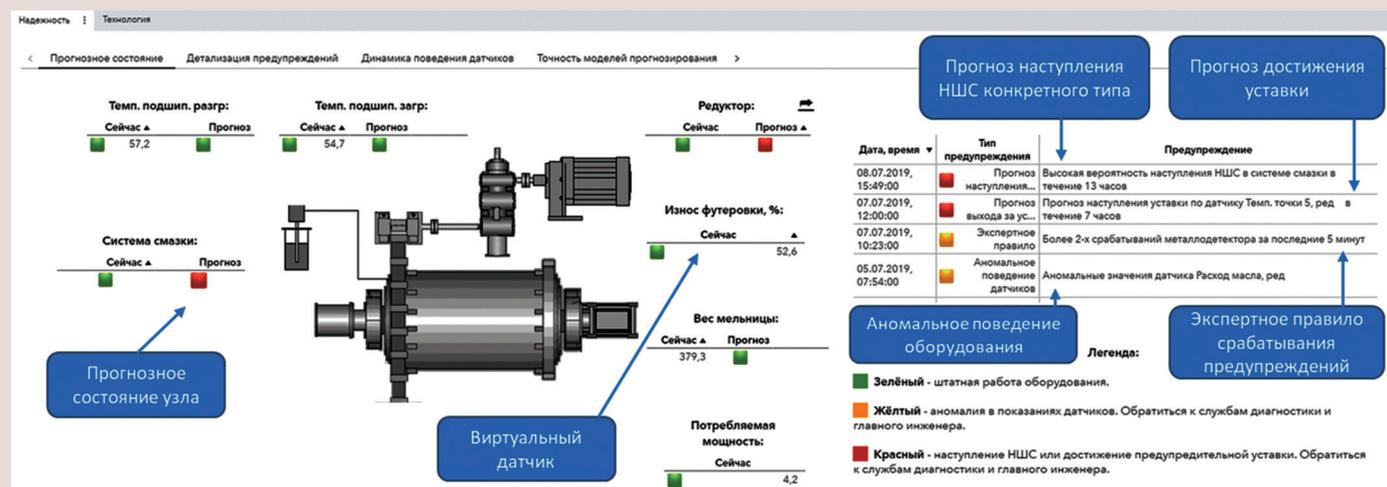


Рис. 1. Пример предупреждения: высокая вероятность наступления нештатной ситуации в системе смазки в течение 13 ч.

давление воздуха, подаваемого на насос, держится на повышенном уровне не две секунды, а одну. На основе этого каждые несколько минут рассчитывается вероятность возникновения каждого типа нештатной ситуации и срабатывает предупреждение при превышении вероятности заданного порога (рис. 2). Также нейронные сети выявляют аномальное поведение оборудования, которое может свидетельствовать о приближающейся аварии. Помимо этого, в данных с датчиков выявляются тенденции, на основе которых прогнозируются выходы за уставки (рис. 3).

Модуль «Технология»

Основная задача модуля – автоматическое формирование оптимальных режимов работы на 12 часов вперед с учетом текущих целей компании (рис. 4).

В основе работы модуля цифровая модель цикла измельчения – совокупность взаимосвязей, описывающая, каким образом внешние для процесса факторы, состояние оборудования и режим работы определяют ход технологического процесса. В качестве внешних факторов модель учитывает характеристики материала на выходе с дробления и план

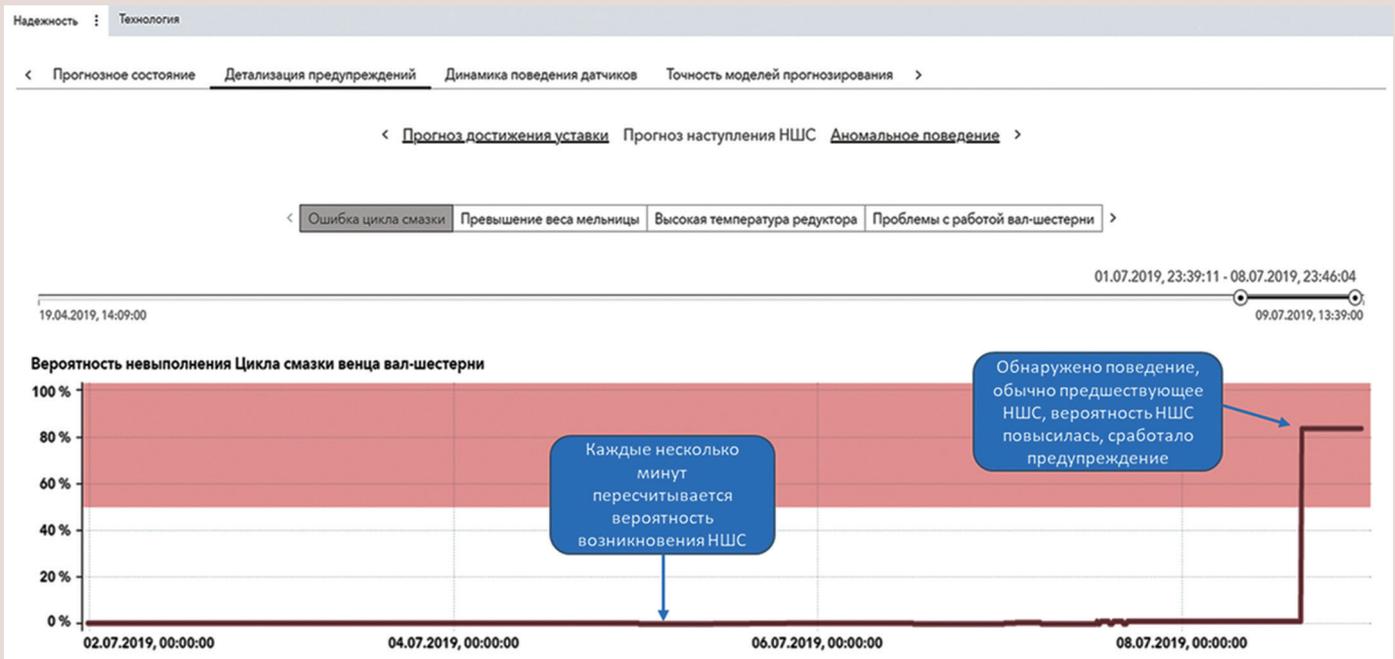


Рис. 2. Например, текущее поведение мельницы похоже на то, после которого в 85% случаев происходила нештатная ситуация в цикле смазки вала-шестерни.

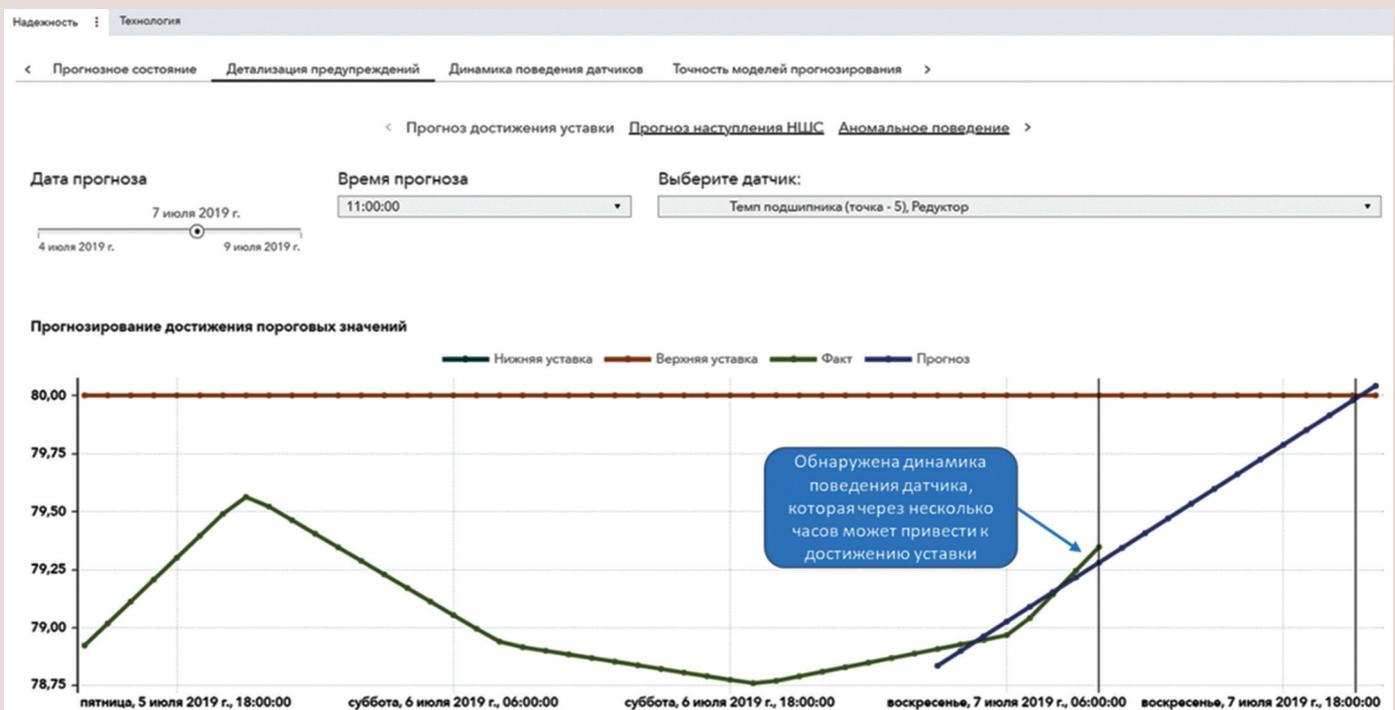


Рис. 3. Пример. Температура пятой точки подшипника редуктора достигнет уставки в течение 11 часов.

переработки. Состояние оборудования определяется, например, рассчитываемой степенью износа футеровки. Режим работы при мокром измельчении включает скорость подачи материала; воду, подаваемую в горловину, в зумпф и в пески; массу

добавляемых шаров. Цифровая модель на выходе рассчитывает 24 ключевых показателя работы цикла измельчения, включая циркуляционную нагрузку, грансостав на выходе мельницы и в сливе, плотность материала, вес мельницы.

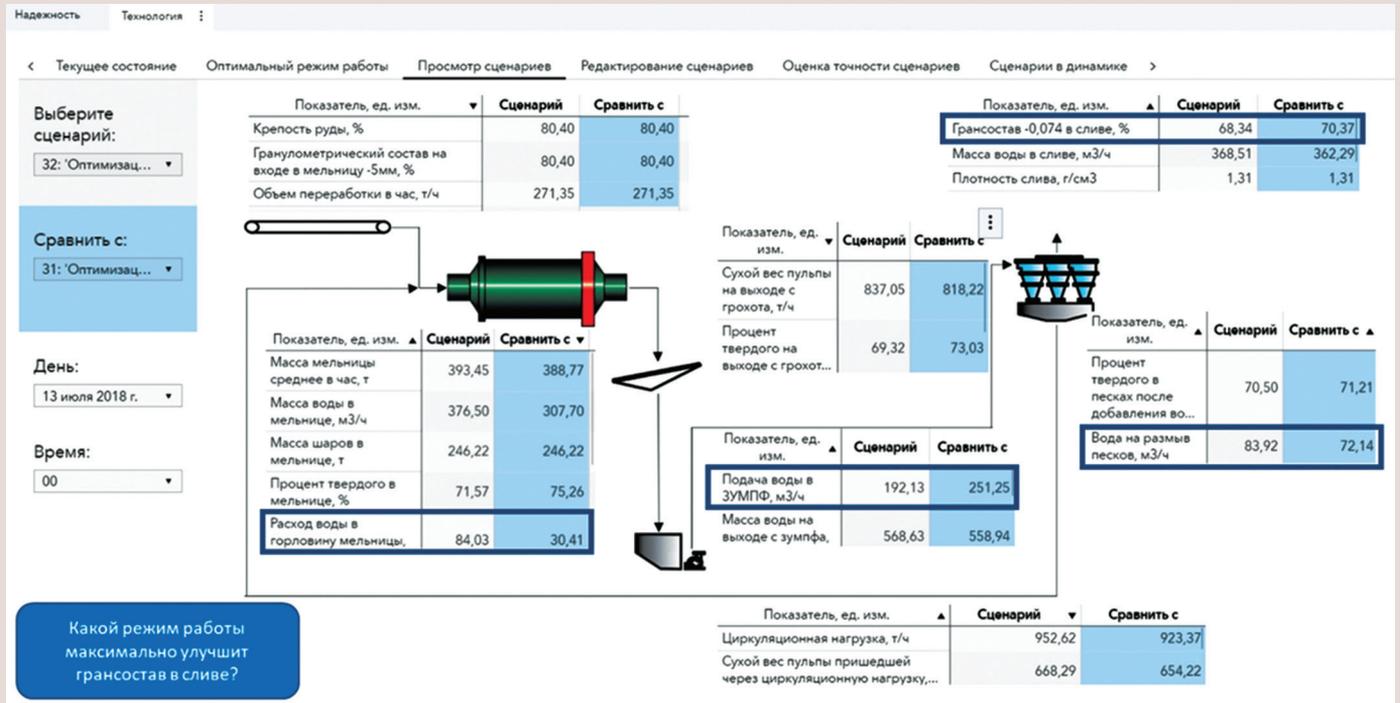


Рис. 4. Пример автоматически сформированного оптимального режима работы, улучшающего грансостав: система предложила снизить расход воды в горловину мельницы и компенсировать повышение плотности увеличением подачи воды в ЗУМФ, процент класса 74 микрона и меньше увеличился с 68 до 70.

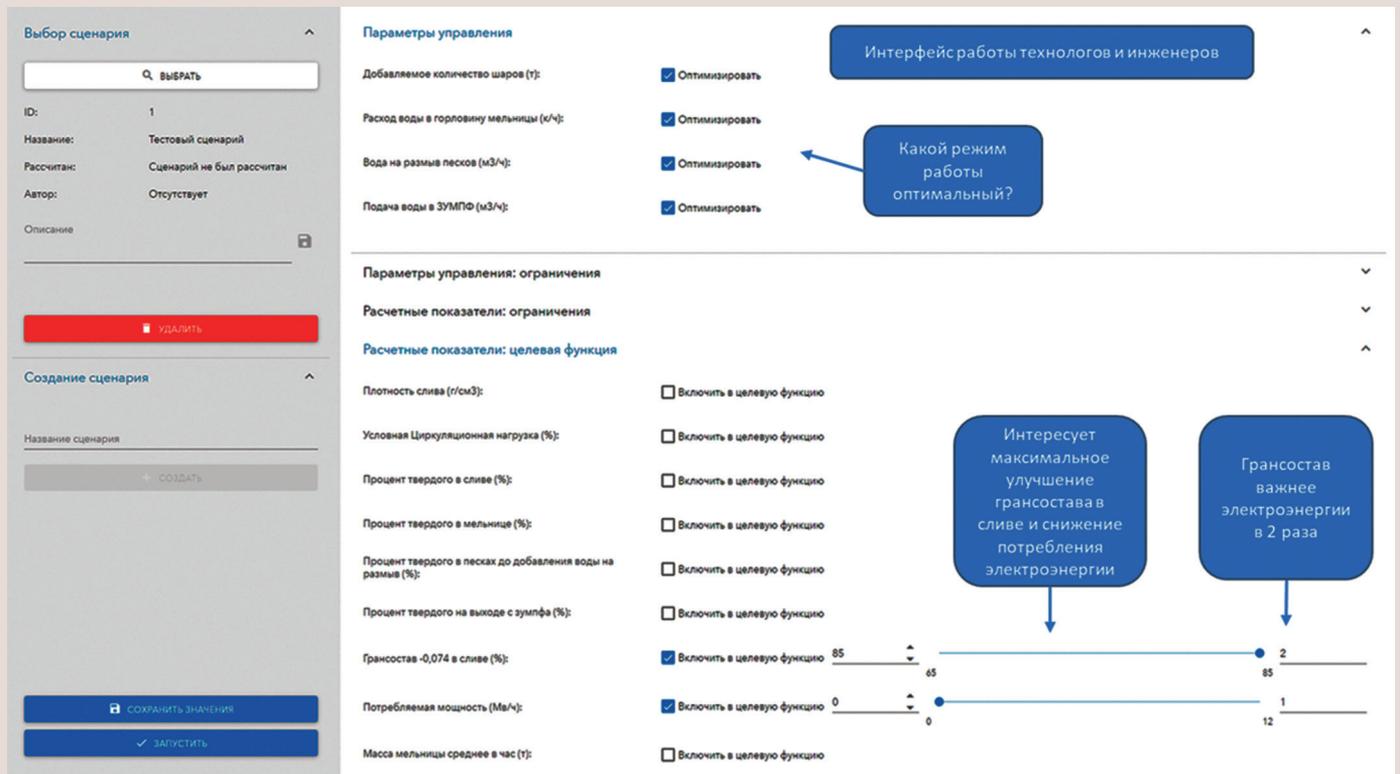


Рис. 5. Например, можно настроить формирование оптимального режима работы одновременно с целью улучшения грансостава в сливе и снижения потребления электричества.

Для работы модуля необходимо ввести текущие цели компании. Уже поддерживаются повышение надежности, минимизация потребления электроэнергии, улучшение грансостава, повышение производительности (рис. 5).

Инженеры и технологи ведут в системе цифровые режимные карты. При формировании рекомендаций система будет следить, чтобы показатели не выходили за допустимые границы (рис. 6). Специалисты проводят проработку оптимальных режимов работы, глядя

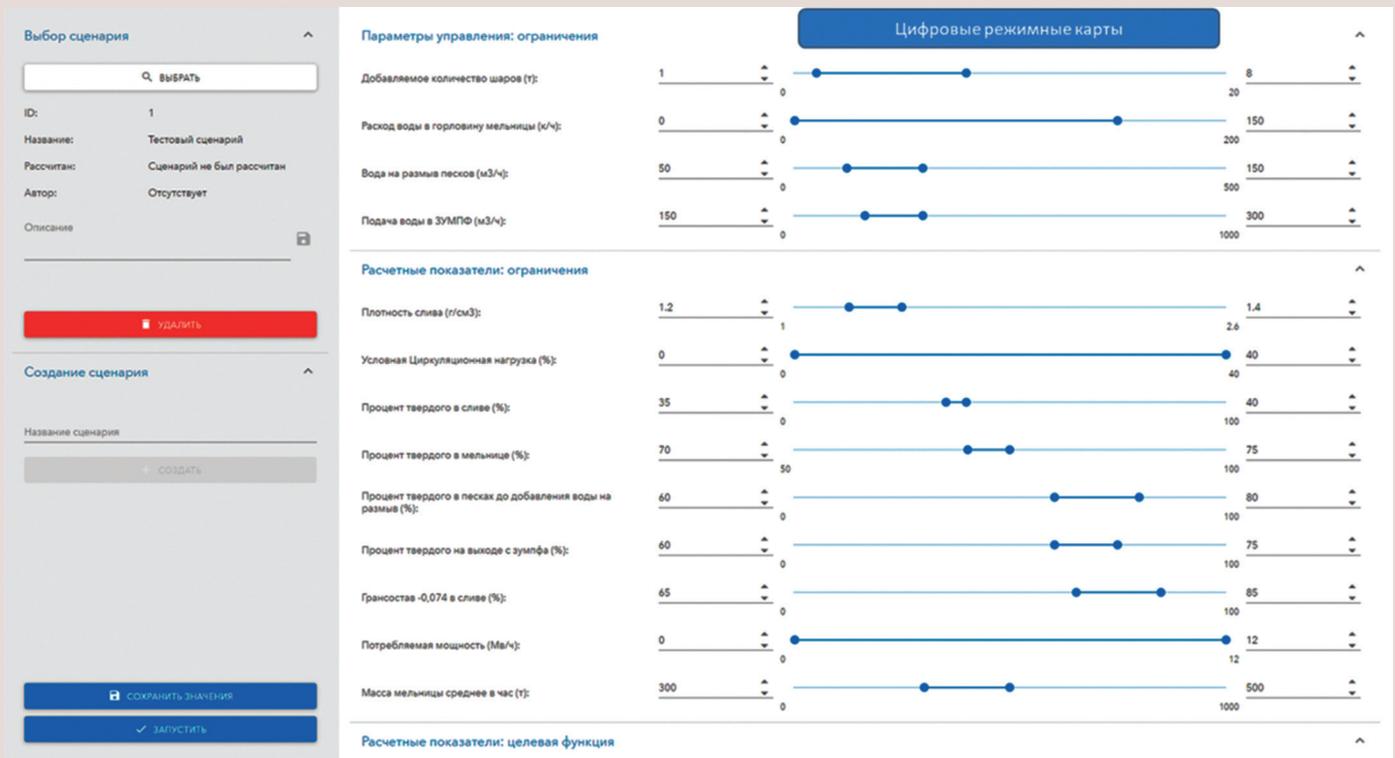


Рис. 6. Регулировка допустимых значений основных технологических показателей простым перемещением ползунка.

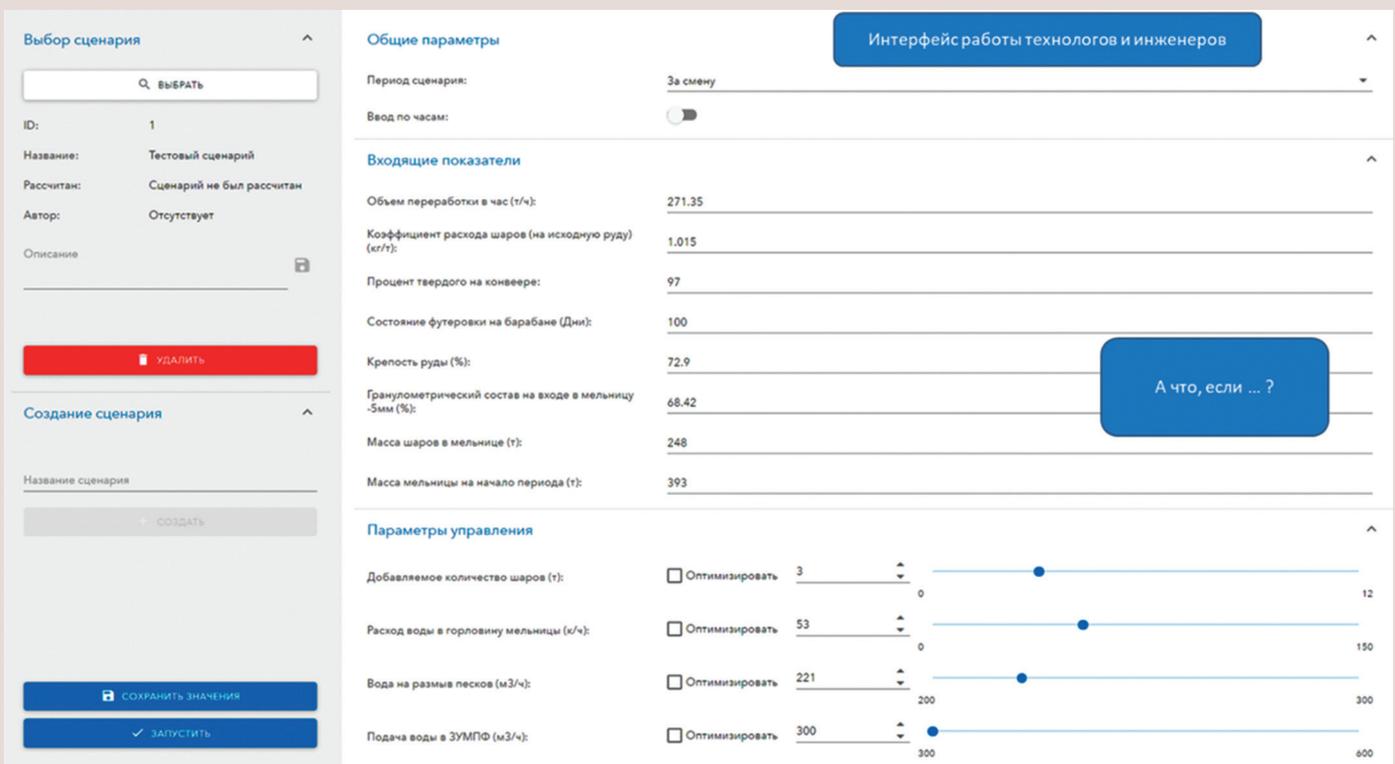


Рис. 7. Интерфейс проведения сценарного анализа.

на рекомендуемые системой режимы работы и проводя имитационное моделирование для различных вариантов плана переработки, состава входного материала и состояния оборудования. Также они могут отрабатывать свои варианты режимов работы.

Интерфейс проведения сценарного анализа (рис. 7) позволяет вводить возможные условия эксплуатации и пользовательский режим работы. При нажатии кнопки

«Запустить» рассчитываются ожидаемые показатели хода технологического процесса.

Например, как на качестве помола скажется руда с меньшей крепостью и как бы это повлияло на оптимальный режим работы, показано на рис. 8.

Система запомнит все отработанные инженерами и технологами сценарии. На основе одного из них, согласованного, оператору мельницы автоматически перед

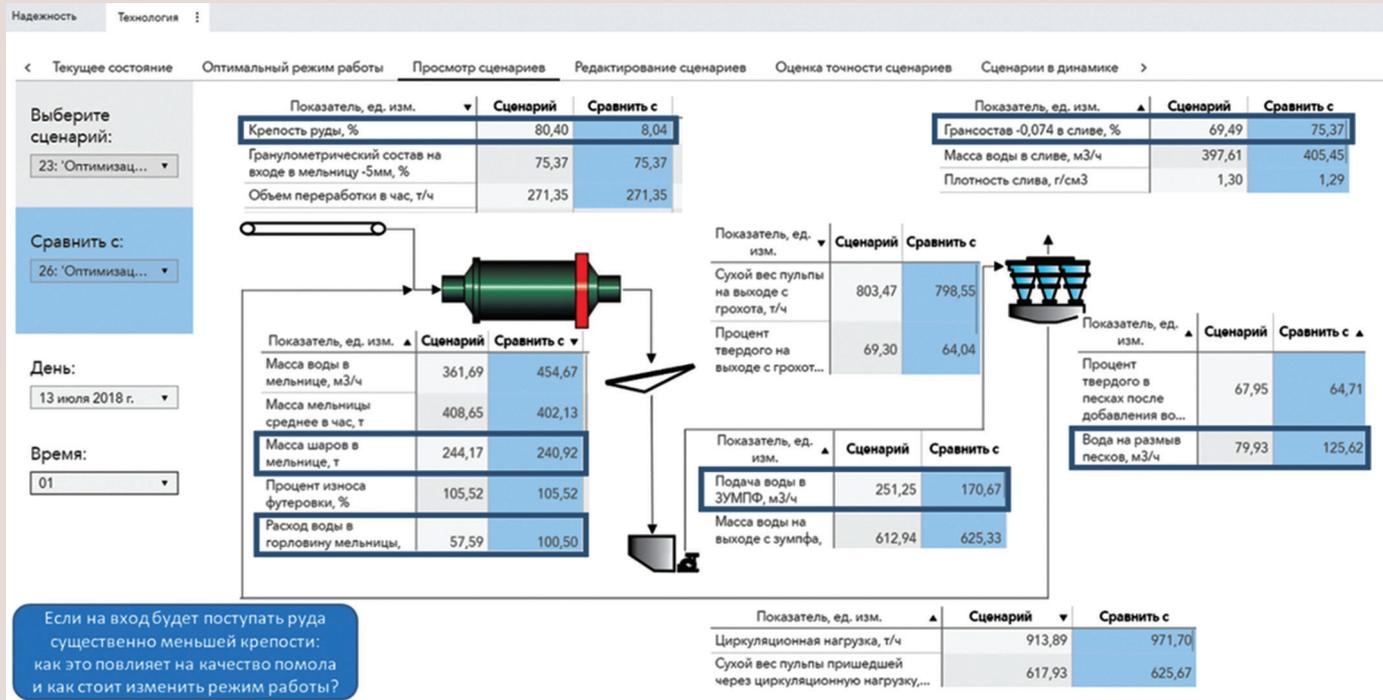


Рис. 8. В случае снижения крепости руды до 8%: процент класса 74 микрона и меньше в сливе увеличится до 75, если снизить массу добавляемых шаров, увеличить подачу воды в мельницу и ЗУМПФ, увеличить расход воды в пески.

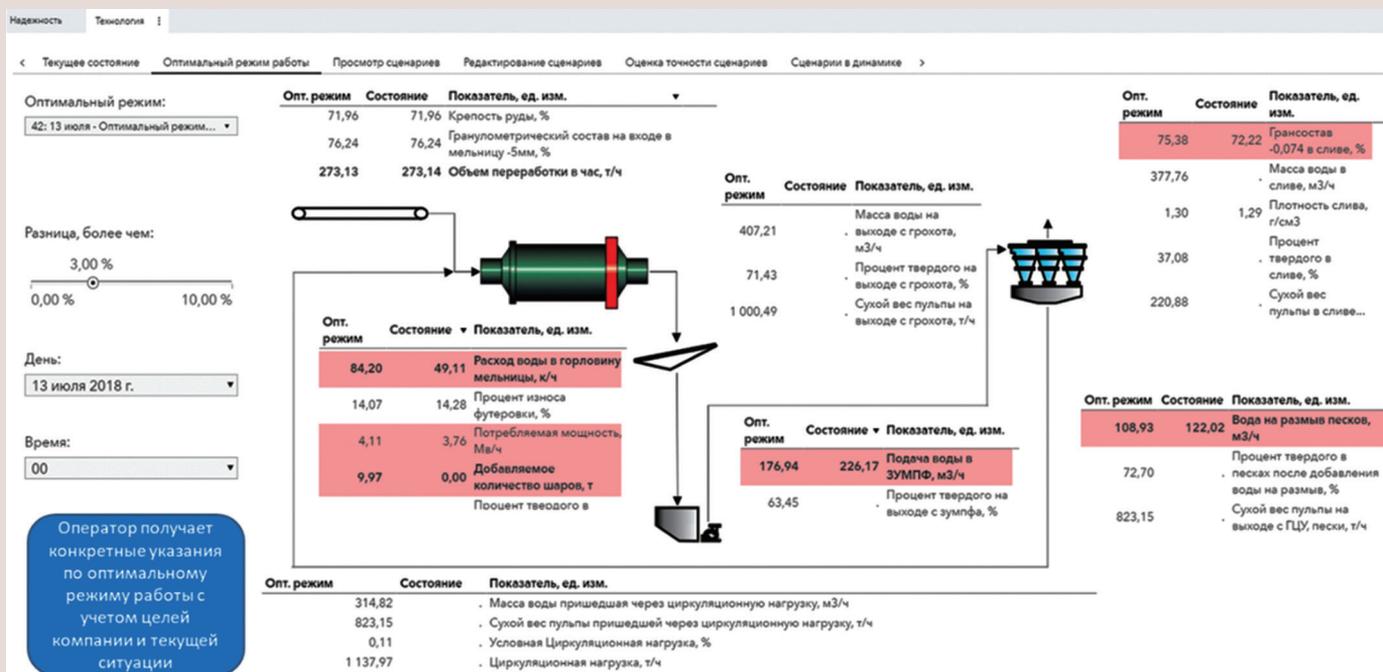


Рис. 9. Оптимальный режим работы для оператора. Оптимальный расход воды, добавление шаров и скорость подачи руды в сравнении с текущим режимом работы: оперативный персонал не добавил шары.

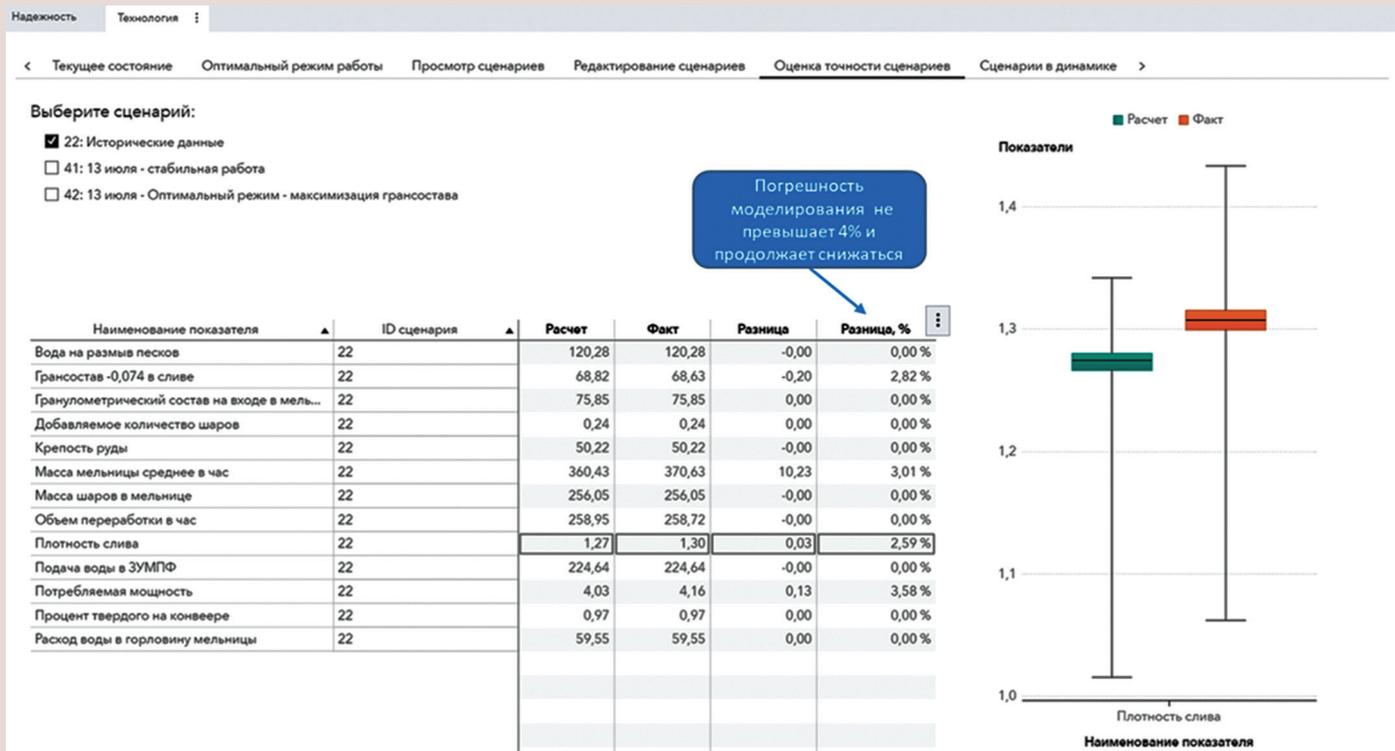


Рис. 10. Сравнение прогноза хода технологического процесса с фактическим, статистика за год.

каждой сменой или по запросу формируются конкретные указания по управлению циклом измельчения с учетом текущего состояния оборудования и текущих характеристик подаваемого материала. Подсвечиваются отклонения в действиях оператора от оптимальных (рис. 9). Текущая погрешность цифровой модели цикла измельчения не превышает 4% (рис. 10).

Итак, цифровой двойник оборудования построен на основе набора физико-математических и аналитических моделей. Для его корректной работы на новом предприятии модели данных адаптируются под имеющийся ИТ-ландшафт; модели машинного обучения перекалибруются на базе накопленных предприятием данных. Решение использует сочетание цифровой модели цикла измельчения, интегрированного с ней блока математической оптимизации, интерфейса сценарного анализа.

Цифровой двойник цикла измельчения дополняет классические MES системы и системы управления активами на основе ERP, CMMS и EAM, давая дополнительные преимущества. В то время, как другие системы сосредоточены на мониторинге текущей ситуации, данное решение фокусируется на будущем: аналитические модели на базе современных методов машинного

обучения, искусственного интеллекта, а также физико-математические модели прогнозируют надежность оборудования и ход технологического процесса. Математическая оптимизация автоматически формирует оптимальный режим работы оборудования на следующую смену. В то же время необходимо отметить, что наличие MES системы или системы управления активами не является строго необходимым для внедрения цифрового двойника оборудования.

Эффект от внедрения

Крупный производитель цветных металлов в СНГ высоко оценил потенциальный эффект предлагаемого решения в процессе его внедрения на золотодобывающем ГОК.

Настроенные модели позволяют:

- предотвратить 85% нестандартных ситуаций;
- корректно и заблаговременно предупредить о 70% случаев выходов показателей работы оборудования за уставки;
- улучшить грансостав в сливе на 3%;
- увеличить объем переработки на 3-5%;
- снизить потребление электроэнергии на 1,5%.

Поскольку точность моделей продолжает повышаться, то, соответственно, эти результаты будут улучшаться.

В эру цифровой экономики цифровой двойник оборудования позволит максимально эффективно использовать потенциал имеющихся данных для достижения производством поставленных целей.

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

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

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

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

Дополнительные рубрики:

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

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

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

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул, максимальное количество слов 10-12). Название статьи должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы;
- инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов;
- сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна);
- полное название организации (-й), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
- аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (реферат) предоставляется на **КАЗАХСКОМ и РУССКОМ ЯЗЫКАХ** объемом не менее 700 и не более 950 символов, включая пробелы (примерно 150...200 слов);
- ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на **КАЗАХСКОМ и РУССКОМ ЯЗЫКАХ**;
- текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
- список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года.

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

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

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

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

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

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

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

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

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ оформляются отдельным блоком на казахском (русском) и английском языке.

К статье прилагаются сведения на английском языке:

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

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

✓ сведения об авторе (-ах) без сокращений (ученая степень, ученое звание, должность);

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

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

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

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

РИСУНКИ должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими, на глянцевой бумаге или в формате TIFF с разрешением 300 dpi (цветовая кодировка CMYK). Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисовочном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны.

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

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

4. Условия приобретения журналов авторами.

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



**Иван
Никитович
Столповских**
(к 80-летию
со дня
рождения)

31 января исполняется 80 лет Ивану Никитовичу Столповских – доктору технических наук, профессору кафедры «Технологические машины и оборудование» Института металлургии и промышленной инженерии Казахского Национального технического исследовательского университета им. К.И. Сатпаева, академику Каз НАЕН и МАИН.

И.Н. Столповских родился в селе Софиевка Пономоревского района Оренбургской области.

После окончания в 1967 г. Казахского политехнического института по распределению был направлен на Белоусовский подземный рудник Иртышского полиметаллического комбината Восточно-Казахстанской области, где прошел путь от электрослесаря, начальника смены до электромеханика подземного транспорта.

В 1971 г. Иван Никитович поступил в очную аспирантуру при кафедре «Транспортные и горные машины» (ТиГМ) КазПТИ им. В.И. Ленина под научным руководством доктора технических наук, профессора А.Д. Спицына.

После завершения обучения в аспирантуре был распределен на работу в качестве научного сотрудника научно-исследовательской части на кафедру ТиГМ. В период с 1974 по 1981 гг. прошел путь от младшего научного сотрудника до ведущего научного сотрудника НИЧ, ассистента, преподавателя, старшего преподавателя. С 1978 г. по 1984 г. работал в деканате горного факультета заместителем декана по воспитательной работе.

В 1982 г. И.Н. Столповских защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском горном институте им. Плеханова по специальности 050506 – «Горные машины». С 1982 г. по 1995 г. Иван Никитович работал на кафедре ТиГМ в качестве доцента и являлся научным руководителем хоздоговорных тем.

Выполненные исследования позволили ему создать и внедрить в проектную практику систему автоматизированного проектирования электровозного транспорта подземных рудников с использованием современных средств ПЭВМ во всех ведущих проектных организациях стран СНГ.

В 1995 г. И.Н. Столповских был избран по конкурсу заведующим кафедрой «Транспортные и горные машины» КазНТУ им. К.И. Сатпаева. В этот период (1995-2001 гг.) большое внимание им было уделено обновлению методической обеспеченности учебного процесса, организации всех видов практик по новой специальности 1905 – «Горные машины и оборудование».

С 2001 г. по 2003 г. Иван Никитович проходил обучение в очной докторантуре при кафедре «Транспортные и горные машины» КазНТУ и в 2004 г. им была защищена докторская диссертация.

С 2004 по 2008 гг. он работал профессором кафедры «Транспортные и горные машины». С сентября 2007 г. по 2010 г. заведовал кафедрой ТиГМ КазНТУ им. К.И. Сатпаева. С сентября 2011 г. по настоящее время И.Н. Столповских – профессор кафедры «Технологические машины и оборудование».

Иван Никитович – известный специалист в области проектирования и эксплуатации горных машин, совершенствования подземного электровозного транспорта. Его исследования «Автоматизированная система проектирования электровозного транспорта на подземных рудниках», «Разработка рациональных параметров контактного электровоза сцепной массой 5 т», «Установление параметров электровозного транспорта Сарыджазского ГОК в условиях высокогорья» и другие широко известны в Казахстане и за рубежом.

Он – автор свыше 140 научных трудов, в том числе монографий, трех учебных пособий, горно-геологического справочника по разработке рудных месторождений. Под его руководством защищены две кандидатские диссертации, подготовлены три доктора философии (PhD), 14 магистров.

Горная общественность Казахстана, кафедра «Технологические машины и оборудование» Института металлургии и промышленной инженерии КазНТУ им. К.И. Сатпаева, редколлегия «Горного журнала Казахстана», друзья и коллеги поздравляют Ивана Никитовича со знаменательной датой и желают юбиляру отличного здоровья, долгих лет жизни, успехов в работе, благополучия и счастья.