

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

Издается с января 2003 г.

Приказом №290 от 26.06.2022 г. Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности.

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

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

Адрес редакции:
 050026, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,
 +7 (747) 343-15-02
minmag.kz

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

Представители журнала:

Республика Узбекистан –
 ШЕРЗОД ВАФО-ОГЛЫ КАРИМОВ
karimov20-13@mail.ru

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

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

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

Подписной индекс 75807 в каталогах:
 АО «Казпочта»,
 ТОО «Агентство «Евразия пресс»

Подписано в печать 30.05.2024 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»



Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

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

Редакционная коллегия:

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

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,
 Professor of Mining Engineering

М.Б. Барменшинова, канд. техн. наук

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

А.А. Бекботаева, PhD

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

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

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

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

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

В.Ф. Демин, д-р техн. наук

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

Б.О. Жанибеков (Узбекистан), д-р философии
 геол.-мин. наук, доцент

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

Ш.В. Каримов (Узбекистан), PhD

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

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

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

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

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

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

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

Б.Т. Ратов, д-р техн. наук, профессор

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

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

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Ш.Н. Туробов (Узбекистан), PhD

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

Р.А. Хамидов (Узбекистан), PhD

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

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

ⓘ – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 3 Колонка главного редактора
- 4 Kazakhstan Machinery Fair 2024: рост, инновации и международное партнерство
- Взрывное дело
- 6 *С.А. Сагидуллаев
Выбор эффективного и безопасного способа контурного взрывания
- Разрушение горных пород
- 13 А.Ж. Имашев, *А.М. Суимбаева, А.К. Матаев, А.А. Мусин
Обоснование применения контурного взрывания для обеспечения сохранности проектных параметров выработок
- Геомеханика
- 20 *А.Б. Кыдрашов, Н.М. Жумагалиева, М.Ж. Рыскалиев, С.М. Жарылгапов
Тазартпа кеңістігінің маңындағы массивтің кернеулі-деформациялы күйін геомеханикалық негіздеу
- Геология
- 25 M.V. Ponomareva, *Ye.V. Ponomareva, A.T. Tungushbayeva, D.A. Inkin
Identifying promising areas within the Zhezkazgan depression by a complex of geological and geophysical studies
- Обогащение полезных ископаемых
- 30 *А.К. Сейсенбек, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов
Исследование флотационного обогащения медно-золотосодержащей руды месторождения Коктасжал
- Горные машины
- 38 Б.С. Бейсенов, К.К. Елемесов, Бортебаев С.А., *Е.Е. Сарыбаев
Ауыр роторлы жабдықтың негізгі жетегінің бөлігі ретінде пневматикалық іске қосу құрылғысының энергетикалық-қуаттық параметрлерін зерттеу
- Металлургия
- 44 Н.К. Досмухамедов, *Е.Е. Жолдасбай, Ю.Б. Ичева
Извлечение Cu, Zn, Pb из огарка от обжига тонкой конвертерной пыли медного производства выщелачиванием серной кислотой
- Металлургия
- 51 *B.Zh. Salkynbayev, R.S. Kazbekov, M.S. Dosekenov, A.A. Myrzagaliyev
Investigation of the physical properties of existing slags of high-carbon and refined ferrochrome of the Aktobe ferroalloy plant
- Охрана труда и безопасность в горной промышленности
- 59 *С.А. Сагидуллаев
Өндірістік қауіпсіздік саласында мемлекеттік саясатты дамыту
- 64 Требования к оформлению и условия предоставления статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат
Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

*Дорогие читатели!
Уважаемые члены редколлегии!*

Май месяц наряду с январем в календаре расцвечен красным цветом гораздо больше остальных месяцев. Он говорит о праздничных днях, которые отмечаются в обстановке всеобщей радости во всем мире. Можно говорить, как Европа и США, об особой значимости 8-го Мая как Victory Day, но это всего лишь влияние астрономического закона, по которому на нашей общей Родине – бывшем СССР – солнце всходит на 14-20 часов раньше, чем на западе. Когда Маршал Победы Г.К. Жуков в командном тоне сказал руководителю фашистской делегации по подписанию Акта о полной и безоговорочной капитуляции Кейтелю: «Давайте, подписывайте!», было 22 часа по Берлинскому времени 8-го Мая, и в это время Москва начала ликовать в 1⁰⁰ ночи 9-го Мая.

Мы всегда знали, что победил советский народ, но среди подписантов были и представители США, Великобритании и Франции (последняя присоединилась благодаря политической «доброте» И.В. Сталина, не принимая практически никакого участия в войне с гитлеризмом). США и Великобритания потеряли в ней людей меньше, чем среднеазиатские республики, но вошли в историю как победители.

Эти подробности вроде бы не должны нас по большому счету теперь трогать, но на западе не терпится переписать историю, основываясь на лжи, как всегда, потому что выросли молодые поколения, которые будут верить своим политикам.

Мы в Казахстане, потеряв 1 млн 200 тыс. человек в этой «мясорубке» (среди них более 600 тыс. молодых казахов, которые бы нарожали детей, внуков и правнуков в количестве не менее 6 млн. молодых, красивых, умных, талантливых строителей новой жизни), празднуем нашу общую Победу без выдумок и фальши.

Память наша сохранит навсегда тех, кто выстоял ценой лишений и самой жизни, защитит нас, создав фундамент нашей спокойной и благополучной жизни. Более 500 казахстанцев удостоились своим ратным трудом высшей награды Родины – стали Героями Советского Союза.

Тыл, где остались старики, дети, рабочие и крестьяне, обеспечившие фронт всем необходимым, начиная от металлов, угля, нефти, продуктов питания и кончая носками, сапогами, валенками, рукавицами, кисетами для табака, ковали победу день и ночь, забыв об отдыхе. Геологи, горняки и металлурги Казахстана выдали оборонным предприятиям страны 90% свинца, 80% марганца, более 50% меди, неустанно дополняли золотой запас страны, вместе с нефтяниками Азербайджана снабжали нефтью, добывали уголь с сибиряками Кузнецкого бассейна.

Мы гордимся своим старшим поколением – теми, кто вместе со всем советским народом вышел победителем и сумел в послевоенные годы всего за одну пятилетку восстановить довоенный уровень производства, освоил целинные залежные земли.

Жизнь уходит, но память наша вечна. И мы склоняем головы перед прахом тех, кто не вернулся с полей войны и не познал в тылу радости, потеряв своих лучших сыновей и дочерей.

Спасибо вам, наши предки! Слава нашим воинам и труженикам тыла! С Днем Великой Победы!

KAZAKHSTAN MACHINERY FAIR 2024: РОСТ, ИННОВАЦИИ И МЕЖДУНАРОДНОЕ ПАРТНЕРСТВО

С 24 по 26 апреля 2024 года в МВЦ «EXPO» города Астана прошла Международная специализированная выставка машиностроения и металлообработки Kazakhstan Machinery Fair. Главное отраслевое событие в Казахстане и Центральной Азии объединило производителей, поставщиков и потребителей оборудования, ведущие компании, представители государственного сектора и бизнес-сообществ.

Согласно данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам, в РК наблюдается уверенный рост объемов производства в машиностроении, металлообработке и ряде других отраслей. Так, в 2023 году объем производства в машиностроении достиг отметки в 3 689,4 млрд тенге, что больше на 36,7% показателей 2022 года. Индекс физического объема производства составил 126,8% к аналогичному периоду 2022 года. В металлообработке объемы производства составили 393 млрд тенге, что на 17,7% превышает уровень за январь-ноябрь предыдущего года. Положительная динамика не могла не отразиться и на масштабах, составе участников и качестве экспонатов отраслевой выставки.

В 2024 году свыше 213 компаний из 18 стран представили на Kazakhstan Machinery Fair продукцию и решения в сегментах машиностроения, станков и техники для металлообработки, сварочного оборудования и материалов, водной индустрии и химической промышленности, 3D-печати, робототехники и автоматизации, инжиниринга и технологий, приборов и инструментов, охраны труда и СИЗ, профессионального обучения и др. По сравнению с 2023 годом экспозиция выросла на 23% и особенно выделилась многообразием экспонатов.

Kazakhstan Machinery Fair 2024 – это:

- 213 компаний-участников из 18 стран
- 3087 отраслевых специалистов из 42 городов Казахстана и 21 страны
- 77% специалистов оценили эффективность своего посещения как «высокое»
- 62% посетителей установили деловые связи с более 50 потенциальными партнерами

Одним из трендов сезона можно назвать возросший интерес к промышленному потенциалу РК со стороны ведущих международных компаний.

Совместно с Союзом Машиностроителей Казахстана и Leipziger Messe International в рамках выставки прошли круглые столы с представителями компаний из Германии. Также деловая программа включила в себя Республиканское совещание по проблемным вопросам и перспективам развития систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов, круглый стол «Подготовка профессиональных кадров для машиностроительных предприятий – проблемы, опыт, пути решения» и другие мероприятия.



Кроме этого, 24 апреля состоялся круглый стол по теме сварочных технологий «Новое поколение выбирает Безопасность. Современные решения в области сварки и резки на промышленных предприятиях страны». Организатором мероприятия выступила компания ESAB – крупнейший в мире производитель сварочной продукции. Открыла дискуссию Екатерина Татаринова, директор ESAB Казахстан, руководитель региона ESAB Центральная Азия. В своем выступлении Екатерина подчеркнула необходимость поддерживать и развивать стремление рынка к внедрению передовых технологий, формировать не только культуру потребления качественного оборудования, но и культуру производства.

Евгений Гауф, инженер-технолог по сварке ТОО «Казахстан Парамант Инжиниринг» (КРЕ) – крупнейшего предприятия в Центральной Азии по выпуску современных бронированных колесных машин, поделился с коллегами опытом проведения современных сварочных работ. Также практики по безопасности «Локомотив құрастыру зауыты» (ЛКЗ) – лидирующего производства локомотивов – представил Досхан Оспанов, координатор по сварке и ведущий инженер предприятия. Йохан Вайбендер – менеджер по продажам компании TESA, рассказал о возможностях автоматизированных систем вентиляции для потенциально опасных условий производства.

С новейшими решениями для безопасных сварки и резки коллег познакомил Игорь Поломар – руководитель продуктовой группы ESAB Казахстан. В ассортименте компании есть техника, которая помогает ввести дополнительную меру защиты от поражений электрическим током, понизить напряжение и сократить выделение дыма. А Станислав Мартыанов – инженер продуктовой группы «Резка» ESAB Казахстан – представил технологии, помогающие защитить работников от травм.

Главный сварщик ТОО «Maker (Мэйкер) КЛМЗ» Калижар Серкебаев поделился опытом полной модернизации производства современными сварочными решениями.

Особое место в программе круглого стола заняли вопросы подготовки молодых специалистов. Директор ЧУ «Политехнический колледж корпорации «Казахмыс» Айгуль Сыздыкова рассказала о подготовке молодых сварщиков. Не остался без внимания и вопрос безопасности. «Казахмыс» представил свои программы безопасности и подход к выбору СИЗ.

О том, как автоматизация процессов сварки с применением промышленных роботов решает вопросы безопасности операторов на ТОО «Карасайский машиностроительный завод», поделился исполнительный директор «ТОО Quant Robotics» Искандер Нуранбеков. А по словам Владимира Палчкова, менеджера по автоматизации и роботизации ТОО «Welding Company», основами коллективной безопасности на производстве являются: качественная работа систем вентиляции, изоляции, дымоудаления, организация рабочих мест, обучение и контроль соблюдения техник безопасности.

«Kazakhstan Machinery Fair – это не только эффективная площадка для демонстрации компаниями оборудования и технологий. Производители, поставщики, покупатели, эксперты получают доступ к лучшим глобальным практикам и технологиям, формируют деловые альянсы, принимают участие в решении задач всей отрасли. При создании нашего проекта мы ставили ключевыми целями продвижение технологического развития отечественных предприятий, расширение сотрудничества и увеличение экспортного потенциала отрасли. С каждым годом выставка становится разнообразнее и глобальнее, привлекает больше участников. Без лож-



ной скромности скажу, что она не только становится главной промышленной деловой площадкой Казахстана и Центральной Азии, но и все более узнаваемой на глобальной арене, в частности в странах Европы, Ближнего Востока, Индии и Китае», – поделился Куаныш Канапьянов, исполнительный директор организатора выставки – компании Astana Expo.

С каждым годом Kazakhstan Machinery Fair расширяет возможности для своих участников для решения задач бизнеса и промышленности. Одной из ключевых целей выставки является содействие в развитии машиностроительной отрасли страны. Организаторами мероприятия выступают Министерство промышленности и строительства РК, Союз Машиностроителей Казахстана и Astana Expo.



Код МРНТИ 52.13.07:52.35.29

*С.А. Сагидуллаев

Управление горно-металлургической промышленности
Комитета промышленной безопасности МЧС РК (г. Астана, Казахстан)

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО И БЕЗОПАСНОГО СПОСОБА КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы выбора наиболее эффективного и безопасного способа контурного взрывания, обеспечивающего устойчивость бортов глубоких карьеров при постановке их в конечное положение. На основе обзора, анализа и обобщения достигнутых в нынешние условиях горнодобывающими предприятиями результатов в области контурного взрывания установлены состояние и тенденции развития метода заоткоски уступа в целях совершенствования технологии контурного взрывания. Отмечена нецелесообразность применения традиционных способов формирования зарядов в контурных скважинах. Предложен способ с использованием новой конструкции зарядов, позволяющий снизить воздействие взрыва на законтурный массив. Способ испытан на карьере при заоткоске бортов в массивах с различной крепостью и трещиноватостью пород.

Ключевые слова: контурное взрывание, борт карьера, гирляндный заряд, заряд на рыхление, короткозамедленное взрывание, дробление пород, заоткоска борта карьера.

Контурлық жарылыстың тиімді және қауіпсіз әдісін таңдау

Аядагна. Мақалада контурлық жарылыстың ең тиімді және қауіпсіз әдісін таңдау, оларды түпкілікті жағдайға қою кезінде терең карьерлердің борттарының тұрақтылығын қамтамасыз ету мәселелері қарастырылады. Қазіргі жағдайда тау-кен кәсіпорындарының контурлық жарылыс саласындағы қол жеткізген нәтижелерін шолу, талдау және жалпылау негізінде контурлық жарылыс технологиясын жетілдіру мақсатында шегіністі артта қалдыру әдісінің жай-күйі мен даму тенденциялары анықталды. Контурлық ұңғымаларда зарядтарды қалыптастырудың дәстүрлі әдістерін қолданудың орынсыздығы атап өтілді. Жарылыстың контурдан тыс массивке әсерін азайтуға мүмкіндік беретін жана зарядтау дизайнын қолдану әдісі ұсынылған. Бұл әдіс әртүрлі беріктігі мен жыныстарының жарылуы бар массивтерде борттардың артта қалуы кезінде карьерлерде сыналған.

Түйінді сөздер: контурлық жарылыс, карьердің бүйірі, гирлянд заряды, қосыту заряды, қысқа жарылыс, тау жыныстарын ұсақтау, карьер өңірінің қалыптастыру.

The choice of effective and safe method to blast the near-contour rocks

Abstract. The article considers the issues of the most effective and safe method to blast the near-contour rocks with ability to create stability for quarry sides when they are forming at the last position at open-pit mining. Based on research and analysis of results in blasting operations of mining companies, their trends of ledge sloping in order to improve the technology of contour blasting. It is noted that it is impractical to use traditional methods of forming explosive charges in contours wells. A method using a new charge design is proposed to reduce the impact of the explosion on the contour mass. The method has been tested in quarries for beveling of sides with different rock strengths and fracturing.

Key words: contour blasting, quarry side, chaplet charge, loosening charge, short-delayed blasting, crushing of rocks, cutting of the side of the quarry.

Введение

Одной из проблем разработки глубоких карьеров является обеспечение устойчивости бортов при постановке их в конечное положение. Важнейшим фактором, влияющим на устойчивость бортов в скальных породах, является степень нарушенности массива в результате динамического воздействия массовых взрывов. Для локализации этого воздействия применяются различные виды контурного взрывания. Они позволяют предохранить законтурный массив от разрушения, сформировать устойчивые откосы, увеличить углы наклона бортов карьера и повысить эффективность работ за счет уменьшения доли вскрыши.

Отработка приконтурной зоны без оставления зависаний и отслоений породы на борту карьера позволяет обезопасить отработку нижележащих уступов.

Методы контурного взрывания

Одним из способов контурного взрывания является метод предварительного щелеобразования [1, 2], заключающийся в создании экранирующей щели, отсекающей массив от охраняемой поверхности путем расположения сближенных оконтуривающих скважин по проектному контуру и взрывании в них зарядов ВВ специальной конструкции.

Способ позволяет управлять взрывным воздействием, уменьшая общее действие импульса взрыва и перераспределяя энергию между бризантной и фугасной формами его работы.

Уменьшение импульса взрыва достигается применением скважин меньшего диаметра [3, 4], использованием более слабых взрывчатых веществ (ВВ), ограничением

массы штатных ВВ в конструкциях шланговых или расщепленных точечных зарядов или зарядов с воздушными полостями [5, 6].

Недостатком способа является увеличение парка буровых станков, повышение объема бурения за счет радикального сближения контурных скважин для образования слабыми зарядами генеральной трещины в зажатой среде. Кроме того, отвлечение сил и средств на вспомогательные операции предварительного щелеобразования повышает себестоимость буровзрывных работ (БВР).

Более экономически эффективным является способ совмещения взрывания на рыхление с контурным взрыванием. Подобный способ включает бурение контурного и предконтурного рядов скважин, зарядание контурных скважин с уменьшенным коэффициентом зарядания, а предконтурных – зарядами рыхления. При этом предконтурные скважины располагают в плане в шахматном порядке в вершинах воображаемой плоской ломаной с углами 80-100° и одновременно взрывают [7-12].

Применение подобной технологии с одновременным бурением скважин на рыхление и на заоткоску борта карьера с последующим управлением импульсом взрыва путем уменьшения коэффициента зарядания контурных скважин уменьшает затраты на БВР, но снижает качество отработки приконтурной части массива.

Одновременное взрывание контурного и предконтурного рядов скважин создают мощный импульс на фронте волны детонации, направленной вглубь законтурного массива. Это ведет к его разрушению, снижает устойчивость откоса борта карьера, образует на поверхности откоса травмоопасные отслоения. Применение умень-

шенного коэффициента заряжения скважин, выполняемого за счет снижения плотности заряда по всей длине скважины, способствует образованию порогов в подошве уступа.

Наиболее эффективным и безопасным по достигаемым результатам является способ завершающего контурного взрывания (гладкого откоса).

Данный способ заключается в уменьшении интенсивности разрушающего воздействия взрывных волн на приобортовой массив карьера за счет использования наиболее благоприятных форм действия взрыва. Это достигается оставлением в приконтурной зоне небольшого целика, бурения по линии контура скважин на определенном расстоянии друг от друга и применения специальной конструкции зарядов с минимально выраженным бризантным действием.

Доработку целика производят гирляндами рассредоточенных зарядов в виде патронов ВВ, прикрепленных на определенном расстоянии друг от друга к детонирующему шнуру и инициируемых в направлении сверху вниз. Величину зоны разрушения ограничивают минимальной площадью контакта патрона со стенкой скважины и переводом импульса взрыва из бризантного в фугасное действие. Для преодоления сопротивления скальных пород в плоскости заоткоски борта карьера используют одновременный взрыв контурных скважин, так как известно, что поле напряжений на линии, соединяющей скважинные заряды, оказывается выше, чем во всех других направлениях. Это позволяет на линии, соединяющей заряды, образовать генеральную трещину, по которой происходит прорыв газов в атмосферу с резким снижением давления в зарядных полостях. Это позволяет ограничить разрушительное действие зарядов на законтурный массив.

Недостатком способа являются его недостаточно высокие показатели эффективности и безопасности. Это объясняется тем, что в приконтурной зоне необходимо оставлять на доработку достаточно широкий целик, в котором поперечные трещины от взрывов рыхления не проникли в законтурное пространство. Однако широкий целик трудно оторвать от массива при малой величине импульса взрыва. Поэтому приходится сгущать скважины в ряду, отсекая законтурный массив большим количеством скважин, что увеличивает затраты на бурение и снижает эффективность способа.

Для снижения объемов бурения приходится увеличивать количество патронов в гирлянде. Это ведет к разрушению законтурного массива, травмоопасному отслоению скальных пород формируемого борта, снижающему безопасность.

Из теории известно, что процесс откола дорабатываемого целика должен производиться при соблюдении энергетического закона ограниченного превышения разрушающего воздействия над сопротивлением породы взрывному разрушению. Однако сопротивление пород по высоте уступа неодинаково. Породы, расположенные в зоне сопряжения плоскости заоткоски уступа с его подошвой, находятся в условиях сильного зажима. Сопротивление пород взрывному разрушению здесь достигает максимума.

Энергии рассредоточенных зарядов гирлянды не хватает для того, чтобы проработать этот участок взрывом, оголить нижнюю часть уступа и выйти на проектную отметку уровня подошвы уступа. При взрыве откол целика от массива происходит выше заданного уровня подошвы, то есть там, где сопротивление пород больше прикладываемых к ним усилий. В результате образуется непроработанный взрывом порог, затрудняющий работу погрузочно-транспортного оборудования, завышающий уровень рабочей площадки ниже обрабатываемого уступа. Неразрушенный взрывом объем породы приходится повторно обрабатывать вместе с нижним уступом, увеличивая при этом объемы бурения и количество расходуемых ВВ, что снижает эффективность работ.

Для решения проблемы разработан способ завершающего контурного взрывания, отличающийся более высокой эффективностью и повышенной безопасностью. Параметры контурного взрывания при этом определяются математически в зависимости от крепости скальных пород.

На доработку контурным взрыванием оставляют целик шириной 3-4 м, взрывание на рыхление породы вблизи контура ведут при сгущении сетки бурения на 20-30% по сравнению с сеткой бурения скважин, используемой при рыхлении, и уменьшении плотности заряжения за один, два ряда до контура на 30-40% по сравнению с плотностью заряжения скважин, используемой при рыхлении.

Расстояние между контурными скважинами в ряду a_k определяют из выражения:

$$a_k = 14/f, \text{ м}, \quad (1)$$

где f – крепость пород по шкале Протоdjяконова.

Контурные скважины бурят в ряд по линии контура диаметром 90-165 мм с наклоном, равным углу откоса уступа борта карьера, с перебором l , величину которого определяют из выражения:

$$l = (f/4 - 2), \text{ м}. \quad (2)$$

В данной части скважин формируют сосредоточенный заряд из взрывчатых веществ, используемых для рыхления, которые укладывают на полное сечение скважин на высоту до 2,5 м, а остальную часть скважин заряжают гирляндой зарядов, плотность которых ρ определяют из выражения:

$$\rho = 0,16 f, \text{ кг/м}. \quad (3)$$

Инициирование зарядов в скважинах осуществляют в направлении снизу вверх, а взрывание скважинных зарядов в ряду производят с интервалом 25-42 мс.

Способ поясняется чертежами, где на рис. 1 изображен план расположения скважин в ряду по линии контура со схемой коммутации взрывной сети, на рис. 2 – поперечный разрез целика, оставляемого на доработку.

Способ контурного взрывания выполняется следующим образом.

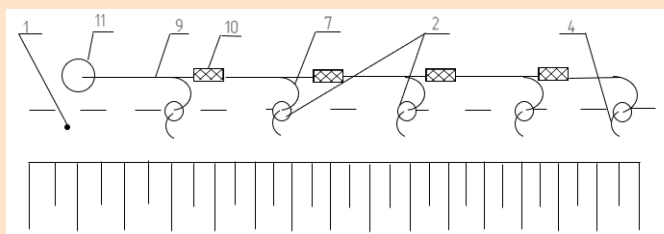


Рис. 1. Схема коммутации взрывной сети по линии контура.

Сурет 1. Жарылғыш желіні контур сызығы бойынша жүргізу сызбасы.

Figure 1. Circuit diagram of the explosive network along the contour line.

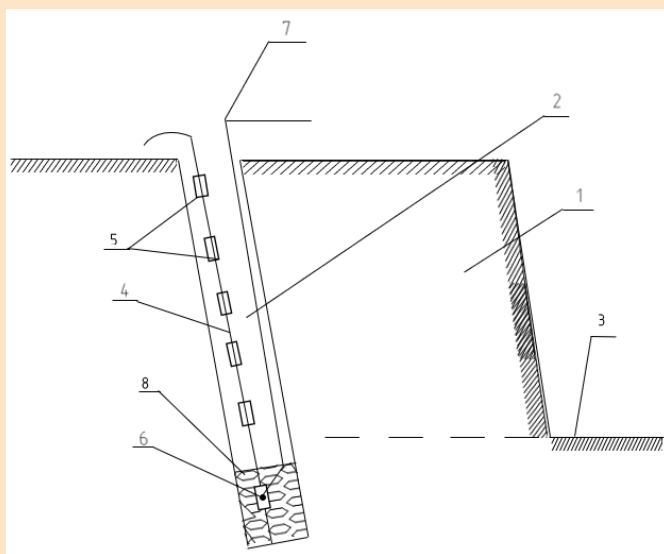


Рис. 2. Поперечный разрез целика, оставляемого на доработку.

Сурет 2. Тіректің көлденең қимасын жетілдіру.

Figure 2. A cross section of the rear end, which is being left for revision.

За один-два ряда до контура сетка бурения скважин на рыхление сгущается на 20-30% по сравнению с сеткой бурения скважин, используемой при рыхлении. Соответственно на 30-40% уменьшается плотность зарядов рыхления введением в состав ВВ разуплотняющей добавки.

В оставляемом на доработку целике 1 шириной 3-4 м по линии контура бурится ряд наклонных скважин 2 диаметром 90-165 мм. Расстояние между контурными скважинами в ряду a_k задается из выражения (1).

Для крепости пород f , равной 8-10 по шкале Протодьяконова, расстояние между скважинами получается равным 1,4-1,75 м. Для крепости пород 16-18 расстояние уменьшается до 0,8-0,9 м.

Наклон скважин 2 задается соответственно равным углу наклона уступа. Скважины 2 бурятся с перебором ниже подошвы уступа 3 глубиной, определяемой в зависимости от свойств горных пород из выражения (2). При крепости пород 8-10 перебор составляет 2,0-2,5 м.

Гирляндный заряд готовится заранее или на месте ведения взрывных работ. К детонирующему шнуру 4 при-

крепляются патроны 5 капсуле-чувствительных ВВ диаметром 34-36 мм.

Патроны прикрепляются на расстоянии друг от друга, соответствующем плотности заряжения ВВ, определяемой из выражения (3). В нижний патрон вводится детонатор 6 неэлектрической системы инициирования, соединенный с внутрискважинным волноводом 7. Комплект опускается в скважину 2, концы детонирующего шнура 4 и волновода 7 оставляются на поверхности. В нижней части скважин 2 формируются сосредоточенные заряды 8 на полное сечение скважин высотой до 2,5 м из штатных гранулированных или эмульсионных ВВ, используемых для рыхления.

Коммутируется взрывная сеть. Концы выведенных из скважин 2 волноводов 7 соединяются с межскважинными волноводами 9, соединенными между собой через межскважинные замедления 10. Конец последнего волновода 9 вводится в пусковое устройство 11.

Взрывание происходит следующим образом. При включении пускового устройства 11 искровой разряд воспламеняет состав внутри волновода 9. Воспламеняющий импульс через интервалы времени 25-42 мс, отмеряемые межскважинными замедлениями 10, передается по волноводам 7 к детонаторам 6. Поочередно друг за другом начинают детонировать сосредоточенные заряды 8, а за ними гирляндные заряды в скважинах 2.

Благодаря большой массе сосредоточенных зарядов 8 диаметром 90-165 мм и длине до 2,5 м при их детонации образуются ударные волны, распространяющиеся во все стороны от зарядов, и продукты детонации в виде газов высокого давления. На расстоянии до двух диаметров скважин 2 происходит измельчение породы в зоне ее контакта с зарядом 8. Измельчению подвергается часть породы, находящейся в условиях зажима между подошвой уступа и монолитным массивом, обладающая высоким сопротивлением взрывному разрушению. На удалении от заряда энергия ударной волны резко снижается и превращается в упругую волну напряжений, вызывающую сжатие породы. Окружающая среда реагирует на это по-разному.

Законтурный массив, обладающий монолитной структурой и отсутствием плоскостей обнажений, не отражает ударных волн, которые рассеиваются и затухают. Порода, сжатая во время прохождения ударной волны, возвращается в исходное состояние без нарушения сплошности. В плоскости скважин процесс протекает иначе. Ударные волны от соседних зарядов встречаются друг с другом с интервалом 25-42 мс, накладываются друг на друга в разных фазах, интерферируют и вводят породу в колебательное состояние сжатия – растяжения.

Динамические напряжения приводят к смещению частиц, которое ведет к образованию зародышевых трещин в местах микроскопических неоднородностей, их развитию навстречу друг другу, проникновению в них продуктов детонации и последующему смыканию. При этом образуется генеральная трещина, лежащая в плоскости контура, расположенная на уровне подошвы, готовая распространиться в верхнюю часть целика.

Следом за детонацией сосредоточенных зарядов 8 в скважинах 2 начинают детонировать рассредоточен-

ные гирляндные заряды в направлении снизу вверх, способствуя развитию генеральной трещины. При этом гирляндные заряды детонируют с интервалом 25-42 мс, увеличивая продолжительность фугасного воздействия, направленного навстречу друг другу. Это позволяет поддерживать колебания породы в плоскости контура, генерированные зарядами 8, тем самым ослабить прочностные связи в плоскости развития генеральной трещины.

Одновременно с этим в сторону поверхности обнажения, которой является подошва уступа, генерируется высокоамплитудная волна, содержащая большую часть энергии заряда диаметром 90-165 мм и высотой до 2,5 м. Ударная волна на порядок превышает предел прочности породы на сжатие целика, ширина которого составляет 3-4 м. Ее передний фронт одновременно является и фронтом поверхности разрушения породы. Проникновение в трещины продуктов детонации многократно усиливает динамическую составляющую действия взрыва в сторону поверхности обнажения. Происходит интенсивное разрушение породы, лежащей в основании целика, и выброс ее в сторону поверхности обнажения. По всей длине уступа происходит подсечка уступа по линии наименьшего сопротивления (ЛНС) к поверхности обнажения. Оставшись без опоры, целик, удерживаемый массивом, зависает в виде консоли. После срабатывания с интервалом 25-42 мс рассредоточенных гирляндных зарядов в скважинах 2, действующих навстречу друг другу, прочностные связи, удерживающие целик, ослабляются и он сползает вниз под действием гравитации. При этом происходит «выглаживание» поверхности откоса уступа, освобождение ее от отслоившихся, но зацементированных кусков породы. Этим устраняется возможность падения кусков породы при отработке нижележащего уступа, повреждения погрузочно-транспортной техники и нанесения травм персоналу.

После сползания целик разрушается естественным образом от удара о почву. После уборки горной массы остается гладкая поверхность откоса на всю высоту уступа со следами в виде остатков стенок скважин.

Метод проведения испытаний

Данный способ контурного взрывания был и испытан на рудниках Абыз ПО «КЦМ» и Конырат ТОО «Корпорация Казахмыс», где применялся способ завершающего контурного взрывания, выполняемый только гирляндными зарядами.

Расчетные расстояния для ранее применяемых гирляндных зарядов составляли: на руднике Абыз – 0,8 м, а на руднике Конырат – 1,0 м.

Для испытания нового способа контурного взрывания расстояния между скважинами были увеличены соответственно до 1,1 и 1,3 м, а количество контурных скважин было уменьшено на 20-40%. Это позволило снизить трудозатраты на бурение. Зарядание контурных скважин осуществляли комбинированными зарядами, состоящими из рассредоточенных гирляндных зарядов и сосредоточенных скважинных зарядов.

Взрывание скважин происходило по вышеописанной схеме. Основание оставленных на доработку целиков

было подсечено взрывами сосредоточенных зарядов, располагающихся в перебурах скважин. После выброса породы и срабатывания рассредоточенных гирляндных зарядов целики сползли вниз по наклонным поверхностям откосов уступов и разрушились. После уборки горной массы откосы представляли собой гладкие поверхности высотой 15 и 30 м без надколов и неровностей, склонных к отслоению и падению. На массиве осталось до 50% следов скважин без видимых разрушений стенок.

Породы, расположенные в зоне сопряжения плоскости заоткоски уступа с его подошвой, были хорошо проработаны взрывом. Нижняя часть уступа выведена на проектную отметку уровня подошвы уступа.

Измельчение породы в зоне сосредоточенных зарядов ограничено двумя-тремя диаметрами скважины без образования поперечных трещин, проникающих в законтурное пространство.

Таблица 1

Результаты контурных взрывов на рудниках

Кесте 1

Кеніштердегі контурлық жарылыстардың нәтижелері

Table 1

Results of contour explosions at mines

Наименование показателя	Значение показателя для рудника	
	Абыз	Конырат
Крепость пород	12-14	10-12
Высота уступа, м	15	30
Угол откоса борта карьера, град	70	70
Глубина скважин, м	17-18	33
Диаметр скважин, мм	165	165
Длина перебура, м	1,2	0,8
Расстояние между скважинами в ряду, м	1,1	1,3
Количество скважин, шт	40	36
Высота сосредоточенного заряда, м	1	1
Плотность гирляндных зарядов, кг/м	2,1	1,8
Качество контурного взрывания	хорошее	хорошее

Заключение

Таким образом, способ завершающего контурного взрывания путем доработки оставшегося целика комбинированными зарядами в составе рассредоточенных гирляндных зарядов, располагаемых в сближаемых скважинах, и сосредоточенных зарядов, располагающихся в перебурах скважин, обладает высокой эффективностью и безопасностью. Он позволяет снизить объемы бурения по сравнению со способом гирляндных зарядов на 20-

40%, проработать подошву уступа и получить гладкий откос без травмоопасных отслоений и разрушения законтурного массива.

Применение данного способа в условиях отработки месторождений глубокого залегания позволит увеличить эф-

фективность работ за счет увеличения угла наклона бортов карьера и уменьшения доли вскрыши в соотношении к очистным работам. А выглаживание откосов при постановке бортов карьера в конечное положение обезопасит отработку нижележащих уступов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козырев С.А., Аленичев И.А., Камянский В.Н. Особенности разрушения внеконтурного массива горных пород, связанного с подрывом системы скважинных зарядов. // Международная междисциплинарная научная геоконференция SGEM, 2017. Т. 17. №13. – С.653-659 (на английском языке)
2. Камянский В.Н. Оценка сейсмозрывных нагрузок на законтурный массив при разделке отрезной щели. // ГИАБ. 2018. №7. С. 181-189 (на русском языке)
3. Флягин А.С. Контурное взрывание при разработке месторождений полезных ископаемых. / А.С. Флягин, С.Н. Жариков. // Проблемы недропользования. 2016. №3. С. 21-25 (на русском языке)
4. Морозов В.В., Петросов Ю.Э. Влияние массовых взрывов на приконтурный массив. // *Tecnika Yulduzlari*. 2018. №2. С. 116-118 (на русском языке)
5. Козырев С.А. Оценка взаимодействия скважинных зарядов при различных интервалах замедлений между ними. / С.А. Козырев, В.Н. Камянский, И.А. Аленичев. // *Взрывное дело*. 2017. №117/74. С. 60-75 (на русском языке)
6. Камянский В.Н. Оценка влияния сейсмозрывных нагрузок в ближней зоне взрыва. // ГИАБ. 2017. №23. С. 316-325 (на русском языке).
7. Заиров Ш.Ш. Теоретическое обоснование методов оценки устойчивости откосов трещиноватых пород. / Ш.Ш. Заиров, Ш.Р. Уринов, А.Б. Тухташев. // *Техника. Нукус*. 2020. №2. С. 50-55 (на русском языке)
8. Тухташев А.Б. Разработка метода формирования конструкции и расчета устойчивости бортов глубоких карьеров. / А.Б. Тухташев, Ш.Р. Уринов, Ш.Ш. Заиров. // *Техника. Нукус*. 2020. №2. С. 56-58 (на русском языке)
9. Уринов Ш.Р. Теоретическая и экспериментальная оценка метода контурного взрыва при подготовке откосов в карьерах. // *Журнал NX*. 2020. Т.6. Вып. 11. С.461-467 (на английском языке)
10. Уринов Ш.Р. Определение рациональных параметров взрывных скважин при предварительного щелеобразовании в карьерах. // *Журнал NX*. 2020. Т. 6. Вып. 11. С. 468-479 (на английском языке)
11. Заиров С.С. Обеспечение устойчивости откосов при взрывных работах на карьерах Кызылкумского района. / С.С. Заиров, С.Р. Уринов, Р.У. Номдоров. // *Горные науки и технологии*. 2020. №5 (3). С. 235-252 (на английском языке)
12. Пат. №2014560, Российская Федерация, МПК F42D 3/04 (1990.01). Способ контурного взрывания / Яшкин А.З.; заявитель и патентообладатель Забайкальский комплексный научно-исследовательский институт; заявка 4836809/0; опубл. 15.06.1994 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Козырев С.А., Аленичев И.А., Камянский В.Н. Ұңғымалық зарядтар жүйесінің бұзылуымен байланысты тау жыныстарының контурдан тыс массивінің бұзылуының ерекшеліктері. // SGEM халықаралық Пәнаралық ғылыми геоконференциясы, 2017. Т. 17. №13. – Б. 653-659 (ағылшын тілінде)
2. Камянский В.Н. Кесу саңылауын кесу кезінде контурлық массивке сейсмикалық жарылғыш жүктемелерді бағалау. // ГИАБ. 2018. №7. Б. 181-189 (орыс тілінде)
3. Флягин А.С. Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезіндегі контурлық жарылыс. / А.С. Флягин, С.Н. Жариков. // *Жер қойнауын пайдалану мәселелері*. 2016. №3. Б. 21-25 (орыс тілінде)
4. Морозов В.В., Петросов Ю.Э. Контур маңындағы массивке жаппай жарылыстардың әсері. // *Tecnika Yulduzlari*. 2018. №2. Б. 116-118 (орыс тілінде)
5. Козыров С.А. Ұңғымалық зарядтардың олардың арасындағы әр түрлі баяулау аралықтарындағы өзара әрекеттесуін бағалау. / С.А. Козыров, В.Н. Камянский, И.А. Аленичев. // *Жинақ жарылғыш зат*. 2017. №117/74. Б. 60-75 (орыс тілінде)
6. Камянский В.Н. Жақын жарылыс аймағындағы сейсмикалық жарылыс жүктемелерінің әсерін бағалау. // ГИАБ. 2017. №23. Б. 316-325 (орыс тілінде)
7. Закров Ш.Ш. Жарылған жыныстардың беткейлерінің тұрақтылығын бағалау әдістерінің теориялық негіздемесі. / Ш.Ш. Закров, Ш.Р. Уринов, А.Б. Тухташев. // *Техника. Нукус*. 2020. №2. Б. 50-55 (орыс тілінде)
8. Тухташев А.Б. Терең карьерлердің конструкциясын қалыптастыру әдісін әзірлеу және борттардың тұрақтылығын есептеу. / А.Б. Тухташев, Ш.Р. Уринов, Ш.Ш. Заиров. // *Техника. Нукус*. 2020. №2. Б. 56-58 (орыс тілінде)
9. Уринов Ш.Р. Карьерлердегі беткейлерді дайындаудағы контурлық жарылыс әдісін теориялық және эксперименттік бағалау. // *Журнал NX*. 2020. Т. 6. Шығ. 11. Б. 461-467 (ағылшын тілінде)
10. Уринов Ш.Р. Карьерлерде алдын ала саңылаулар пайда болған кезде жарылғыш ұңғымалардың ұтымды параметрлерін анықтау. // *Журнал NX*. 2020. Т. 6. Шығ. 11. Б. 468-479 (ағылшын тілінде)

11. Закиров С.С., Уринов С.Р., Нолдоров Р.У. Қызылқұм ауданының карьерлеріндегі жарылыс жұмыстары кезінде серпіннің тұрақтылығын қамтамасыз ету. / С.С. Закиров, С.Р. Уринов, Р.У. Нолдоров. // Тау-кен ғылымдары мен технологиялары. 2020. №5 (3). Б. 235-252 (ағылшын тілінде)
12. Пат. 2014560, Ресей Федерациясы, МПК F42D 3/04 (1990.01). Жиекпен жарудың тәсілдері / Яшкин А.З.; өтінім беруші және патент иесі Забайкалье кешенді ғылыми-зерттеу институты; қолдану 4836809/0; жариялан. 15.06.1994 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Kozyrev S., Alenichev I., Kamyansky V.N. Features of the destruction of an out-of-contour rock mass associated with the undermining of the borehole charge system. // International Interdisciplinary Scientific Geoconference SGEM. 2017. Vol. 17. №3. P. 653-659 (in English)
2. Kamyanskii V.N. Otsenka seismovzryvnykh nagruzok na zakonturnyi massiv pri razdelke otreznoi shcheli. // GIAB. 2018. №7. S. 181-189 [Kamyansky V.N. Assessment of seismic and explosive loads on a sculptural array during cutting of a cutting gap. // Mining information and analytical bulletin. 2018. №7. P. 181-189] (in Russian)
3. Flyagin A.S. Konturnoe vzryvanie pri razrabotke mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. / A.S. Flyagin, S.N. Zharikov. // Problemy nedropol'zovaniya. 2016. №3. S. 21-25 [Flyagin A.S. Contour blasting during the development of mineral deposits. / A.S. Flyagin, S.N. Zharikov. // Problems of subsurface use. 2016. №3. P. 21-25] (in Russian)
4. Morozov V.V., Petrosov Yu.E. Vliyanie massovykh vzryvov na prikoturnyi massiv. // Teknika Yulduzlari. 2018. №2. S. 116-118 [Morozov V.V., Petrosov Y.E. The influence of mass explosions on the contour array. // Teknika Yulduzlari. 2018. №2. P. 116-118] (in Russian)
5. Kozyrev S.A. Otsenka vzaimodeistviya skvazhinnykh zaryadov pri razlichnykh intervalakh zamedlenii mezhdunami. / S.A. Kozyrev, V.N. Kamyanskii, I.A. Alenichev. // Vzryvnoe delo. 2017. №117/74. S. 60-75 [Kozyrov S.A. Evaluation of the interaction of borehole charges at various intervals of deceleration between them. / S.A. Kozyrov, V.N. Kamyansky, I.A. Alenichev. // In the collection of Explosive business. 2017. №117/74. P. 60-75] (in Russian)
6. Kamyanskii V.N. Otsenka vliyaniya seismovzryvnykh nagruzok v blizhnei zone vzryva. // GIAB. 2017. №23. S. 316-325 [Kamyansky V.N. Assessment of the impact of seismic and explosive loads in the near explosion zone. // Mining information and analytical bulletin. 2017. №23. P. 316-325] (in Russian)
7. Zairov Sh.Sh. Teoreticheskoe obosnovanie metodov otsenki ustoichivosti otkosov treshchinovatykh porod. / Sh.Sh. Zairov, Sh.R. Urinov, A.B. Tukhtashev. // Tekhnika. Nukus. 2020. №2.2. S. 50-55 [Zairov Sh.Sh. Theoretical substantiation of methods for assessing the stability of slopes of fractured rocks. / Sh.Sh. Zairov, S.R. Urinov, A.B. Tukhtashev. // Technique. Nukus. 2020. №2. P. 50-55] (in Russian)
8. Tukhtashev A.B. Razrabotka metoda formirovaniya konstruksii i rascheta ustoichivosti bortov glubokikh kar'erov. / A.B. Tukhtashev, Sh.R. Urinov, Sh.Sh. Zairov. // Tekhnika. Nukus. 2020. №2. S. 56-58 [Tukhtashev A.B. Development of a method for forming the structure and calculating the stability of the sides of deep quarries. / A.B. Tukhtashev, S.R. Urinov, S.S. Zairov. // Technique. Nukus. 2020. №2. P. 56-58] (in Russian)
9. Urinov S.R. Theoretical and experimental evaluation of the contour explosion method in the preparation of slopes in quarries. // Journal NX. 2020. Vol. 6. Issue 11. P. 461-467 (in English)
10. Urinov S.R. Determination of rational parameters of blast wells during pre-crevice formation in quarries. // Journal NX. 2020. Vol. 6. Issue 11. P. 468-479 (in English)
11. Zakirov S.S. Ensuring the stability of the rebound during blasting operations at the quarries of the Kyzylkum district. / S.S. Zakirov, S.R. Urinov, R.U. Noldorov. // Mining Sciences and Technologies. 2020. №5 (3). P. 235-252 (in English)
12. Pat. №2014560, Rossiiskaya Federatsiya, МПК F42D 3/04 (1990.01). Sposob konturnogo vzryvaniya / Yashkin A.Z.; заявитель и патентообладатель Забайкальский комплексный научно-исследовательский институт; заявка 4836809/0; опubl. 15.06.1994 [Patent 2014560, Russian Federation, IPC F42D 3/04 (1990.01). Contour blasting method / Yashkin A.Z.; applicant and patent holder Transbaikal Complex Scientific Research Institute; application 4836809/0; published 06/15/1994] (in Russian)

Сведения об авторах:

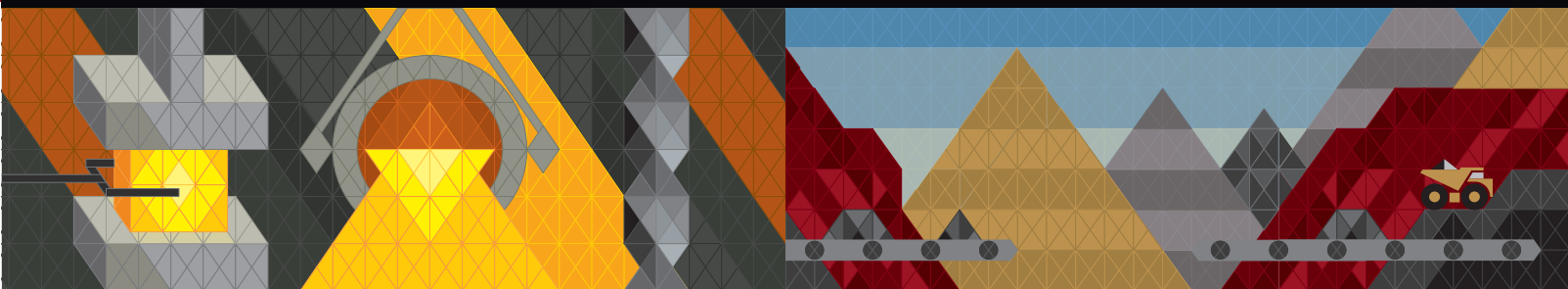
Сагидуллаев С.А., Главный эксперт управления горно-металлургической промышленности Комитета промышленной безопасности МЧС РК (г. Астана, Казахстан), sagidullaev.a@emer.kz; <https://orcid.org/0009-0005-4585-0687>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сагидуллаев С.А., ҚР ТЖМ өнеркәсіптік қауіпсіздік комитеті тау-кен металлургия өнеркәсібі басқармасының бас сарапшысы (Астана, Қазақстан)

Information about the authors:

Sagidullaev S., Chief Expert of the Department of Mining and Metallurgical Industry of the Committee for Industrial Safety of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan (Astana, Kazakhstan)



Металлургия. Металлообработка

24–27 сентября 2024
Пермь

16-я выставка современных технологий, оборудования, материалов для машиностроения, металлообрабатывающей промышленности, сварочного, подготовительного и литейного производства

крупнейший специализированный
региональный проект в России

+7 (342) 206-44-17
ochkina@proexpo.ru

metal.proexpo.ru



Рудник. Урал / The Mine. Ural

23–25 октября 2024
Екатеринбург

9-я международная выставка современных технологий, оборудования и спецтехники для добычи, обогащения и транспортировки полезных ископаемых

одна из главных выставок
горной тематики в России

+7 (342) 264-64-14
sheina@proexpo.ru

mine.proexpo.ru



Металлообработка. Сварка — Урал

18–21 марта 2025
Екатеринбург

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

крупнейший специализированный
региональный проект в России

+7 (342) 264-64-27
egorova@proexpo.ru

metal-ekb.proexpo.ru



Металлургмаш. Литмаш. Металлоконструкции

18–21 марта 2025
Екатеринбург

выставка технологий и оборудования для металлургии, литейной промышленности и готовой металлопродукции

место встречи специалистов
в области металлургии
и литейного производства

+7 (342) 264-64-24
bav@proexpo.ru

metalmash.proexpo.ru



Код МРНТИ 52.13.07

А.Ж. Имашев, *А.М. Суимбаева, А.Қ. Матаев, А.А. Мусин

НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда)

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОСТИ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫРАБОТОК

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению эффективности применения контурного взрывания в породах с повышенной трещиноватостью при проходке подземных горных выработок на примере месторождения Западный Каражал. Обоснование эффективности применения контурного взрывания производилось на основе численного анализа путем определения зон возможных обрушений законтурного массива после техногенного воздействия. Численное моделирование методом конечных элементов выполнялось в условиях применения обычного способа взрывания и контурного взрывания. На основе результатов численного анализа установлено, что с применением контурного взрывания наблюдается увеличение запаса прочности приконтурной части массива и уменьшение зоны возможного обрушения вокруг горной выработки, а также на порядок уменьшается влияние силы взрыва на законтурный массив по сравнению с обычным способом взрывания.

Ключевые слова: буровзрывные работы, контурное взрывание, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, геологический индекс прочности, критерий прочности.

Қазбалардың жобалық параметрлерінің сақталуын қамтамасыз ету үшін контурлық жарылысты қолдануды негіздеу

Аңдатпа. Мақалада Батыс Каражал кенорнының мысалында жерасты тау-кен қазбаларын үңгілеу кезінде жоғары тасжарықты тау жыныстарында контурлық жарылысты қолданудың тиімділігін зерттеу бойынша нәтижелер келтірілген. Контурлық жарылысты қолданудың тиімділігін негіздеу техногендік әсерден кейін контур маңы сілемнің ықтимал құлау аймақтарын анықтау арқылы сандық талдау негізінде жүргізілді. Соңғы элементтер әдісімен сандық модельдеу әдеттегі жарылыстың және контурлық жарылыстың қолдану жағдайында жүргізілді. Сандық талдау нәтижелерінің негізінде контурлық жарылысты қолдана отырып, сілемнің контурға жақын бөлігінің беріктік қорының ұлғаюы және тау-кен қазбасының айналасындағы ықтимал құлау аймағының азаюы байқалады, сондай-ақ жарылыстың әдеттегі әдісімен салыстырғанда контурлық жарылыс күшінің сілемге әсері азаятыны анықталды.

Түйінді сөздер: бұрғылау-жару жұмыстары, контурлық жарылыс, сандық модельдеу, кернеулі деформацияланған күй, беріктіктің геологиялық индексі, беріктік критерийі.

Justification of the use of contour blasting to ensure the safety of the design parameters of the excavations

Abstract. The article presents the results of research on the effectiveness of the use of contour blasting in rocks with increased fracturing during the sinking of underground mine excavations using the example of the Zapadny Karazhal deposit. The justification of the effectiveness of the use of contour blasting was carried out on the basis of numerical analysis by determining the zones of possible collapses of the contour array after man-made impact. Numerical modeling by the finite element method was performed under the conditions of using the conventional method of blasting and contour blasting. Based on the results of numerical analysis, it was found that with the use of contour blasting, there is an increase in the margin of safety of the contour part of the array and a decrease in the zone of possible collapse around the mine, as well as an order of magnitude decrease in the effect of the explosion force on the contour array compared to the conventional method of blasting.

Key words: drilling and blasting, contour blasting, numerical modeling, stress-strain state, geological strength index, strength criterion.

Введение

Анализ эффективности буровзрывных работ в капитальных и подготовительных выработках, особенно при их проведении по крепким породам, показывает, что не всегда достигаются достаточно хорошие результаты. Как правило, получается заниженное значение коэффициента использования шпуров (КИШ), неудовлетворительное оконтуривание выработок, низкие скорости проходки и производительности труда проходчиков.

С целью решения проблем отрицательных факторов, наряду с другими мероприятиями, на протяжении многих лет предпринимаются попытки совершенствования паспортов буровзрывных работ (БВР) путем их оптимизации. В этом направлении проведено достаточно много работ различными исследователями и производственниками [1-5], высказывались различные рекомендации, которые позволили повысить эффективность взрывных работ в конкретных горно-геологических условиях. Основная часть рекомендаций посвящена совершенствованию параметров врубовых и оконтуривающих шпуров, поскольку показатель их эффективного взрыва предопределяет и эффективность взрыва всего комплекта шпуровых зарядов ВВ.

Целью исследования является обоснование эффективности применения контурного взрывания в крепких породах с повышенной трещиноватостью для дальнейшей оптимизации параметров БВР при проходке подземных

горных выработок (на примере месторождения Западный Каражал).

Контурное взрывание – способ производства взрывных работ, при котором достигается максимальное приближение фактического профиля выработок и выемок к проектному при сохранности сплошности массива горных пород [6]. Преимуществом контурного взрывания является повышение сохранности проектных размеров выработок и устойчивости законтурной части массива на основе выбора оптимальных параметров и рациональных конструкций шпуровых зарядов. Для проведения горных выработок контурным взрыванием необходима высокоточная реализация параметров, указанных в паспортах буровзрывных работ, т.е. следует более точно выполнять разметку шпуров, а при бурении строго выдерживать углы наклона шпуров к поверхности забоя выработки.

На месторождении Западный Каражал проходка горных выработок выполняется ручным способом с применением буровой установки ПП-63. Выработка бурится на глубину 1,8-2,0 м, диаметр коронки 40 мм. При бурении горизонтальной выработки сечением 9 м² общее количество шпуров – 27 шт., из них врубовые 8 шт., вспомогательные 6 шт. и оконтуривающие 13 шт. Вид вруба «клиновой». Применяются следующие виды взрывчатых веществ: аммонит 6ЖВ (диаметр патрона 32 мм), петроген (диаметр патрона 34 мм), ДШЭ-12, ЭД-3-Н, НСВ и УИШ-5. Из них тротилсодержащие патронированные ВВ аммонит 6ЖВ и петроген.

Качество взрыва оценивают следующими показателями: коэффициентом использования шпуров (КИШ), коэффициентом излишка сечения (КИС), гранулометрическим составом взорванной породы и разбросом породы по выработке [7].

По результатам натуральных наблюдений за состоянием подземных горных выработок горизонта +44 м (блока №1 скреперный орт №4, погрузка №2 скреперный орт №2) и горизонта +60,0 (блок №8 камера №3) рудника Западный Каражал выявлено, что фактическая величина коэффициента излишка сечения (КИС) превышает нормативную, то есть переборы породы составляют 15–20% проектного сечения вчерне. Основные причины перебора породы: неправильное расположение оконтуривающих шпуров, которые заходят за проектный контур выработки; заложение заряда большой массы или повышенной мощности в оконтуривающих шпурах; расположение зоны нарушенной, неустойчивой породы, которая после взрыва обрушается в выработку.

Одним из основных мероприятий по уменьшению «переборов» является применение контурного взрывания. При обычном взрывании пород для уменьшения «переборов» необходимо правильно располагать оконтуривающие шпуры с уменьшенной величиной заряда.

Методы исследования

Обоснование эффективности применения контурного взрывания производилось на основе численного анализа путем определения зон возможных обрушений законтурного массива после техногенного воздействия. Для выполнения поставленной задачи изучались физико-механические свойства приконтурной части массива и способы взрывания, применяемые на месторождении Западный Каражал. Численное моделирование выполнялось в условиях применения обычного способа взрывания и контурного взрывания.

В шахтных условиях определены структурные свойства горных пород и выполнена линейная съемка трещин, что в свою очередь является основными показателями для определения геологического индекса прочности (GSI). По результатам съемки трещин в выработках горизонта +44 м (блока №1 скреперный орт №4, погрузка №2 скреперный орт №2) и горизонта +60 (блок №8 камера №3) построена полярная диаграмма трещиноватости (рис. 1), по которой выявлены 3 системы трещин, элементы залегания которых приведены в таблице 1.

Свойства трещиноватых горных пород определены по критерию Хука-Брауна [8] с использованием геологического индекса прочности (GSI) [9]. GSI рассчитывается по формуле:

$$GSI = \frac{52J_r/J_a}{(1+J_r/J_a)} + \frac{RQD}{2}, \quad (1)$$

где J_r , J_a – показатели шероховатости и измененности/заполнения трещин по Н. Бартону; RQD – показатель качества массива по выходу керна геологоразведочных скважин [9]. Для условий месторождения Западный Каражал принято $J_r = 1,5$; $J_a = 2$.

Тогда, согласно уравнению (1), значение геологического индекса прочности составляет $GSI = 70$.

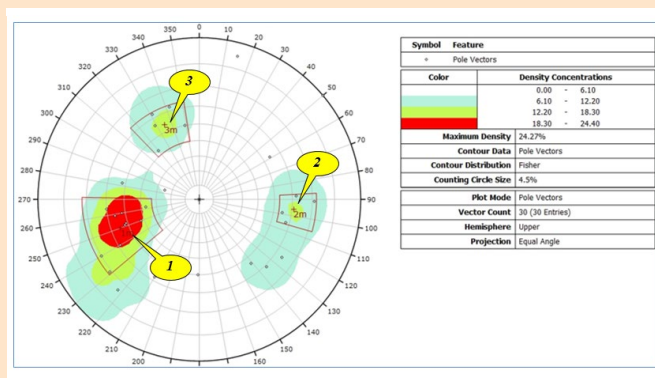


Рис. 1. Полярная диаграмма трещиноватости в программе Dips.

Сурет 1. Dips бағдарламасындағы тасжарықтардың полярлық диаграммасы.

Figure 1. Polar fracture diagram in the Dips program.

Таблица 1

Элементы залегания систем трещин

Кесте 1

Тасжарықтар жүйелерінің элементтері

Table 1

Elements of the occurrence of crack systems

№ системы	Средний угол падения, град.	Средний азимут падения, град.	Характеристика системы трещин
1	60	257	напластование
2	76	159	продольно секущая
3	34	48	поперечно секущая

Исследование сейсмического влияния взрыва на законтурный массив выполнялось на основе численного моделирования методом конечных элементов с применением программного обеспечения RS2.

Для численного анализа напряженно-деформированного состояния горных пород вокруг выработок в ПО RS2 необходима подготовка исходных данных. Исходные данные для моделирования составлены на основе результатов лабораторных и шахтных исследований с применением ПО RSData (таблица 2), которая позволяет реализовать переход от прочности образца горных пород к прочности массива на основе GSI. В процессе подготовки данных для численного анализа получены зависимости главных наибольших напряжений (σ_1) от главных наименьших напряжений (σ_3), а также паспорт прочности горных пород (рисунок 2).

Численное моделирование проводилось по критерию разрушения Кулона-Мора [10] с использованием полученных физико-механических свойств горных пород (таблица 3).

Таблица 2

Исходные данные для обработки в программе RSData

Кесте 2

RSData бағдарламасында өңдеуге арналған бастапқы деректер

Table 2

The initial data to be processed in the RSData program

Наименование	Прочность на сжатие в образце $\sigma_{сж}$, МПа	Геологический индекс прочности GSI	Модуль упругости образца E , ГПа	Объемная масса γ , т/м ³	Влияние буровзрывных работ, D
диабазы	101,5	70	32,825	2,7	0

Таблица 3

Обработанные физико-механические свойства пород

Кесте 3

Тау жыныстарының өңделген физика-механикалық қасиеттері

Table 3

Processed physical and mechanical properties of rocks

№ домена	Исходные данные для численного моделирования					
	Результаты обработанных физико-механических свойств пород					
	Прочность на растяжение в массиве σ_p , МПа	Модуль упругости массива E , МПа	Угол внутреннего трения ϕ , град	Сцепление C , МПа	Коэф. Пуассона μ	Объемная масса γ , т/м ³
I	0,292	12550,8	48,15	2,614	0,3	2,69
II	0,746	16960	46	3,2	0,3	2,7

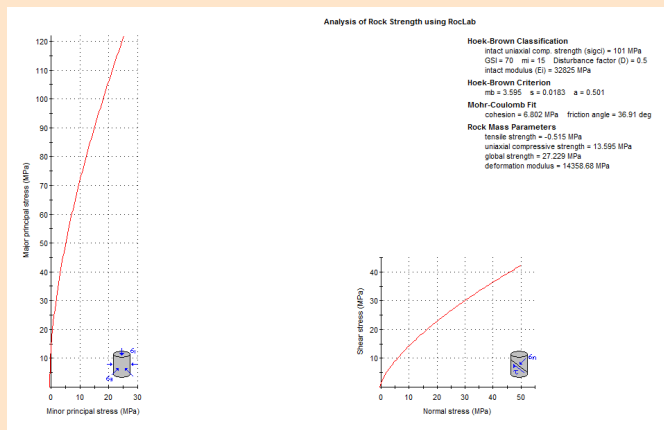


Рис. 2. Паспорт прочности горных пород.

Сурет 2. Тау жыныстарының беріктігі паспорты.

Figure 2. Rock strength passport.

Результаты и обсуждения

На рисунке 3 представлены геомеханические модели массива горных пород с выработкой сечением 9 м² и возможными зонами обрушения приконтурной части массива горных пород при ведении буровзрывных работ обычным способом (рис. 3а) и применением контурного взрывания (рис. 3б) в одинаковых горно-геологических условиях. Основным показателем для оценки устойчивости и анализа напряженно-деформированного состояния

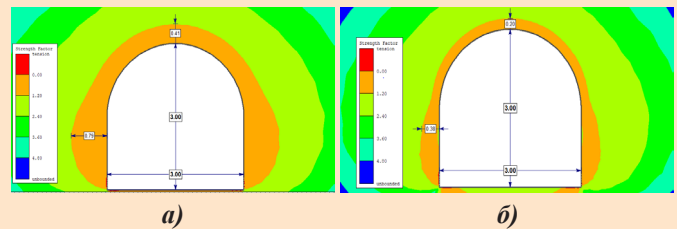


Рис. 3. Результаты численного анализа:

а – при применении обычного способа взрывания,

б – при контурном взрывании.

Сурет 3. Сандық талдау нәтижелері:

а – жарылыстың әдеттегі әдісін қолданған кезде,

б – контурлық жарылыс кезінде.

Figure 3. Results of numerical analysis:

a – using the conventional method of detonation,

b – with contour detonation.

массива горных пород вокруг техногенного обнажения является фактор прочности (Strength Factor), который представляет собой отношение возможной прочности горной породы к вызванному напряжению в рассматриваемой точке.

Анализ картины распределения изолиний по фактору прочности показал, что в обоих случаях наблюдается равномерное распределение запаса прочности по контуру выработки, заметны небольшие деформации по кровле,

а также перераспределение нагрузки на бока горной выработки. При применении обычного способа взрывания возможная зона разрушения может достигать: по кровле выработки до 0,41 м, по бокам до 0,79 м. При взрывании с применением контурного взрывания возможная зона обрушений от сейсмического воздействия силы взрыва уменьшается в два раза по сравнению с обычным способом взрывания и составляет 0,2 м с кровли и 0,38 м с боков выработки.

По результатам численного анализа можно полагать, что контурное взрывание на порядок уменьшает влияние силы взрыва на законтурный массив по сравнению с обычным способом взрывания. В дальнейшем, в целях повышения качества буровзрывных работ, планируется проведение исследований для разработки типового паспорта БВР с применением контурного взрывания, в котором будут учтены горно-геологические условия месторождения, структурные и прочностные свойства массива горных пород, а также глубина заложения выработок.

Заключение

Контурное взрывание позволяет получить приближенное соответствие фактического и проектного контуров выработки, снизить шероховатость стенок и кровли, сократить объем по уборке излишней породы, уменьшить законтурное разрушение массива.

Анализ результатов исследования показал, что с применением контурного взрывания наблюдается увеличение запаса прочности приконтурной части массива и уменьшение площади возможного обрушения вокруг горной выработки.

Дальнейшее направление исследований заключается в разработке паспорта БВР, схемы зарядания контурных шпуров и проведение опытно-промышленных испытаний по разработанным паспортам БВР.

Благодарность

Статья подготовлена на основе научных исследований, выполненных в рамках грантового проекта ИРН №АР14869856, при финансировании Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №АР14869856).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тоштемуров У.Т. Повышение эффективности буровзрывных работ при проведении подземных горизонтальных горных выработок. Монография: Алмалык, 2023, С. 96 (на русском языке)
2. Масаев Ю.А. Комплексное решение вопросов повышения эффективности буровзрывных работ на горнодобывающих предприятиях Кузбасса. // Труды Российско-Китайского симпозиума, Кемерово – Тайвань, 24-27 апреля 2000. – С. 37-45 (на русском языке)
3. Кирсанов А.К. Совершенствование методики расчета параметров буровзрывных работ при строительстве горизонтальных и наклонных горных выработок на примере рудников ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель». / А.К. Кирсанов, С.А. Вохмин, Г.С. Курчин. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2015. Т. 8. №4. С. 396-405 (на русском языке)
4. Новая концепция проектирования взрывных работ с контролем периметра для подземного перемещения металла/неметалла: отчет о расследованиях 9691. / С.Р. Айверсон, У.А. Хуструлид, Дж.С. Джонсон, 2013, 79 с. (на английском языке)
5. Андреев Р.Е. К вопросу расчета параметров буровзрывных работ с учетом напряженно-деформированного состояния горного массива. // Взрывное дело. 2007. №98/55. С. 63- 67 (на русском языке)
6. Имашев А.Ж. Повышение показателей качества взрывных работ путем изучения естественного поля напряжений и воздействия силы взрыва на горный массив. / А.Ж. Имашев, А.Е. Сударииков, А.А. Муз, А.М. Суимбаева, С.Ю. Сун. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геолого-технических наук. 2021. Т. 4. №448. С. 30-35 (на английском языке)
7. Тоштемуров У.Т. Анализ методов расчета рациональных параметров буровзрывных работ при переходе горных выработок на припой. // Международный междисциплинарный исследовательский журнал ACADEMICIA. 2020. Т. 10. Вып. 11. С. 1923-1930 (на английском языке)
8. Хук Э. Критерий разрушения Хука-Брауна и издание GSI-2018. / Хук Э., Браун Э.Т. // Журнал механики горных пород и геотехнической инженерии. 2019. №11. С. 445-463 (на английском языке)
9. Хук Э., Картер Т., Дидерихс М. Количественная оценка диаграммы индекса геологической прочности. // Труды 47-го симпозиума по механике горных пород США. Симпозиум по геомеханике, Сан-Франциско, США, 2013. – С. 1-8 (на английском языке)
10. Хакстон А. Критерий Мора-Кулона для прочности и трения неповрежденных горных пород – переоценка и учет разрушения при многоосных напряжениях. / Хакстон А., Раттер Э. // Твердая земля. 2016. №7. С. 493-508 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Тоштемуров У.Т. Жерасты көлденең тау-кен қазбаларын жүргізу кезінде бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін арттыру. Монография: Алмалык, 2023, С. 96 (орыс тілінде)

2. Масаев Ю. А. Кузбасс тау-кен өндіру кәсіпорындарында бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін арттыру мәселелерін кеңенді шешу. // Ресей-Қытай симпозиумы, Кемерово – Тайвань 24-27 сәуір 2000 ж. – Б. 37-45 (орыс тілінде)
3. Кирсанов А.К. Көлденең және көлбеу кен қазбаларын салу кезінде бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлерін есептеу әдістемесін «Норильск никель» ТМК» ААҚ Полярлық бөлімшесінің шахталарының мысалында жетілдіру. / А.К. Кирсанов, С.А. Вохмин, Г.С. Курчи. // Сібір федералды университетінің журналы. Серия: Техника және технология. 2015. Т.8. №4. Б. 396-405 ББ (орыс тілінде)
4. Металды/бейметалды жер асты қозғалысына арналған периметрді басқаратын жарылғыш заттарды жобалаудың жаңа тұжырымдамасы: тергеу есебі 9691. / С.Р. Айверсон, В.А. Хуструлид, Дж.С. Джонсон, 2013, 79 б. (ағылшын тілінде)
5. Андреев Р.Е. Тау сілемінің кернеулі-деформацияланған күйін ескере отырып, бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлерін есептеу мәселесіне. // Жарылыс ісі. 2007. №98/55. Б. 63-67 (орыс тілінде)
6. Имашев А.Ж. Кернеулердің табиғи өрісін және жарылыс күшінің тау жотасына әсерін зерттеу арқылы жарылыс жұмыстарының сапа көрсеткіштерін арттыру. / А.Ж. Имашев, А.Е. Судариков, А.А. Мусин, А.М. Суимбаева, С.Ю. Асан. // Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының жаңалықтары. Геологиялық-техникалық ғылымдар сериясы. 2021. Т. 4. № 448. Б. 30-35 (ағылшын тілінде)
7. Тощтемиров У.Т. Тау-кен қазбаларын дәнекерлеуге көшіру кезінде бұрғылау-жару жұмыстарының ұтымды параметрлерін есептеу әдістерін талдау. // Academicia халықаралық пәнаралық зерттеу журналы. 2020. Т. 10. Шығ. 11. Б. 1923-1930 (ағылшын тілінде)
8. Хук Э. Хук-Браунды жою критерийі және GSI-2018 басылымы. / Хук Э., Браун Э.Т. // Тау жыныстары механикасы және геотехникалық инженерия журналы. 2019. №11. Б. 445-463 (ағылшын тілінде)
9. Хук Э., Картер Т., Дидерихс М. Геологиялық беріктік индексінің кестесін Сандық Анықтау. // АҚШ-тың 47-ші Тау Жыныстары Механикасының Еңбектері. Геомеханика Симпозиумы. Сан-Франциско, АҚШ, 2013. – Б. 1-8 (ағылшын тілінде)
10. Хакстон А. Бүтін жыныстардың беріктігі мен үйкелісі үшін Мор-Кулон критерийі – көп осьті кернеулердегі бұзылуды қайта бағалау және есепке алу. / Хакстон А., Руттер Э. // Қатты жер. 2016. №7. Б. 493-508 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Toshtemirov U.T. Improving the efficiency of drilling and blasting operations during underground horizontal mining. Monograph: Almalyk, 2023. 9 P. 6 (in Russian)
2. Masaev Yu.A. Comprehensive solution to the issues of increasing the efficiency of drilling and blasting operations at Kuzbass mining enterprises. // Proceedings of the Russian-Chinese Symposium, Kemerovo – Taiwan, April 24-27 2000, 2000. – P. 37-45 (in Russian)
3. Kirsanov A.K. Improving the methodology for calculating the parameters of drilling and blasting operations during the construction of horizontal and inclined mine workings on the example of the mines of the ZF of OJSC MMC Norilsk Nickel. / A.K. Kirsanov, S.A. Vokhmin, G.S. Kurchin. // Journal of the Siberian Federal University. Series: Engineering and Technology. 2015. Vol. 8. №4. P. 396-405 (in Russian)
4. A new perimeter control blast design concept for underground metal/nonmetal drifting applications: Report of Investigations 9691. / S.R. Iverson, W.A. Hustrulid J.C. Johnson, 2013, 79 p. (in English)
5. Andreev R.E. On the issue of calculating the parameters of drilling and blasting operations taking into account the stress-strain state of the mountain range. // Explosive case. 2007. №98/55. P. 63-67 (in Russian)
6. Imashev A.Zh. Improving the quality of blasting indicators by studying the natural stress field and the impact of the blast force on the rock mass. / Imashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A., Suimbayeva A.M., Asan S.Yu. // News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2021. Vol. 4. №448. P. 30-35 (in English)
7. Toshtemirov U.T. Analysis of methods for calculating the rational parameters of drilling-blasting operations in the transition of mining solder. // International interdisciplinary research journal ACADEMICIA. 2020. Vol. 10. Issue 11. P. 1923-1930 (in English)
8. Hoek E. The Hoek-Brown failure criterion and GSI - 2018 edition. / Hoek E., Brown E.T. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2019. №11. P. 445-463 (in English)
9. Hoek E., Carter T., Diederichs M. Quantification of the geological strength index chart. // Proceedings of the 47th US Rock Mechanics. Geomechanics Symposium, San Francisco, USA, 2013. – P. 1-8 (in English)

10. Hackston A. *The Mohr-Coulomb criterion for intact rock strength and friction – a reevaluation and consideration of failure under polyaxial stresses.* / Hackston A., Rutter E. // *Solid Earth*. 2016. №7. P. 493-508 (in English)

Сведения об авторах:

Имашев А.Ж., PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), a.imashev@kstu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-9799-8115>

Суймбаева А.М., PhD, и.о. доцента кафедры «Рудничная аэрология и охрана труда», НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), suimbayeva.aigerim@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6582-9977>

Матаев А.К., PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), mataev.azamat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9033-8002>

Мусин А.А., PhD, ст. преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), musin_aibek@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6318-9056>

Авторлар туралы мәліметтер:

Имашев А.Ж., PhD, қауымдастырылған профессор, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының меңгерушісі (Қарағанды қ., Қазақстан)

Суймбаева А.М., PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Кеніштік аэрология және еңбекті қорғау» кафедрасы доцентінің м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Матаев А.К., PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Мусин А.А., PhD, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Imashev A.Zh., PhD, Associate Professor, Head of the Department «Development of mineral deposits» NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Suimbayeva A.M., PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Mining Aerology and Labor Protection» NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Mataev A.K., PhD, senior lecturer of the department «Development of mineral deposits» NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Mussin A.A., PhD, Senior Lecturer of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)



Тимченкодан
Маркетинг

Маркетингтік
нигилизм
агенттігі

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



ДО САМОЙ СУТИ!

Маркетинг для
производственных
компаний

- Создаем бренды
- Формируем имидж и репутацию
- Отстраиваем от конкурентов
- Увеличиваем продажи
- Выводим на новые рынки

Стратегия | Дизайн | Репутация | Отраслевые выставки | Работа со СМИ

Код МРНТИ 52.13.05

*А.Б. Кыдрашов¹, Н.М. Жумагалиева², М.Ж. Рыскалиев², С.М. Жарылгапов²
¹Джордж Вашингтон университеті (Вашингтон қ., АҚШ),²Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан)

ТАЗАРТПА КЕҢІСТІГІНІҢ МАҢЫНДАҒЫ МАССИВТІҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫ КҮЙІН ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕУ

Аннотация. Тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі бұзылыс аймағының қалыптасу динамикасын талдау нәтижесінде байқаймыз. 322-Д6-3-3 лавасының бұзылу қадамдарына болжам жасалды. №22585 мен 22576 барлау ұңғымалары бойынша мәліметтер алынды. Бөлшектеу-жинау кенүңгірінің кендіңгінен 56-59 м қашықтықта бірінші бұзылыс орын алғандығын шақтының маркшейдерлік қызметі бақылаған кезде табанның жиырылуы әсерінен 2018 жылы тазартпа кенжарының центріде метанның көп бөлінуінің әсерінен газдинамикалық құбылыс болды. Лавада өте қатты газбөліну байқалынып, тазартпа кенжарында 4000 тоннадан 3000 тоннаға дейін төмендетілді, бұл дегеніміз газдинамикалық құбылыстың негізгі төбенің бұзылу қадамдарымен өзара байланысын көрсетеді.

Түйінді сөздер: сандық модельдеу, лава, кендіңгек, тазартпа кеңістігі, кернеу, қауіпсіздік коэффициенті, кенүңгір, кернеулі-деформациялы күйі, бұзылыс аймағы, түсіру аймағы, тау сілемі.

Geomechanical justification of the stress-strain state of the massive in the cleaning space

Abstract. As a result of the analysis of the dynamics of the formation of the destruction zone, the roof and soil of the chamber. Lava 322-D6-3-Z destruction steps were assumed. The data were obtained for exploration wells No. 22585 and 22576. In 2018, a gas-dynamic phenomenon occurred due to the release of a large amount of methane in the center of the working face due to heaving of the soil, when the first disturbance occurred at a distance of 56-59 m from the rear of the assembly chamber. An extremely strong gas degassing was observed in the longwall, which at the working face decreased from 4000 to 3000 tons, which indicates the interaction of the gas-dynamic phenomenon with the main stages of roof collapse.

Key words: numerical modeling, longwall, pillar, clearing space, stress, safety factor, chamber, stress-strain state, fracture zone, unloading zone, massif.

Геомеханическое обоснование напряженно-деформированного состояния массива в зоне очистного пространства

Аннотация. В результате анализа динамики формирования зоны разрушения кровли и почвы камеры были предположены шаги разрушения лавы 322-Д6-3-3. Данные получены по разведочным скважинам №22585 и 22576. В 2018 году произошло газодинамическое явление из-за выброса большого количества метана в центре очистного забоя из-за пучения почвы, когда первое нарушение произошло на расстоянии 56-59 м от целика монтажной камеры. В лаве наблюдалась чрезвычайно сильная дегазация газа, которая на очистной забой уменьшилась с 4000 до 3000 тонн, что указывает на взаимодействие газодинамического явления с основными стадиями обрушения кровли.

Ключевые слова: численное моделирование, лава, целик, очистное пространство, напряжение, запас прочности, камера, напряженно-деформированное состояние, зона разрушения, зона разгрузки, массив.

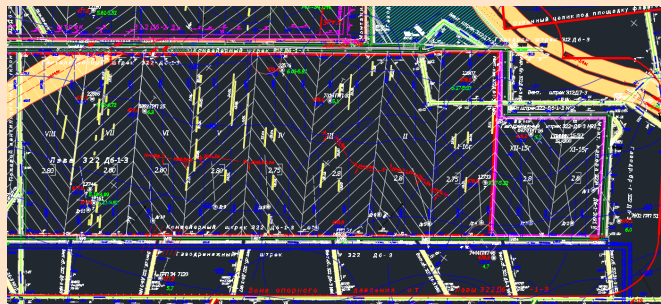
Кіріспе

«Қазақстан» шақтысының 322-Д6-3-3 лавасы Д6 қабатын игеруде (1 сурет), қабаттың құлау бұрышы 7-14°, тазартпа кенжарында жинау-бөлшектеу кенүңгірінің ұзындығы 217 метр, әрі қарай желдету штреті бойынша лаваның ұзындығы 240 метрге дейін өседі. Лаваның төбесін басқару-толықтай бұзу арқылы жүзеге асады. Геологиялық барлау ұңғымасының мәліметін келтіреміз (2 сурет, 3 сурет) [1].

Тау сілемінің кернеулі-деформациялық күйін сандық модельдеу Phase2 бағдарламасы арқылы жүзеге асты (www.rockscience.com) [2].

Материалдар және әдісі

Әртүрлі механикалық қасиеттері бар тау жыныстарында жерасты құрылысы мен тау-кен жұмыстарын жүргізгенде тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін ақырғы элементтер әдісімен модельдеу үшін Phase2 мықты бағдарлама болып табылады. Инженерлік тапсырмаларды шешу, орнықтылықты ақырғы элементтік анализдеумен қатар жобалау үшін бағдарламаны қолдануға болады. Бірнеше қабаттан тұратын тау сілемдерін, тау жынысы үйінділері мен дамбыларды, еңіс қазбалар мен карьерлерді көпсатылы, әрі күрделі модельді анализдеп тез жасауға болады. Мор-Кулон және Хук-Браун критериялары бойынша бағдарламада тау сілемінің тау жыныстарымен қабаттарын модельдейді. 322-Д6-3-3 лавасы Д6 қабатын игеруде кенжардың қазылып жүріп отыруына байланысты 6 қадамнан тұратын көп сатылы моделдеуде маңайдағы тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін есептеді (4-сурет) [3, 4,5].



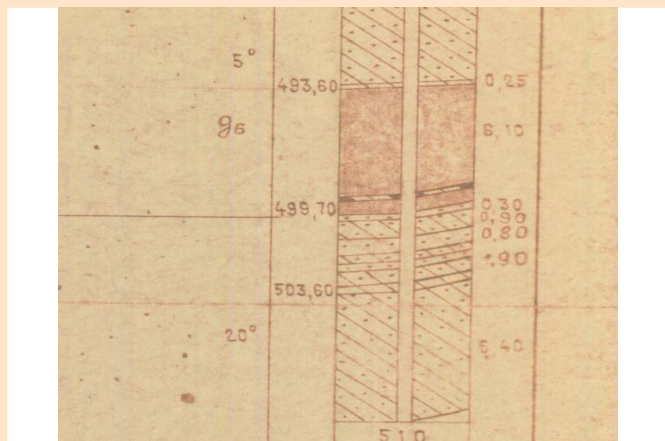
Сурет 1. 322-Д6-3-3 лавасының сызбасы.

Figure 1. Longwall layout 322-D6-3-Z.

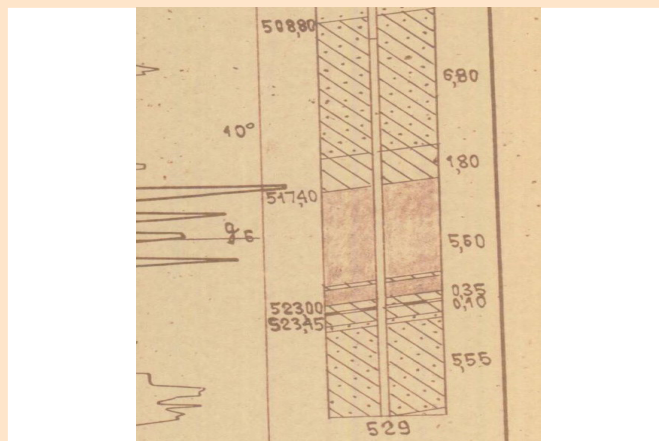
Рис. 1. Схема лавы 322-Д6-3-3.

Графикалық бейнелеуде басты (вертикальды) кернеулердің σ_1 максимальды мәндері 5 суретте берілген. Қазбаның шеткі жағындағы тіректік қысымның (19...-29 МПа) қалыптасуымен қатар тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі вертикальды кернеулермен (4...-2 МПа) кернеулерді түсіру аймағымен қалыптасуын бақылай аламыз [6]. Бұзылмаған табиғи кернеулі жағдайында $\sigma_1 = \gamma H = 12...13$ МПа. Бұл жағдай күмбездердің қалыптасуы мен төбенің құлауына, табанындағы әлсіз тау жыныстарының жиырылуына алып келеді [7, 8].

Графикалық бейнелеуде басты (горизонтальды) кернеулердің σ_3 максимальды мәндері 5 суретте берілген. 5 суретте тазартпа қазбасының табаны мен төбесіндегі созушы горизонтальды кернеулермен оларды түсіру аймағының қалыптасуын көреміз (0...-8 МПа) [9, 10]. Бұзылу аймақтарындағы кернеулі жағдайында $\sigma_3 = \lambda \gamma H = 3,4...4,1$ МПа.

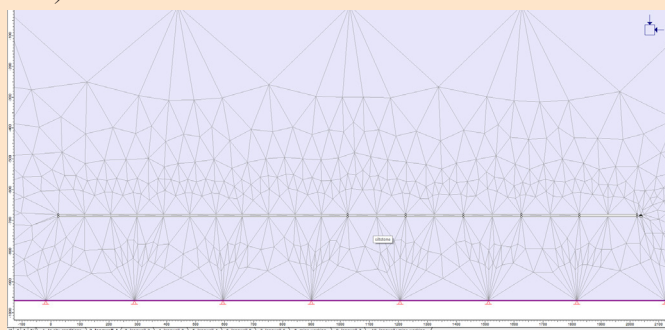


Сурет 2. №22576 барлау ұңғымасының мәліметі.
Figure 2. No. 22576 exploration well data.
Рис. 2. Данные разведочной скважины №22576.

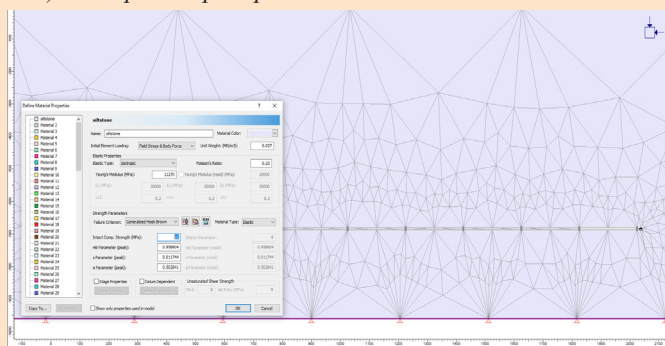


Сурет 3. №22588 барлау ұңғымасының мәліметі.
Figure 3. No. 22588 exploration well data.
Рис. 3. Данные разведочной скважины №22588.

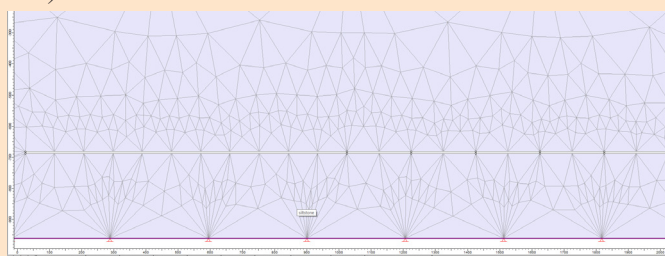
а) 1 саты



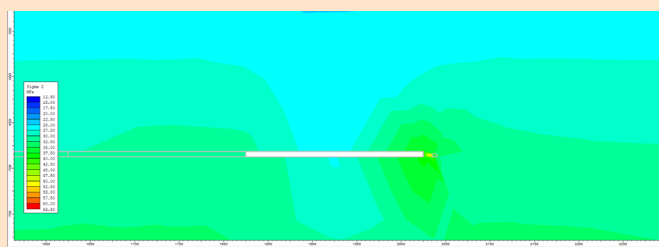
ә) материалдар терезесі



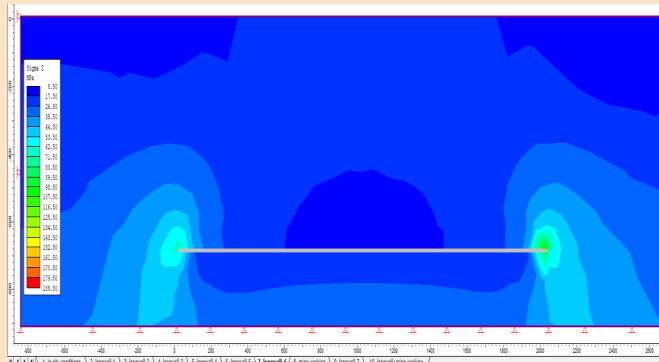
б) 6 саты



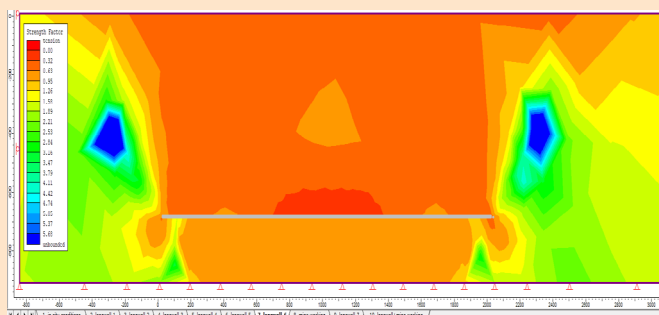
Сурет 4. Тазарту кеңістігін Phase2 бағдарламасымен моделдеу.
Figure 4. Modeling the cleaning space with the Phase2 program.
Рис. 4. Моделирование очистного пространства программой Phase2.



ә) 6 саты



Сурет 5. Максималды басты кернеудің мәндері σ_1 .
Figure 5. Maximum main strain values σ_1 .
Рис. 5. Значения максимального главного напряжения σ_1 .



Сурет 6. Қауіпсіздік коэффициенті мәндерінің таралуы: 6 саты.
Figure 6. Distribution of safety factor values.
Рис. 6. Распределение значений коэффициента безопасности: 6 стадия.

Тау сілемінің нүктелеріндегі қауіпсіздік коэффициентінің таралуын аңғаруға болады (6 сурет). №22576 барлау ұңғымасының мәліметтерін есепке қолдандық. 322-Д6-3-3 лавасының бұзылу қадамдарына болжам жасалды. Бұзылу қадамдарының бол-жамдық мәндері Пак Г.А. әдістемесі бойынша $L_1 = 10$; $L_2 = 20$; $L_3 = 50$ [11, 12].

Қорытынды

Жинау-бөлшектеу кенүңгірінің кентірегінен 55-57 м қашықтықта бірінші құлауы орын алып, шақтының маркшейдерлік қызметі бақылауға алды. Тазартпа

кенжарының ортасына қарай метан-ның бөлінуімен газдинамикалық құбылыс болды. Лавада қатты газ бөліну болған соң тазартпа кенжарына түсіретін жүктемені 4000 тоннадан 3000 тоннаға азайтты. Монтаждық кенүңгірден 167 м алыстаған кезде газдинамикалық құбылыс қайталанды. Бұл жағдайлар негізгі төбенің бұзылуы-мен газдинамикалық құбылыстың өзара байланысы барын көрсетеді. Тазартпа жұмыстарын жүргізгенде геомеханикалық зерттеумен бірге сандық модельдеу әдістерін қолданудың қажет екендігін аңғартады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Хук Е. Жерасты құрылысындағы балама жерүсті бақылау стратегиялары. // «Туннельдер мен жерасты жұмыстарының құрылысын қаржыландыру және мердігерлік жасау тәжірибесі мен тенденциялары» халықаралық симпозиумы, Грекия, Афина, 2012. – Б. 2-26 (ағылшын тілінде)
2. Хук Е., Картер Т.Г., Дидерикс М.С. Геологиялық беріктік индексінің диаграммасын сандық бағалау. // Сан-Францискода 47-ші АҚШ тау-кен механикасы/геомеханика симпозиумы өтті, США, Калифорния, 2013. – Б. 2-9 (ағылшын тілінде)
3. Таханов Д. Іргелес жатқан тік кен денелерін бірлесіп өндіру кезінде тіректерді игеру параметрлерін геомеханикалық негіздеу. / Д. Таханов, Б. Муратулы, З. Рашид, А. Кыдрашов. // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру. 2021. №15. Б. 50-58 (ағылшын тілінде)
4. Судариков А.Е., Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б. Тазартылған кеңістік пен қазба арасындағы массивтің кернеулі-деформациялық күйін сандық модельдеуде «Phase2» бағдарламасын қолдану. // Халықаралық ғылыми-практикалық онлайн конференция (№13 Сағынов оқулары), 2021. – Б. 515-517 (қазақ тілінде)
5. Бахтыбаев Н.Б. Кен орнын геомеханикалық модельдеудің заманауи әдістерін талдау. / Н.Б. Бахтыбаев, А.Б. Кыдрашов, Н.Б. Керимбаева. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2019. №7. Б. 36-39 (қазақ тілінде)
6. Пак Г.А., Бедарев А.С., Долгоносков В.Н., Кайгородова Е.В. «Казахстанская» кенішіндегі 312-Д6-1-З ұзын қабырға бетіндегі төбенің құлау қадамдарының болжамы. // «Техногендік төтенше жағдайлардың алдын алу және жоюдың өзекті мәселелері» III-І Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, Қарағанды, 2013. – Б. 178-181 (орыс тілінде)
7. Жэньлян Шань Толық секциялы анкерлік кабельді және аралдық көмір беткейлеріндегі кен қазбаларының жолына арналған С-тәрізді құбырлы тіректерді зерттеу. / Жэньлян Шань, Пэнчэн Хуан, Хунху Юань, Чи Мэн, Шупэн Чжан. // Азия сәулет және құрылыс журналы. 2021. Б. 1-12 (ағылшын тілінде)
8. Азиз Н. Бір рет ығысу сынауындағы толық қапталған арқан анкерлерінің ығысу өнімділігін эксперименттік зерттеу. / Н. Азиз, Х. Расех, А. Мирзагорбанали, Г. Янг, С. Халегпараст, Дж. Немчик. // Тау-кен механикасы және тау-кен инженериясы. 2018. Т. 51. Шығ. 7. Б. 2207-2221 (ағылшын тілінде)
9. Чен Дж. Созылу кезіндегі жүктеме жағдайында жұмсақ жыныстарда күшейтілген, толығымен тегістелген арқан анкерлерінің жүк тасымалдау сипаттамалары. / Дж. Чен, П.С. Хэган, С. Сайдам. // Геотехникалық сынақ журналы. 2016. Т. 39. Шығ. 2. Б. 252-263 (ағылшын тілінде)
10. Бланко Мартин. Толығымен бекітілген анкерлік болттардың механикалық қасиеттерін анықтауға арналған жаңа аналитикалық шешім, тартылатын сынақтарға ұшыраған. / Бланко Мартин, М. Тиджани, Ф. Хадж-Хассен. // Құрылыс және құрылыс материалдары. 2011. Т. 25. Шығ. 2. Б. 749-755 (ағылшын тілінде)
11. Фриман Т.Дж. Кильдер эксперименттік туннельіндегі толық бекітілген анкерлік болттардың әрекеті. // Туннельдер. 2013. Т. 10. Шығ. 5. Б. 37-40 (ағылшын тілінде)
12. Судариков А.Е. Кеніштегі әртүрлі бекітпелердің көлемі мен шектеулері. / А.Е. Судариков, А.Б. Кыдрашов, Ж.К. Богжанова. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2021. №2. Б. 24-28 (қазақ тілінде)

REFERENCES

1. Hoek E. Alternative Ground Control Strategies in Underground Construction. // International Symposium «Practices and trends in financing and contracting for the construction of tunnels and underground works», Greece, Athens, 2012. – P. 2-26 (in English)

2. Hook E., Carter T.G., Diedericks M.S. Quantitative assessment of the geological strength index diagram. // 47th US Symposium on Rock Mechanics/Geomechanics, held in USA, San Francisco, California, 2013. – P. 2-9 (in English)
3. Takhanov D. Geomechanical justification of pillar development parameters during joint mining of adjacent steep ore bodies. / Takhanov D., Muratuly B., Rashid Z., Kydrashov A. // Mining of Mineral Deposits. 2021. №15. P. 50-58 (in English)
4. Sudarikov A.E., Bakhtybaev N.B., Kydrashov A.B. Application of the Phase2 program in numerical modeling of the stress-strain state of the massif between the cleared space and the excavation. // International scientific and practical online conference (No. 13 Saginov readings), 2021. – P. 515-517 (in Kazakh)
5. Bakhtybaev N.B. Analysis of modern methods of geomechanical modeling of a deposit. / N.B. Bakhtybaev, A.B. Kydrashov, N.B. Kerimbaeva. // Mining Journal of Kazakhstan. 2019. №7. P. 36-39 (in Kazakh)
6. Pak G.A., Bedarev A.S., Dolgonosov V.N., Kaigorodova E.V. Prognoz shagov obrusheniya krovli v lave 312-D6-1-Z na shakhte «Kazakhstanskaya». // III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Aktual'nye problemy preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychainykh situatsii tekhnogenogo kharaktera», Karaganda, 2013. – S. 178-181 [Pak G.A., Bedarev A.S., Dolgonosov V.N., Kaygorodova E.V. Forecast of steps of roof collapse in longwall 312-D6-1-Z at the Kazakhstanskaya mine. // III-I International Scientific and Practical Conference «Current Problems of Prevention and Elimination of Technogenic Emergency Situations», Karaganda, 2013. – P. 178-181] (in Russian)
7. Renliang Shan. Study of a full-section anchor cable and a C-shaped tubular support for the roadway of mine workings on island coal faces. / Renliang Shan, Pengcheng Huang, Honghu Yuan, Chi Meng and Shupeng Zhang. // Journal of Asian Architecture and Construction. 2021. P. 1-12 (in English)
8. Aziz N. Experimental study of shear characteristics of fully encapsulated rope anchors in single shear testing. / Aziz N., Rasekh H., Mirzagorbanali A., Young G., Khalegparast S., Niemczyk J. // Mining Mechanics and Mining Engineering. 2018. Vol. 51. Issue 7. P. 2207-2221 (in English)
9. Chen J. Load Transfer Characteristics of Fully Grouted Rope Anchors Reinforced in Weak Rocks under Tensile Loading Conditions. / Chen J., Hagan P.S., Saidam S. // Journal of Geotechnical Testing. 2016. Vol. 39. Issue 2. P. 252-263 (in English)
10. Blanco Martin A new analytical solution for determining the mechanical properties of fully anchored anchor bolts subjected to pullout tests. / Blanco Martin, Tijani M., Hadj-Hassen F. // Construction and Construction Materials. 2011. Vol. 25. Issue 2. P. 749- 755 (in English)
11. Freeman T.J. Behavior of fully bonded anchor bolts in the Kielder experimental tunnel. // Tunnels. 2013. Vol. 10. Issue 5. P. 37-40 (in English)
12. Sudarikov A.E., Kydrashov A.B., Bogzhanova Zh.K. Scope and limitations of various supports in the field. / A.E. Sudarikov, A.B. Kydrashov, Zh.K. Bogzhanova. // Mining Journal of Kazakhstan. 2021. №2. P. 24-28 (in Kazakh)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хук Е. Альтернативные стратегии наземного контроля в подземном строительстве. // Международный симпозиум «Практика и тенденции финансирования и заключения контрактов на строительство туннелей и подземных работ», Греция, Афины, 2012. – С. 2-26 (на английском языке)
2. Хук Е., Картер Т.Г., Дидерикс М.С. Количественная оценка диаграммы индекса геологической прочности. // 47-й симпозиум США по механике горных пород/геомеханике, США, Сан-Франциско, Калифорния, 2013. – С. 2-9 (на английском языке)
3. Таханов Д. Геомеханическое обоснование параметров разработки целиков при совместной отработке сопредельных крутых рудных тел. / Д. Таханов, Б. Муратулы, З. Рашид, А. Кыдрашов. // Добыча полезных ископаемых. 2021. №15. С. 50-58 (на английском языке)
4. Судариков А.Е., Бахтыбаев Н.Б., Кыдрашов А.Б. Применение программы «Phase2» при численном моделировании напряженно-деформированного состояния массива между расчищенным пространством и выемкой. // Международная научно-практическая онлайн-конференция (Сазиновские чтения №13), 2021. – С. 515-517 (на казахском языке)
5. Бахтыбаев Н.Б. Анализ современных методов геомеханического моделирования месторождения. / Н.Б. Бахтыбаев, А.Б. Кыдрашов, Н.Б. Керимбаева. // Горный журнал Казахстана. 2019. №7. С. 36-39 (на казахском языке)
6. Пак Г.А., Бедарев А.С., Долгоносков В.Н., Кайгородова Е.В. Прогноз шагов обрушения кровли в лаве 312-Д6-1-З на шахте «Казахстанская». // III Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера», Караганда, 2013. – С. 178-181 (на русском языке)

7. Жэньлянь Шань. Исследование полносекционного анкерного троса и С-образной трубчатой опоры проезжей части горных выработок на островных угольных забоях. / Жэньлянь Шань, Пэнчэн Хуан, Хунху Юань, Чи Мэн, Шупэн Чжан. // Журнал азиатской архитектуры и строительства. 2021. С. 1-12 (на английском языке)
8. Азиз Н. Экспериментальное исследование характеристик сдвига полностью герметизированных канатных анкеров при испытании на одиночный сдвиг. / Н. Азиз, Х. Расех, А. Мирзагорбанали, Г. Янг, С. Халегпараст, Дж. Немчик. // Горная механика и горная инженерия. 2018. Т. 51. Вып. 7. С. 2207-2221 (на английском языке)
9. Чен Дж. Характеристики передачи нагрузки полностью залитых канатных анкеров, армированных в слабых породах, в условиях растягивающей нагрузки. / Дж. Чен, П.С. Хэган, С. Сайдам. // Журнал геотехнических испытаний. 2016. Т. 39. Вып. 2. С. 252-263 (на английском языке)
10. Бланко Мартин. Новое аналитическое решение для определения механических свойств полностью залитых анкером анкерных болтов, подвергнутых испытаниям на взрыв. / Бланко Мартин, М. Тиджани, Ф. Хадж-Хассен. // Строительство и строительные материалы. 2011. Т. 25. Вып. 2. С. 749-755 (на английском языке)
11. Фриман Т.Дж. Поведение полностью скрепленных анкерных болтов в экспериментальном туннеле Килдера. // Тоннели. 2013. Т. 10. Вып. 5. С. 37-40 (на английском языке)
12. Судариков А.Е. Область применения и ограничения различных крепи на месторождении. / А.Е. Судариков, А.Б. Кыдрашов, Ж.К. Богжанова. // Горный журнал Казахстана. 2021. №2. С. 24-28 (на казахском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Кыдрашов А.Б., PhD докторы, ғылыми зерттеуші, Джордж Вашингтон университеті (Вашингтон қ., АҚШ), a.kydrashov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1404-1589>

Жумағалиева Н.М., техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан), zhumagalieva.nurzhamal@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0004-6199-0201>

Рысқалиев М.Ж., PhD докторы, Құрылыс және құрылыс материалдары жоғары мектебінің доценті м.а., жетекшісі, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан), muratbai_84@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3361-2076>

Жарылғанов С.М., PhD докторы, Құрылыс және құрылыс материалдары жоғары мектебінің доценті м.а., Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан), sabit.raisa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3104-6568>

Information about the authors:

Kydrashov A.B., PhD, researcher, George Washington University (Washington, USA)

Zhumagalieva N.M., Master of science, teacher of Higher school of construction and building materials Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University (Uralsk, Kazakhstan)

Ryskaliyev M.Zh., PhD, Acting docent and head of Higher school of construction and building materials, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University (Uralsk, Kazakhstan)

Zharylgapov S.M., PhD, Acting docent of Higher school of construction and building materials, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University (Uralsk, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Кыдрашов А.Б., доктор PhD, старший преподаватель, Университет им. Джорджа Вашингтона (г. Вашингтон, США)

Жумағалиева Н.М., магистр технических наук, преподаватель, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

Рысқалиев М.Ж., доктор PhD, и.о. доцента и руководитель высшей школы строительства и строительных материалов, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

Жарылғанов С.М., доктор PhD, и.о. доцента высшей школы строительства и строительных материалов, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

Код МРНТИ 38.57.23

M.V. Ponomareva¹, *Ye.V. Ponomareva¹, A.T. Tungushbayeva¹, D.A. Inkin²
¹*Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan),*
²*«Qazaq Geophysics» LLP (Karaganda, Kazakhstan)*

IDENTIFYING PROMISING AREAS WITHIN THE ZHEZKAZGAN DEPRESSION BY A COMPLEX OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDIES

Abstract. The article deals with the possibilities of geological and geophysical methods of studying the northeastern part of the Zhezkazgan depression to determine the boundaries of the studied area, to highlight and to delineate the areas of promising sites and to conduct their further study. The results of magnetometric, gravimetric, radiometric, profile and area electrical prospecting studies are presented, which make it possible to identify promising areas, to clarify the boundaries of geological bodies of different compositions, to select locations for prospecting and mapping wells, and to conduct quantitative geological and geophysical modeling. For all the profiles of the studied area, magnetic and gravitational field graphs, as well as pseudo-sections of resistance and longitudinal conductivity, were constructed and analyzed.

Key words: Zhezkazgan depression, promising areas, geological structure, geological and geophysical studies, ore deposits, ground geophysical methods, gravity and magnetic prospecting, electrical prospecting.

Геологиялық-геофизикалық зерттеулер кешенімен Жезқазған ойпаты шегінде перспективалы алаңдарды анықтау

Аннотация. Мақалада зерттелетін аумақтың шекарасын анықтау, перспективалық учаскелерді орналастыру алаңдарын бөлу және контурлау және оларды одан әрі зерттеу үшін Жезқазған ойпатының солтүстік-шығыс бөлігін зерттеудің геологиялық-геофизикалық әдістерінің мүмкіндіктері қарастырылады. Перспективалық учаскелерді анықтауға, әртүрлі құрамдағы геологиялық денелердің шекараларын нақтылауға, іздеу-қарталау ұңғымаларының орналасу орындарын таңдауға, сандық геологиялық-геофизикалық модельдеуді жүргізуге мүмкіндік беретін магнитометриялық, гравиметриялық, радиометриялық, бейіндік және алаңдық электр барлау зерттеулерінің нәтижелері келтіріледі. Зерттелетін аймақтың барлық бейіндері магниттік және гравитациялық өрістің графиктерін, сондай-ақ қарсылық пен бойлық өткізгіштіктің жалған кималарын құрастырады және талдайды.

Түпінді сөздер: Жезқазған ойпаты, перспективалық алаңдар, геологиялық құрылым, геологиялық-геофизикалық зерттеулер, кен шоғырлары, жер үстіндегі геофизикалық әдістер, гравитарлау және магнитті барлау жұмыстары, электр барлама.

Выявление перспективных площадей в пределах Жезказганской впадины комплексом геолого-геофизических исследований

Аннотация. В статье рассматриваются возможности геолого-геофизических методов исследования северо-восточной части Жезказганской впадины для определения границ изучаемой территории, выделения и оконтуривания площадей размещения перспективных участков и проведения их дальнейшего изучения. Приводятся результаты магнитометрических, гравиметрических, радиометрических, профильных и площадных электроразведочных исследований, позволяющие выявить перспективные участки, уточнить границы геологических тел разного состава, выбрать места заложения поисково-картировочных скважин, провести количественное геолого-геофизического моделирование. По всем профилям изучаемой площади построены и проанализированы графики магнитного и гравитационного поля, а также псевдоразрезы сопротивления и продольной проводимости.

Ключевые слова: Жезказганская впадина, перспективные площади, геологическое строение, геолого-геофизические исследования, рудные залежи, наземные геофизические методы, гравитаразведочные и магниторазведочные работы, электроразведка.

Introduction

At present, sustainable economic development of the country is impossible without reproduction of mineral resources. The main stock of easily accessible near-surface deposits is practically exhausted, and there is observed decreasing the supply of mineral resources to city-forming enterprises. In this regard, identifying promising areas through exploratory geological and geophysical studies within the northeastern part of the Zhezkazgan depression to replenish the mineral resource base of the Zhezkazgan region is an urgent task.

The studied area is located in the Ulytau district of the Ulytau region. In the southern part of the studied area, at the distance of about 2 km from the exploration lines and points, there is the Terecty station; 3 km to the south is the Borsengir village. The relief of the area is a combination of small hills and dissected lowlands, with steep, often rocky slopes separated by flat longitudinal gently undulating valleys. The climate of the area is arid and continental. The vegetation of the territory is steppe and semi-desert. The hydrographic network of the region belongs to the drainage basin of the Kara-Kengir River that collects water from almost the entire area by tributaries.

The geological structure of the studied territory includes the areas of distribution of slightly inclined and horizontally lying, facies-variable Paleogene, Neogene and Quaternary sediments; development of terrigenous, volcanic-terrigenous and carbon-

ate-terrigenous facies-variable deposits of the Middle-Late Devonian, Carboniferous and Permian ages, making up the Sarysu-Teniz branch of the Devonian volcanic-plutonic belt (DVPB), the Sarysu-Teniz zone of rift structures and the Zhezkazgan structural-facies zone (SFZ)); the distribution of highly facies-variable, Lower-Middle Devonian volcanogenic-terrigenous, terrigenous-volcanogenic formations of the Sarysu-Teniz branch of the DVPB, the Devonian intrusive massifs of similar petrographic composition and terrigenous, carbonate-terrigenous facies-variable deposits of the Ordovician, composing the Konskaya SFZ that was subjected to intense folded deformations and complicated by numerous discontinuities; the development of terrigenous, carbonate-terrigenous deposits and terrigenous-volcanogenic formations of the Sarysu-Teniz branch of the DVPB located in the zones of influence of large intrusive massifs [1-3].

The studied area is characterized by a variety of species and genetic types of minerals. All the identified mineral objects in scale are referred to deposits, manifestations and points of mineralization [4].

The purpose of the study consists in identification of promising areas for replenishing the mineral resource base of the Zhezkazgan region by conducting exploratory geological and geophysical studies within the northeastern part of the Zhezkazgan depression.

The tasks of the study include identification, delineation and studying of promising occurrences and mineral deposits in the studied area based on the results of geological and geophysical studies; determining the feasibility of further research to study them.

Research methods

Geological studies involve conducting geological routes; core drilling of prospecting and mapping wells; selecting point and core samples to determine their physical properties and conducting spectral analysis; selecting geochemical samples from cores of prospecting and mapping and prospecting wells; producing thin sections and polished sections for silicate, mineralogical, paleontological and chemical analysis [5].

Carrying out a complex of geophysical studies in the profile version in the studied area, including magnetometric, gravimetric, radiometric studies, as well as profile and area electrical prospecting work, will make it possible to identify promising areas for prospecting work.

When performing gravity exploration work, the Scintrex-CG-5 Autograv gravimeter was used. The studies were carried out along the profiles with a step of 40 meters; control measurements were carried out in the volume of more than 5% to assess the quality of data collection. The shift of the zero point was daily taken into account; the level of interference during shooting was continuously assessed, and the necessary corrections were introduced into the measurement results. When performing measurements, microseisms and lunar-solar disturbances were automatically taken into account. To determine gravity anomalies, corrections were introduced into the results of field measurements for the normal field of the Earth, the height of the observation point, and the influence of the intermediate layer [6].

When performing magnetic exploration work, high-precision GSM-19W magnetometers were used. In order to identify azimuthal errors, all the instruments used to perform routine and control surveys were verified on the verification profile in forward and reverse motion. As a result of the reconciliation, it was found that the difference in levels did not exceed the shooting error. Corrections were also introduced for daily variations in the magnetic field [6, 7].

The walking gamma survey was carried out using a field radiometer SRP-68. Based on the measurement results, gamma activity graphs were constructed for each profile.

Electrical exploration work in the studied area was carried out by sounding the quasi-transient sounding in the near zone (QTS), the «Cycle-7» installation and vertical electrical sounding in the dipole-dipole modification (DOS-IP), using three EIN-209M meters and a GER-5/ generator 1000.

When conducting studies by quasi-transient sounding in the near zone (QTS), to increase reliability of measurements at each picket, at least 2-5 repeated measurements were made, duplicates, which made it possible to improve significantly the accuracy of measurements when processing them. Carrying out experimental and methodological work made it possible to select the size of the installation and the optimal mode of recording the decline in the quasi-transient sounding, which made it possible to carry out field data collection with the necessary accuracy [7, 8].

One of the factors influencing the data recording process is the duration of the current turning off edge. To minimize the effect of the current switch-off front in the generator loop and to increase the dynamic range of the measured transient process, it is recommended to perform sounding with the current pulse amplitude of 1.5-5 A and 10-20 A. Sounding that is performed at the current strength of 1.5-5 A is least distorted by the current switch-off front and contains the information of the upper part of the section. Sounding that is performed at the current of 10-20 A allows for maximum research depth. In this regard, data recording in the studied area was carried out with currents of 5 A and 10 A to monitor the operation of equipment and to analyze the heterogeneity of the medium. During the final processing and interpretation of the data, the curves with currents of 10 A were taken. Control measurements were carried out in the volume of more than 5% to assess the quality of field data collection. The measurement accuracy was $\approx 3\%$ [9, 10].

Results and discussion

As a result of processing, there were obtained pseudo-sections of resistivity and longitudinal conductance for all the profiles (Figure 1).

To identify anomaly-forming objects, to clarify their morphology in detail and to track them to depth, profile electrical prospecting work was carried out using the VES-IP sounding method in the dipole-dipole modification. In order to select the optimal measurement mode, experimental and methodological work was carried out in different areas of the studied territory.

To select the optimal frequency, experimental work was carried out at frequencies from 0.153 Hz to 4.88 Hz. The measurements were carried out in different grounding conditions (dense and loose soils) at near and far distances. Based on the measurement results, the frequency characteristics of the phase parameter were constructed for each AB current line at the measured pickets. The most optimal frequencies for measurements are 0.31, 0.61 and 1.22 Hz.

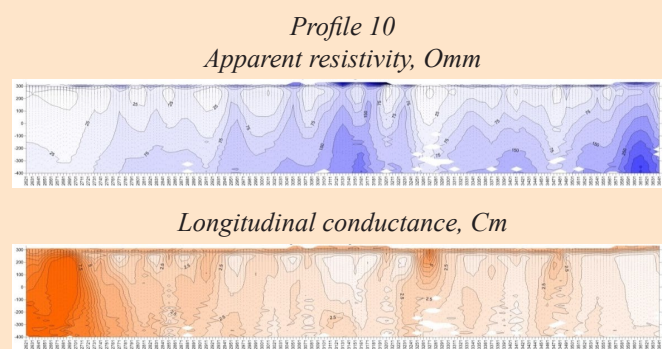


Figure 1. Pseudo-sections of resistivity and longitudinal conductivity.

Сурет 1. Көрінетін қарсылық пен бойлық өткізгіштіктің жалған қималары.

Рис. 1. Псевдоразрезы кажущегося сопротивления и продольной проводимости.

A complex of ground-based geophysical methods, consisting of magnetic prospecting, gravity survey, gamma-ray

survey, was carried out on all profiles of the study area; on a number of profiles (PR03, PR05, PR08) electrical prospecting was carried out using the VES-IP (modified DOS-IP) and QTS methods. Figure 2 shows graphs of the magnetic and gravitational fields for profiles PR03, PR05, PR08.

On the PR03 profile (the length is 53.86 km), a differentiated magnetic field is observed, predominantly positive, characteristic of intrusive bodies; extended local anomalies can be traced. The gravitational field changes from negative to positive, has a number of anomalies, and gradually decreases until the end of the profile, going into negative values. According to the VES-IP results, a high-resistivity zone and a polarizability anomaly of up to 1.8% are identified. Based on the results of QTS, a zone of high conductivity is identified.

On the PR05 profile (the length is 90.66 km), the magnetic field is predominantly positive. A sharp field gradient (interval of high values) is observed along the profile. Then the values gradually become negative, mapping the Zhaltyrbulak graben. Afterwards, the field becomes smooth, characteristic of the carbonate strata of the Zhezkazgan depression, with the exception of the interval where the magnetic field becomes more disturbed, along which the Devonian effusive-sedimentary formations of the Birlistyk anticline are distinguished.

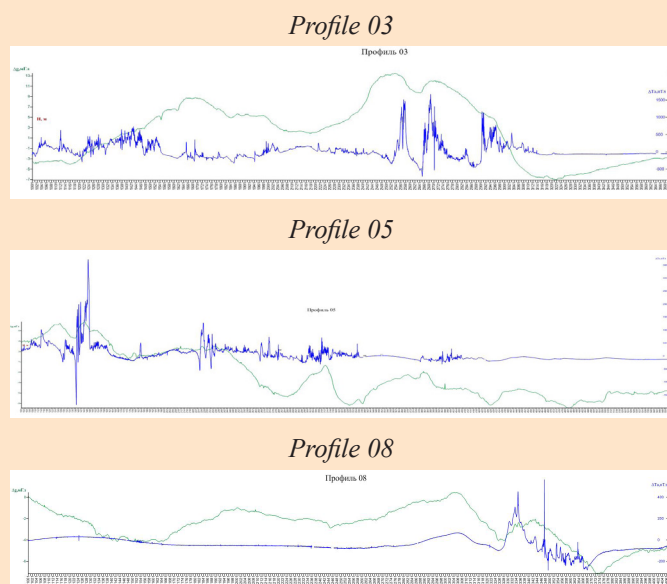


Figure 2. Graphs of the magnetic and gravitation fields for profiles PR03, PR05, PR08.

Сурет 2. ПР03, ПР05, ПР08 бейіндері бойынша магниттік және гравитациялық өріс графиктері.

Рис. 2. Графики магнитного и гравитационного поля по профилям ПР03, ПР05, ПР08.

The gravitational field is initially positive with small local anomalies. Then the field gradually decreases and goes into

negative values. The negative field has a number of expressive regional anomalies in some intervals. According to the QTS results, there is a sharp drop in the apparent resistivity to almost zero; this interval was noted above when describing the magnetic field as the Zhaltyrbulak graben. According to the results of VES-IP inversions, the interval is high-resistivity, polarizability is lower than 1%.

Profile PR08 (the length is 61.38 km) completely passes through the Zhezkazgan depression, so the magnetic field here is smooth, except for intervals where a positive anomaly is observed (Birlistyk anticline) similar to PR05.

The gravitational field is completely negative. According to the results of the QTS, the profile is characterized as low-resistance. According to the results of VES-IP inversions, a high-resistivity interval is identified; polarizability does not even reach 1%.

For all the profiles of the studied area, there is a high correlation between the data of gravimetric, magnetometric and electrical surveys. A differentiated, predominantly positive magnetic field is observed for all the profiles; The Zhaltyrbulak graben is mapped with negative values. The gravity field has mainly negative values and characterizes regional anomalies. Electrical prospecting made it possible to identify high-resistivity zones at a number of pickets across all the profiles.

When studying this area, the integration of exploration methods (gravity prospecting, magnetic prospecting, electrical prospecting) based on the proposed physical and geological model, as well as the correlation of the data obtained, made it possible to increase reliability of conclusions when assessing the promising areas within the Zhezkazgan depression.

Conclusions

Gravimagnetic data can serve as the basis for quantitative geological and geophysical modeling with the use of a complex of area field transformations; radiometric survey data to clarify the boundaries of geological bodies of different compositions.

It is necessary to take into account the data from previous geological surveys of the surface and deep geological mapping, as well as the data of the Central Kazakhstan regional structure.

The analysis of geological and geophysical materials shows that for a detailed study of the territory structure, the obtained characteristics of geological objects are not sufficient, therefore it is necessary to involve additional in-depth research methods.

To identify anomalies in induced polarizability and local conductivity of rocks that can be associated with ore deposits, electrical surveys are necessary. Based on the results of ground-based electrical exploration work performed using the VES-IP method, locations for seven prospecting and mapping wells were selected.

REFERENCES

1. Baibatsha A.B., Mustapayeva S.N., Mamanov E.Zh., Dyussebayeva K.Sh. Mineralogy of copper-nickel ores in Ulytau zone (Central Kazakhstan). // Proc. of the 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015: Albena, Bulgaria, 2015. – P. 307-312 (in English)

2. Abetov A.E., Uzbekov A.N., Grib N.N., Imayev V.I. Newest Tectonics and Modern Geodynamics of Mining Industrial Areas of Central Kazakhstan. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2020. – P. 459 (in English)
3. Baibatsha A.B. Geodynamic model of development and the tectonic structure of Kazakhstan from the standpoint plume tectonics. // 35th International geological congress, Cape Town, South Africa, 2016. – P. 356 (in English)
4. Roman A.T. Geologo-geofizicheskaya karakteristika struktur metallogenicheskix zon Zhail'minskoj sinklinali. / A.T. Roman, A.T. Tungushbayeva. // Trudy universiteta. 2020. №3. S.75-7 [Roman A.T. Geological and geophysical characteristics of the structures of metallogenic zones of the Zhailma syncline. / A.T. Roman, A.T. Tungushbayeva. // University Proceedings. 2020. №3. P. 75-78] (in Russian)
5. Ivanov A.A. Kratkij obzor poiskovy`x priznakov medno-porfirovy`x mestorozhdenij. / A.A. Ivanov, M.V. Ponomareva, D.K. Makat. // Vestnik VKGTU im. D. Serikbaeva. 2019. №3. S.15-21 [Ivanov A.A. A brief review of prospecting features of porphyry copper deposits. / A.A. Ivanov, M.V. Ponomareva, D.K. Makat. // Bulletin of EKSTU n.a. D. Serikbaev. 2019. №3. P. 15-21] (in Russian)
6. Pugin A.V. Gravitrazvedka: uchebnoe posobie: v 2 ch.: Perm', Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet, 2019 [Pugin A.V. Gravity exploration: tutorial: 2 parts. Perm: Perm State National Research University, 2019] (in Russian)
7. Mustafin Zh.M. Poiski mestorozhdenij Atasujskogo tipa v predelax vostochnoj chasti Sary'su-Tenizskogo podnyatiya. / Zh.M. Mustafin, D.A. Inkin, V.S. Portnov. // Molodoi uchenyi. 2020. №15 (305). S. 30-34 [Mustafin Zh.M. Searches for Atasu type deposits within the eastern part of the Saryoshi-Teniz uplift. / Zh.M. Mustafin, D.A. Inkin, V.S. Portnov. // Young scientist. 2020. №15 (305). P. 30-34] (in Russian)
8. Field Theory. Part one. Electrostatic and Magnetostatic Fields Inhomogeneous and Inhomogeneous Environments: Tutorial. / M.V. Reva, V.S. Portnov et al. Karaganda: «Abylkas Saginov KTU» Publishing House, 2022, 82 p. (in English)
9. Ivanov A.A., Novikov K.V., Novikov P.V. Elektrorazvedka: uchebnoe posobie: Moskva: MGRI, 2019, S. 80 [Ivanov A.A., Novikov K.V., Novikov P.V. Electrical prospecting: textbook: M.: MSRI, 2019, 80 p.] (in Russian)
10. Field Theory. Part two. Electric and Magnetic Fields: Tutorial. / M.V. Reva, V.S. Portnov et al. Karaganda: «Abylkas Saginov KTU» NJSC Publishing House, 2022, 60 p. (in English)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Байбатша А.Б., Мустапаева С.Н., Маманов Е.Ж., Дюсембаева К.Ш. Ұлытау аймағының мыс-никель кендерінің минералогиясы (Орталық Қазақстан). // Есеп 15 Халықаралық көпсалалы ғылыми геоконференцияның баяндамасы SGEM 2015, Албена, Болгария, 2015. – Б. 307-312 (ағылшын тілінде)
2. Абетов А.Э., Узбеков А.Н., Гриб Н.Н., Имаев В.И. Орталық Қазақстанның тау-кен аумақтарының соңғы тектоникасы мен қазіргі геодинамикасы. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2020. – Б. 459 (ағылшын тілінде)
3. Байбатша А.Б. Тектоникасы тұрғысынан Қазақстанның тектоникалық құрылымы мен дамуының геодинамикалық моделі. // 35-і Халықаралық геологиялық конгресс, Кейптаун, ЮАР, 2016. – Б. 356 (ағылшын тілінде)
4. Роман А.Т. Жайылма синклинали металлогендік аймақтар құрылымдарының геологиялық-геофизикалық сипаттамасы. / А.Т. Роман, А.Т. Тунгушбаева. // Университет еңбектері. 2020. №3. Б.75-78 (орыс тілінде)
5. Иванов А.А. Мыс-порфирлі кен орындарының іздеу белгілеріне қысқаша шолу. / А.А. Иванов, М.В. Пономарева, Д.К. Макат. // Д. Серикбаева атындағы ШҚМТУ хабаршысы. 2019. №3. Б.15-21 (орыс тілінде)
6. Пугин А.В. Гравибарлау: оқу құралы 2 бөлімнен тұрады: Пермь: Пермь мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті, 2019 (орыс тілінде)
7. Мустафин, Ж.М. Сарысу-Теңіз көтерілісінің шығыс бөлігіндегі Атасу үлгісіндегі кен орындарын іздеу. / Ж.М. Мустафин, Д.А. Инкин, В.С. Портнов. // Жас ғалым. 2020. №15 (305). Б. 30-34 (орыс тілінде)
8. Өріс теориясы. Бірінші бөлім. Гетерогенді және гетерогенді ортадағы электростатикалық және магнитостатикалық өрістер: оқу құралы. / М.В. Рева, В.С. Портнов және басқалар. Қарағанды: «ҚарТУ Әбілқас Сағынов атындағы КЕАҚ баспасы», 2022. 82 б. (ағылшын тілінде)
9. Иванов А.А., Новиков К.В., Новиков П.В. Электрбарлау: оқу құралы: М.: МГРИ, 2019, Б. 80 (орыс тілінде)

10. *Өріс теориясы. Екінші бөлім. Электрлік және магнитті өріс: оқу құралы.* / М.В. Рева, В.С. Портнов және басқалар. Қарағанды: «ҚарТУ Әбілқас Сағинов атындағы КЕАҚ баспасы», 2022. 60 б. (азғышын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Байбатша А.Б., Мустапаева С.Н., Маманов Е.Ж., Дюсембаева К.Ш. Минералогия медно-никелевых руд Улытауской зоны (Центральный Казахстан). // Отчет 15-й Международной многопрофильной научной геоконференции SGEM 2015, Албена, Болгария, 2015. – С. 307-312 (на английском языке)
2. Абетов А.Э., Узбеков А.Н., Гриб Н.Н., Имаев В.И. Новейшая тектоника и современная геодинамика горнопромышленных территорий Центрального Казахстана. // Конференция ИОП. Серия: Наука о Земле и окружающей среде, 2020. – С. 459 (на английском языке)
3. Байбатша А.Б. Геодинамическая модель развития и тектоническое строение Казахстана с позиций плюмовой тектоники. // 35-й Международный геологический конгресс, Кейптаун, ЮАР, 2016. – С. 356 (на английском языке)
4. Роман А.Т. Геолого-геофизическая характеристика структур металлогенических зон Жайильминской синклинали. / А.Т. Роман, А.Т. Тунгушбаева. // Труды университета. 2020. №3. С.75-78 (на русском языке)
5. Иванов А.А. Краткий обзор поисковых признаков медно-порфировых месторождений. / А.А. Иванов, М.В. Пономарева, Д.К. Макат. // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. 2019. №3. С.15-21 (на русском языке)
6. Пугин А.В. Гравиразведка: учебное пособие в 2 ч.: Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019 (на русском языке)
7. Мустафин, Ж.М. Поиски месторождений Атасуйского типа в пределах восточной части Сарысу-Тенизского поднятия. / Ж.М. Мустафин, Д.А. Инкин, В.С. Портнов. // Молодой ученый. 2020. №15 (305). С. 30-34 (на русском языке)
8. Теория поля. Первая часть. Электростатические и магнитостатические поля в неоднородных и неоднородных средах: учебное пособие. / М.В. Рева, В.С. Портнов и др. Караганда: Издательство НАО «КарТУ имени Абылкаса Сагинова», 2022, 82 с. (на английском языке)
9. Иванов А.А., Новиков К.В., Новиков П.В. Электроразведка: учебное пособие: Москва: МГРИ, 2019, С. 80 (на английском языке)
10. Теория поля. Часть вторая. Электрические и магнитные поля: учебное пособие. / М.В. Рева, В.С. Портнов и др. Караганда: Издательство НАО «КарТУ имени Абылкаса Сагинова», 2022, 60 с. (на английском языке)

Information of the authors:

Ponomareva M.V. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Geology and Exploration of Mineral Deposits Department, «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» NJSC (Karaganda, Kazakhstan), mv_ponomareva18@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8652-9607>

Ponomareva Ye.V. PhD, acting Associate Professor of the Geology and Exploration of Mineral Deposits Department, «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» NJSC (Karaganda, Kazakhstan), sea_kitten_1@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1322-6773>

Tungushbayeva A.T. doctoral student of the Geology and Exploration of Mineral Deposits Department, «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» NJSC (Karaganda, Kazakhstan), nur.sa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4749-7785>

Inkin D.A. Technical Director of the «Qazaq Geophysics» LLP (Karaganda, Kazakhstan), idima@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0008-4959-8038>

Авторлар туралы мәліметтер:

Пономарева М.В. «Әбілқас Сағинов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының доценті, т.ғ.к. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Пономарева Е.В. «Әбілқас Сағинов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының доцентінің м. а., PhD (Қарағанды қ., Қазақстан)

Тунгушбаева А.Т. «Әбілқас Сағинов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Инкин Д.А. «Qazaq Geophysics» ЖШС техникалық директоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Пономарева М.В. к.т.н., доцент кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Пономарева Е.В. PhD, и.о. доцента кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Тунгушбаева А.Т. докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Инкин Д.А. технический директор ТОО «Qazaq Geophysics» (г. Караганда, Казахстан)

Код МРНТИ 52.45.19

*А.К. Сейсенбек, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов

НАО «Казахский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева»
(г. Алматы, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОКТАСЖАЛ

Аннотация. Проведены исследования, направленные на повышение эффективности применения флотации для извлечения ценных компонентов из труднообогатимых медно-золотосодержащих руд. При изучении вещественного и минералогического состава руды месторождения Коктасжал установлено, что носителями меди является минерал халькопирит, золотохалькопирит и в меньшей степени пирит. Мономинеральной флотацией исследована флотуемость халькопирита и пирита в присутствии разных собирателей. В качестве базового собирателя использовали бутиловый ксантогенат натрия, в качестве селективных собирателей – амидовый ксантогенат и реагент ТС-1000. Проведены лабораторные испытания технологии обогащения медно-золотосодержащей руды месторождения Коктасжал. Результаты исследований показали, что реагенты амидовый ксантогенат и ТС-1000 повышают эффективность флотуемости ценных минералов.

Ключевые слова: флотационные реагенты, технологические исследования, селективные собиратели, сравнительные опыты, медно-золотосодержащая руда, мономинеральная флотация.

Коктасжал мыс-алтын кен орнының флотациялық байытуын зерттеу

Андатпа. Құрамында мыс-алтын бар қиын байытылатын кендерден құнды компоненттерді алу үшін флотацияны қолдану тиімділігін арттыруға бағытталған зерттеулер жүргізілді. Коктасжал кен орнының кен құрамының заттық және минералогиялық құрамын зерделеу кезінде мыс тасымалдаушылары халькопирит минералдары, алтын және аз дәрежеде пирит болып табылатыны анықталды. Мономинералды флотация арқылы әртүрлі жинақтағыштардың қатысуымен халькопирит пен пирит минералдарының флотациялануын зерттелді. Негізгі жинақтағыш ретінде натрий бутил ксантогенаты, селективті жинақтағыш ретінде амид ксантогенаты және ТС-1000 реагенті пайдаланылды. Коктасжал кен орнының құрамында мыс-алтын бар кенді байыту технологиясына зертханалық сынақтар жүргізілді. Зерттеу нәтижелері АмилКс және ТС-1000 реагенттерінің минералдардың флотациялық байытымдылығына тиімдірек әсер ететінін көрсетті.

Түйінді сөздер: флотациялық реагенттер, технологиялық зерттеулер, селективті жинақтағыштар, салыстырмалы тәжірибелер, мыс-алтын кені, мономинералды флотация.

Investigation of flotation enrichment of copper-gold ore from the Koktaszhal deposit

Abstract. Studies have been conducted aimed at improving the efficiency of flotation for the extraction of valuable components from difficult-to-enrich copper-gold ores. When studying the material and mineralogical composition of the ore of the Koktaszhal deposit, it was found that the carriers of copper are the mineral chalcopyrite, gold chalcopyrite and to a lesser extent pyrite. Monomineral flotation investigated the floatability of chalcopyrite and pyrite in the presence of different collectors. Sodium butyl xanthogenate was used as the base collector, amyl xanthogenate and TS-1000 reagent were used as selective collectors. Laboratory tests of the technology of enrichment of copper-gold ore from the Koktaszhal deposit have been carried out. The research results have shown that the reagents amyl xanthogenate and TC-1000 increase the efficiency of the floatability of valuable minerals.

Key words: flotation reagents, technological research, selective collectors, comparative experiments, copper-gold ore, mono mineral flotation.

Введение

Растущие потребности в ископаемом сырье, ухудшение качества добываемых руд, проблемы энерго- и ресурсосбережения требуют новых подходов к технологиям обогащения минерального сырья. За последние 20 лет содержание цветных металлов в рудах снизилось в 1,5 раза, а доля труднообогатимых руд выросла с 15 до 40% от общей массы сырья, поступающего на обогащение [1-3].

Содержание ценных компонентов в перерабатываемых рудах постоянно снижается. Запасы богатых руд практически исчерпаны. Так содержание меди в рудах за 100 последних лет снизилось в 10 раз, содержание железа за 30 лет в рудах снизилось в 2 раза. При переработке таких руд помимо технологических и технических аспектов приобретают значение экономические, экологические и организационные аспекты, что требует совершенствования всей горнодобывающей промышленности [4-6]. В качестве реагентов собирателей для медных и золотосодержащих руд на многих фабриках часто используют ксантогенаты калия и натрия, дитиофосфаты, реже – дитиокарбаматы, меркаптаны, соли жирных кислот и др. Однако данные собиратели не селективные по отношению к золоту и меди, т.к. активно флотуруются золотосодержащие сульфиды и сульфиды, не содержащие золото. Получаемые флотационные концентраты с применением реагентных режимов, предусматривающих использование неселективных для золота и меди собирателей, характеризуются высоким выходом и низким содержанием полезного концентрата, что приводит к увеличению затрат на измельчение

и гидрометаллургические процессы, что, в свою очередь, увеличивает себестоимость товарного продукта. Поиск и разработка новых, более селективных реагентов-собирателей для совершенствования процесса флотации является одной из первоочередных задач при создании инновационных технологий флотационного разделения веществ и минералов [7].

Для большинства собирателей характерна сложная асимметричная структура молекулы, состоящая из двух частей, отличных по своим физико-химическим и химическим свойствам, – аполярной и полярной.

Из ряда собирателей сульфидрильного типа наиболее широкое применение нашли в промышленности ксантогенаты натрия и особенно калия.

Основным недостатком ксантогената является то, что он собиратель всех сульфидных минералов цветных металлов. При переработке полиметаллического сырья эффективно использовать селективно действующий реагент-собиратель, способствующий повышению извлечения одного из металлов [8-10].

Таким образом, в связи с тем, что в настоящее время перерабатываемое полиметаллическое сырье характеризуется сложным минералогическим составом, низким содержанием ценных компонентов, создается необходимость в поиске и производстве селективно действующих реагентов-собирателей. Использование новых реагентов даст возможность рационально и комплексно перерабатывать минеральное сырье, снизить расход реагентов и повысить экономическую эффективность производства.

Обогащение полезных ископаемых

Авторами статьи поставлена задача:

- изучить вещественный состав руды месторождения Коктасжал;

- исследовать флотуемость мономинералов халькопирита и пирита в присутствии бутилового ксантогената (БКс), амиллового ксантогената (АмилКс) и собирателя тионокарбамата марки ТС-1000;

- провести сравнение отработанных технологических режимов флотации руды месторождения «Коктасжал» в присутствии собирателей БКс, АмилКс, ТС-1000.

Объект и методы исследования

Объектом исследования мономинеральной флотации являлись мономинералы халькопирита и пирита.

Объектом технологических исследований являлась золото-медная руда месторождения Коктасжал.

Изучение вещественного состава выполнено с использованием химического, пробирного, фазового, минералогического, рентгенофазового анализов.

Мономинеральную флотацию проводили на сульфидных минералах халькопирита и пирита. Отобранные образцы минералов исследовали химическим методом анализа, результаты которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сульфидных минералов сфалерита и пирита

Кесте 1

Сфалерит пен пирит сульфидті минералдарының химиялық құрамы

Table 1

Chemical composition of sulfide minerals sphalerite and pyrite

Минерал	Содержание, % (масс.)				
	медь	свинец	цинк	железо	сера
Халькопирит	34	< 0,2	< 0,2	30	34
Пирит	< 0,3	< 0,2	< 0,2	44,6	51,5

Отобранные для флотационных опытов минералы измельчали в фарфоровой ступке до крупности $-160 + 63$ мкм, при этом навеска составляла 5 грамм. Пробы сульфидных минералов хранились в эксикаторах.

Флотацию проводили в лабораторной флотомашине типа ФЛ объемом 50 см³. Корпус машины изготовлен из оргстекла. Скорость вращения импеллера составляла 1100 об/мин.

Флотуемость мономинералов халькопирита и пирита изучалась в присутствии БКс, АмилКс, ТС-1000 при различных значениях pH и расходах вышеперечисленных реагентов.

Минералы халькопирита и пирита перемешивали с водой и вакуумировали, после чего подавали реагенты и проводили обработку в агитационном и аэрационном режимах. Схема проведения опытов представлена на рисунке 1.

При этом в процессе мономинеральной флотации халькопирита и пирита изменяли величину pH (6, 8, 10, 12) и расход испытуемых собирателей (1, 3, 5, 7 мг/дм³), расход пенообразователя был постоянным МИБК (10 мг/дм³).

Растворы БКс, АмилКс и ТС-1000 готовили непосредственно перед флотационными опытами, при этом величину pH среды регулировали серной кислотой и едким натрием и контролировали pH-метром типа pH-150 М.

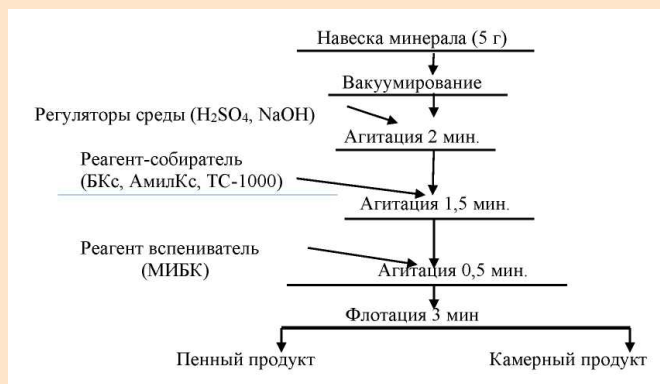


Рис. 1. Схема мономинеральной флотации.
Сурет 1. Мономинералды флотацияның сызбасы.
Figure 1. Scheme of monomineral flotation.

Отработку технологических режимов флотации руды проводили в механических лабораторных машинах типа ФМ с объемом флотационных камер 3, 1, 0,5 л.

Результаты и обсуждения

Изучение вещественного состава

Породы, составляющие пробу руды месторождения Коктасжал, по внешним признакам и составу можно условно разделить на 3 группы.

1. Окварцованный плагиогранитно-порфир – внешне полнокристаллическая светлая зеленовато-серовато-белая порода, по плоскостям скольжения которой отмечаются пропластки палевого цвета с прямолинейными ограничениями мощностью от 1-2 до 10 мм. Под микроскопом порода состоит из разнозернистого агрегата кварца – от мелко- до среднезернистого и плагиоклаза.

2. Монокварцевые породы, интенсивно раздробленные, состоящие из разнозернистого кварца, в многочисленных прожилках и просечках развиты тонкозернистые агрегаты кварца, гидроксиды железа, хлорит, гидрослюда и медные минералы, большей частью малахит, несколько реже азурит. Малахит часто образует агрегаты зерен с лучистым, радиально-лучистым и пластинчатым строением.

3. Внешне темные слоисто-сланцеватые зеленовато-серые породы с поропластами светлых полнокристаллических пород. Под микроскопом темные сланцеватые породы имеют лепидогранобластовую структуру и кварц-полевошпатно-слюдисто-хлоритовый состав.

Медьсодержащие сульфидные минералы (халькопирит, борнит, ковеллин, халькозин) – основные промышленно-ценные медные минералы руды.

Золото – промышленно-ценный минерал пробы. Форма зерен золота изометричная, неправильная, имеет ярко-жел-

тую окраску, высокую отражательную способность ($R \sim 85\%$). Состав золота, %: $Au - 94,53$, $Ag - 3,67$, $Cu - 0,82$. Отдельные частицы золота покрыты пленкой гидроокислов железа.

Содержание пирита в средней пробе составляет около 1%. Наблюдается он в виде идиоморфных зерен размером 0,005-0,01 мм и находится в сростании с борнитом или халькозином в кремнистой массе пород.

Гематит, магнетит составляют менее 0,5%, гетит – 0,2%. Они образуют скопления зерен, выполняют трещинки, развиваются по плоскостям скола образцов, замещают пирит и иногда ассоциируются с основными медными минералами.

В таблице 2 представлены результаты химического анализа руды.

Таблица 2
Результаты химического анализа руды
Кесте 2
Кенді химиялық талдаудың нәтижелері
Table 2
Results of chemical analysis of ore

Элементы и соединения	Сульфидная руда
Медь	0,62
Свинец	0,027
Цинк	0,0166
Железо	2,8
Сера общая	0,76
Золото, г/т	0,52
Серебро, г/т	5,16
Диоксид кремния	66,27
Оксид магния	1,35
Оксид кальция	3,08
Оксид алюминия	14,75
Оксид калия	0,42
Оксид натрия	4,07

Из таблицы 2 следует, что ценными компонентами в рудах являются медь, золото и серебро.

В таблице 3 приведены результаты фазовых анализов на медь.

Таблица 3
Результаты фазового анализа руд на медь
Кесте 3
Кендегі мыстың фазалық талдау нәтижелері
Table 3
Results of phase analysis of ores for copper

Соединения	Содержание, %	
	абс.	отн.
Первичная	0,435	70,17
Вторичная	0,174	28,07
Окисленная	0,011	1,76
Итого:	0,62	100

Из фазового анализа, представленного в таблице 3 следует, что медь на 70,17%, 28,07% представлена первичными и вторичными сульфидами меди и на 1,76% окисленными минералами меди.

В таблице 4 приведены результаты фазового анализа на золото и серебро.

Таблица 4
Рациональный анализ на золото и серебро
Кесте 4
Алтын мен күміске рационалды талдау
Table 4
Rational analysis for gold and silver

Формы ассоциации золота и серебра	Содержание, г/т		Распределение, %	
	Au	Ag	Au	Ag
Проба руды	0,52	5,16	100	100
Свободное по амальгаме	0,09	1,63	17,81	31,59
В сростках с сульфидами и породами (I цианирование)	0,07	0,5	13,7	9,7
Покрытое пленками гидроксидов железа	0,02	0,12	3,42	2,32
Ассоциированное с сульфидами (II цианирование)	0,21	0,59	40,41	11,43
В пустой породе (ассоциированные с породой не вскрытые при данной степени измельчения и недоступных растворяющему действию кислот)	0,13	2,32	24,66	44,96

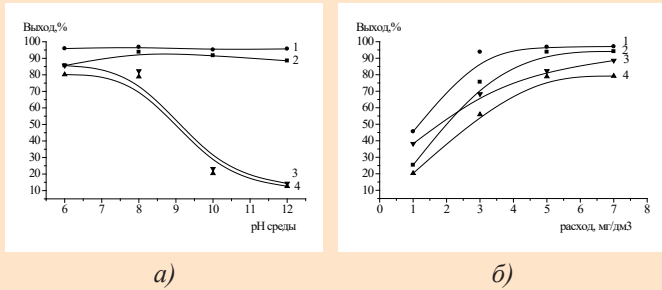
Из таблицы 4 следует, что в пробе руды присутствует золото в свободном виде и в сростках с сульфидами 31,51%. Золото, покрытое пленками гидроксидов железа, содержится незначительно. Ассоциированные с породой зерна золота, не вскрытые при данной степени измельчения и недоступные растворяющему действию кислот 24%. Большая часть золота 40,41% ассоциирована с сульфидами.

В результате изучения вещественного состава установлено, что носителями меди и золота являются минерал халькопирит, в меньшей степени пирит, по золоту ниже приводятся результаты изучения флотуемости данных минералов с использованием мономинеральной флотации.

Мономинеральная флотация

Исследования по влиянию реагента амилowego ксантогената в сравнении с БКс на флотуемость минералов халькопирита и пирита проводились в широком диапазоне рН среды (рН = 6, 8, 10, 12), при этом расход БКс и АмилКс составил по 5 мг/дм³, рисунок 2 а.

Результаты влияния расхода БКс и предлагаемого собирателя при постоянном значении рН = 8,5 на выход халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации представлены на рисунке 2 б.



1, 2 – выход халькопирита в присутствии АмилКс и БКс соответственно; 3, 4 – выход пирита в присутствии АмилКс и БКс соответственно.

Рис. 2. Зависимость выхода халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации:

а – при различных рН среды в присутствии собирателей АмилКс и БКс; б – при различных расходах собирателей АмилКс и БКс.

Сурет 2. Мономинералды флотация процесінде халькопирит пен пирит шығымының тәуелділігі:

а – АмилКс және БКс жинақтағыштарының қатысуымен әртүрлі рН мәндерінде; б – АмилКс және БКс жинақтағыштарының әртүрлі шығындарында.

Figure 2. Dependence of the yield of chalcopyrite and pyrite in the process of monomineral flotation:

а – at different pH values in the presence of AmilKs and BKs collectors; б – at different costs of AmilKs and BKs collectors.

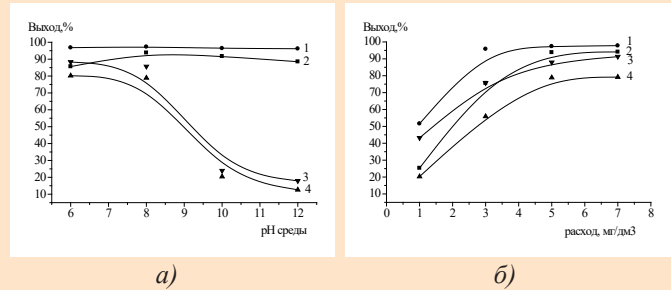
Анализ рисунка 2 а, б показывает, что в присутствии АмилКс с увеличением рН пульпы от 6 до 10 резко уменьшается выход пирита, выход же халькопирита остается практически постоянным в широком диапазоне рН от 8 до 12. Таким образом, исследования показали, что АмилКс, по сравнению с БКс, является более эффективным собирателем минерала халькопирита.

Аналогичные исследования проведены с реагентом ТС-1000. Результаты влияния БКс и предлагаемого собирателя на выход халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации представлены на рисунке 3 а, б.

Анализ рисунка 3 показал, что в присутствии ТС-1000 с увеличением рН пульпы от 6 до 10 резко уменьшается выход пирита, извлечение же халькопирита остается практически постоянным в широком диапазоне рН от 8 до 12. Таким образом, исследования показали, что ТС-1000, по сравнению с БКс, является более эффективным собирателем халькопирита.

Проведены сравнительные тестовые опыты по изучению влияния расхода реагентов БКс, АмилКс и ТС-1000 на флотированность халькопирита и пирита. Тестовые опыты проведены при постоянном значении рН среды (рН = 8-8,5), при этом расход БКс, АмилКс и ТС-1000 варьировался от 1 до 7 мг/дм³. Результаты влияния БКс и предлагаемых собирателей на выход халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации представлены на рисунке 4.

Анализ рисунка 4 показывает, что в зависимости от применяемого реагента – собирателя флотированность халькопирита снижается с следующим порядке ТС-1000 →



1, 2 – выход халькопирита в присутствии ТС-1000 и БКс соответственно; 3, 4 – выход пирита в присутствии ТС-1000 и БКс соответственно.

Рис. 3. Зависимость выхода халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации:

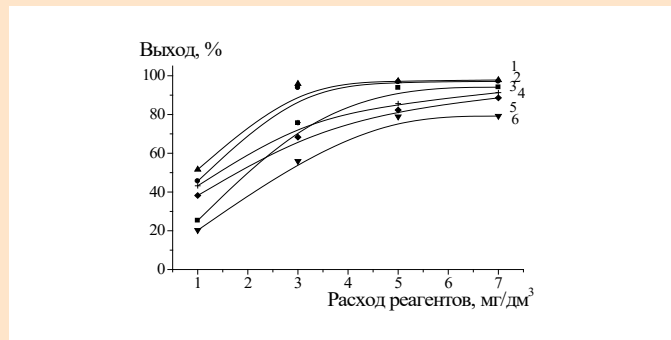
а – при различных рН среды в присутствии собирателей ТС-1000 и БКс; б – при различных расходах собирателей ТС-1000 и БКс.

Сурет 3. Мономинералды флотация процесіндегі халькопирит пен пирит шығымының тәуелділігі: а – ТС-1000 және БКс жинақтағыштарының қатысуымен әртүрлі рН мәндерінде; б – ТС-1000 және БКс жинақтағыштарының әр түрлі шығындарында.

Figure 3. Dependence of the yield of chalcopyrite and pyrite in the process of monomineral flotation:

а – at different pH of the environment in the presence of collectors TS-1000 and BKs; б – at different flow rates of collectors TS-1000 and BKs.

АмилКс → БКс. Таким образом, наиболее эффективным селективным собирателем минералов халькопирита является реагент ТС-1000.

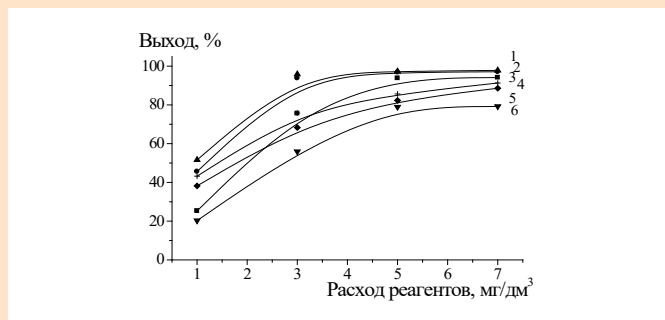


1, 2, 3 – выход халькопирита в присутствии ТС-1000, АмилКс и БКс соответственно; 4, 5, 6 – выход пирита в присутствии ТС-1000, АмилКс и БКс соответственно.

Рис. 4. Зависимость выхода халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации при различных расходах собирателей ТС-1000, АмилКс и БКс.

Сурет 4. ТС-1000, АмилКс және БКс жинағыштарының әртүрлі ағынындағы мономинералды флотация процесінде халькопирит пен пирит шығымдарының тәуелділігі.

Figure 4. Dependence of the yield of chalcopyrite and pyrite in the process of monomineral flotation at different flow rates of collectors TS-1000, AmilKs and BKs.



1,2,3 – выход халькопирита в присутствии ТС-1000, АмилКс и БКс соответственно; 4,5,6 – выход пирита в присутствии ТС-1000, АмилКс и БКс соответственно.
Рис. 4. Зависимость выхода халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации при различных расходах собирателей ТС-1000, АмилКс и БКс.

Сурет 4. ТС-1000, АмилКс және БКс жинағыштарының әртүрлі ағынындағы мономинералды флотация процесінде халькопирит пен пирит шығымдарының тәуелділігі.

Figure 4. Dependence of the yield of chalcopyrite and pyrite in the process of monomineral flotation at different flow rates of collectors TS-1000, AmilKs and BKs.

Сравнение технологических показателей отработанных технологических режимов флотации руды месторождения Коктасжал

Проведены исследования по обработке технологических режимов флотации обогащения руды Коктасжал-

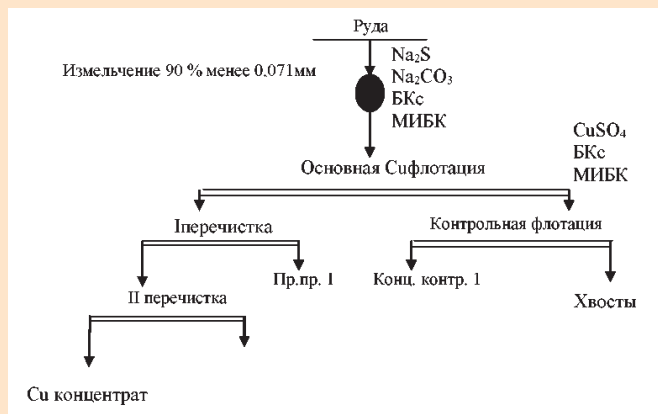


Рис. 5. Схема флотации медно-золотосодержащей руды месторождения Коктасжал.
Сурет 5. Көктасжал кен орнындағы мыс-алтын кенінің флотациялық сызбасы.
Figure 5. Flotation scheme for copper-gold ore at the Koktaszhal deposit.

ской обогатительной фабрики с применением базовых флотореагентов. Проведены исследования по определению оптимальных расходов базовых реагентов. В качестве базовых реагентов использованы сернистый натрий, бутиловый ксантогенат и МИБК. В сравнении с базовым собирателем использовались селективные собиратели амиловый ксантогенат и ТС-1000. Флотационные тесты проведены по схеме, приведенной на рисунке 5.

Результаты флотации медно-золотосодержащей руды месторождения Коктасжал с применением разных собирателей
Кесте 5

Көктасжал кен орнындағы мыс-алтын кенін әртүрлі жинақтағыштар арқылы флотациялау нәтижелері

Table 5

Results of flotation of copper-gold ore from the Koktaszhal deposit using different collectors

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Cu	Au	Cu	Au	
Cu концентрат	3,3	14,8	10,2	76,79	66,64	Na ₂ S – 50 г/т Na ₂ CO ₃ рН = 8-8,5 БутКсан-100 г/т МИБК-30 г/т
Пр. пр 1	1,1	1,6	2,6	2,77	5,66	
Пр. пр 2	0,4	3,2	5,3	2,01	4,20	
Пен. контр. флотации	0,3	1,1	1,6	0,52	0,95	
Отв. хвосты	94,9	0,12	0,12	17,91	22,55	
Руда	100	0,64	0,51	100,00	100,00	Na ₂ S – 50 г/т Na ₂ CO ₃ – рН = 8-8,5 АмилКсан-60 г/т МИБК-30 г/т
Cu концентрат	3	15,9	12	79,89	71,70	
Пр. пр 1	0,9	1,2	2,3	1,81	4,12	
Пр. пр 2	0,3	2,9	4,8	1,46	2,87	
Пен. контр. флотации	0,4	1,3	2,9	0,87	2,31	
Отв. хвосты	95,4	0,1	0,1	15,98	19,00	Na ₂ S – 50 г/т Na ₂ CO ₃ – рН = 8-8,5 ТС-1000-30 г/т МИБК-30 г/т
Руда	100	0,60	0,50	100,00	100,00	
Cu концентрат	2,5	19,4	15,2	79,34	72,24	
Пр. пр 1	0,9	1,4	2	2,06	3,42	
Пр. пр 2	0,5	2,8	5,5	2,29	5,23	
Пен. контр. флотации	0,4	1	1,2	0,65	0,91	Отв. хвосты
Отв. хвосты	95,7	0,1	0,1	15,66	18,19	
Руда	100	0,61	0,53	100,00	100,00	

Результаты опытов с описанием реагентного режима представлены в таблице 5.

Результаты опытов показывают, что с применением амилового ксантогената натрия содержание меди увеличивается на 0,9%, а извлечение меди – на 3,1% в сравнении с базовым собирателем. Содержание золота в медном концентрате увеличивается на 1,8 г/т, извлечение золота в медный концентрат увеличивается на 5,06%. Аналогичные результаты получены с собирателем ТС-1000: содержание меди увеличивается на 4,6%, а извлечение меди – на 2,55%. Содержание золота в медном концентрате увеличивается на 5 г/т, извлечение золота в медный концентрат увеличивается на 5,6%. При этом, в сравнении с оптимальным расходом базового собирателя бутилового ксантогената натрия расход амилового ксантогената уменьшается со 100 до 60 г/т, ТС-1000 со 100 до 30 г/т.

Выводы

Проведен анализ современного состояния и пути совершенствования переработки труднообогатимых медных руд. Одним из способов интенсификации флотационной переработки медных руд является усовершенствование реагентных режимов с использованием более эффективных, селективно действующих флотационных реагентов.

Изучен вещественный состав руды месторождения Коктасжал. Основными полезными компонентами, извлекаемыми из руды, являются медь и золото. Медьсодержащие сульфидные минералы представлены халькопиритом, борнитом, ковеллином, халькозином.

Фазовым анализом на золото установлено, что в пробе руды присутствует золото в свободном виде и в сростках с сульфидами 31,51%. Золото, покрытое пленками гидроксидов железа, содержится незначительно. Ассоциированные с породой зерна золота, не вскрытые при данной степени измельчения и недоступные растворяющему действию кислот 24%. Большая часть золота 40,41% ассоциирована с сульфидами.

Исследованиями по мономинеральной флотации минералов халькопирита и пирита установлено, что в зависимости от применяемого реагента собирателя флотиремость халькопирита снижается в следующем порядке ТС-1000 → АмилКс → БКс. Таким образом, наиболее эффективным селективным собирателем минерала халькопирита является реагент ТС-1000.

Проведены исследования по отработке технологических режимов флотационного обогащения руды с применением базовых флотореагентов сернистый натрий, бутиловый ксантогенат натрия, МИБК и с собирателями АмилКс и ТС-1000.

При сравнении получаемых технологических показателей флотации золото-медной руды месторождения Коктасжал установлено, что при использовании собирателей АмилКс и ТС-1000 извлечение и качество золото-медного концентрата выше, чем при использовании БКс, при этом, в сравнении с оптимальным расходом базового собирателя бутилового ксантогената натрия, расход амилового ксантогената уменьшается со 100 до 60 г/т, ТС-1000 со 100 до 30 г/т.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения: Учебник. – 4-е изд., переработ. и доп. М.: Издательство «Горная книга», 2016, С. 595 (на русском языке)
2. Hosseini S.H. Физико-химические исследования флотации медных минералов, 2018, С. 228 (на английском языке)
3. Bulatovic M.S. Справочник по флотационным реагентам: Elsevier, 2017, Т. 1, №2, С. 32-33 (на английском языке)
4. Lui G. Исследование селективности собирателей при флотации сульфидов меди. / Lui G., Zhong H., Dai T. // Минеральные и металлургические труды. 2018. Т. 25. №1. С. 19-24 (на английском языке)
5. Мелик-Гайказян В.И. Основная характеристика флотационной активности аполярных реагентов. / В.И. Мелик-Гайказян, В.В. Ворончихина, Н.П. Емельянова, А.В. Драганов, К.Г. Ермаков. // Цветная металлургия. 2016. №4. С. 68-71 (на русском языке)
6. Бектурганов Н.С. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья. / Н.С. Бектурганов, Н.К. Тусунбаев, Л.В. Семушкина, Р.С. Калиева. // Цветные металлы. 2019. №4. С. 48-51 (на казахском языке)
7. Gupta A., Yan D. Проектирование и производство по переработке полезных ископаемых. Амстердам: Elsevier, 2016, 2-е издание, введение (на английском языке)
8. Голиков В.В. Испытание и применение эффективных собирателей при флотации руд, содержащих золото и серебро. / В.В. Голиков и др. // Обогащение руд. 2018. №3. С. 15-18 (на русском языке)
9. Кондратьев С.А. Оценка флотационной активности реагентов-собирателей. // Обогащение руд. 2020. №4. С. 24-30 (на русском языке)
10. Игнаткина В.А. Селективное повышение флотоактивности сульфидов цветных металлов с использованием сочетаний сульфгидрильных собирателей. / В.А. Игнаткина, В.А. Бочаров, Ф.О. Милович, П.Г. Иванова, Л.С. Хачатрян. // Обогащение руд. 2016. №3. С. 18-24 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абрамов А.А. Флотациялық байыту әдістері: Оқулық. – 4-ші басылым, қайта қаралғ. және өңд. М.: Баспа «Тау кітабы», 2016, Б. 595 (орыс тілінде)

2. Hosseini S.H. Мыстың минералды флотациясының физика-химиялық зерттеулері, 2018, Б. 228 (ағылшын тілінде)
3. Bulatovic M.S. Флотациялық реагенттер туралы анықтама: Elsevier, 2017, Т.1, №2, Б. 32-33 (ағылшын тілінде)
4. Lui G., Zhong H., Dai T. Мыс сульфидтерін флотациялау кезінде коллектордың селективтілігін зерттеу. / Lui G., Zhong H., Dai T. // Минералды және металлургиялық еңбектер. 2018. Т. 25. №1. Б. 19-24 (ағылшын тілінде)
5. Мелик-Гайказян В.И. Аполярлы реагенттердің флотациялық белсенділігінің негізгі сипаттамалары. / В.И. Мелик-Гайказян, В.В. Ворончихина, Н.П. Емельянова, А.В. Драганов, К.Г. Ермаков. // Түсті металлургия. 2016. №4. Б. 68-71 (орыс тілінде)
6. Бектурганов Н.С. Минералды өңдеу процестеріндегі флотациялық реагенттер. / Н.С. Бектурганов, Н.К. Тусупбаев, Л.В. Семушкина, Р.С. Калиева. // Түсті металдар. 2019. №4. Б. 48-51 (қазақ тілінде)
7. Gupta A., Yan D., Пайдалы қазбаларды өңдеуді жобалау және операциялар. Амстердам: Elsevier, 2016, 2-ші басылым, кіріспе (ағылшын тілінде)
8. Голиков В.В. Құрамында алтын және күміс бар кендерді флотациялау кезінде тиімді жинақтағыштарды сынау және қолдану. / В.В. Голиков және т.б. // Кендерді байыту. 2018. №3. Б. 15-18 (орыс тілінде)
9. Кондратьев С.А. Жинақтаушы реагенттердің флотациялық белсенділігін бағалау. // Кендерді байыту. 2020. №4. Б. 24-30 (орыс тілінде)
10. Игнаткина В.А. Түсті металдардың сульфидтерінің флотациялық белсенділігін сульфгидрильді коллекторлардың комбинацияларын қолдану арқылы селективті арттыру. / В.А. Игнаткина, В.А. Бочаров, Ф.О. Милович, П.Г. Иванова, Л.С. Хачатрян. // Кендерді байыту. 2016. №3. Б. 18-24 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Abramov A.A. Flotatsionnye metody obogashcheniya: Uchebnik. – 4-e izd., pererabot. i dop. M.: Izdatel'stvo «Gornaya kniga», 2016, S. 595 [Abramov A.A. Flotation methods of enrichment: Textbook. – 4th ed., revised. and additional. M.: Publishing House «Mountain book», 2016, P. 595] (in Russian)
2. Hosseini S.H. Physicochemical studies of copper mineral flotation, 2018, P. 228 (in English)
3. Bulatovic M.S. Handbook of flotation reagents: Elsevier, 2007, Vol. 1, №2, P. 32-33 (in English)
4. Lui G. Investigation of the selectivity of collectors during the flotation of copper sulfides. / Lui G., Zhong H., Dai T. // Mineral and Metallurgical Proc. 2008. Vol. 25. №1. P. 19-24 (in English)
5. Melik-Gaikazyan V.I. Osnovnaya kharakteristika flotatsionnoi aktivnosti apolyarnykh reagentov. / V.I. Melik-Gaikazyan, V.V. Voronchikhina, N.P. Emel'yanova, A.V. Draganov, K.G. Ermakov. // Tsvetnaya metallurgiya. 2016. №4. S. 68-71 [Melik-Gaykazyan V.I. The main characteristic of the flotation activity of apolar reagents. / V.I. Melik-Gaykazyan, V.V. Voronchikhina, N.P. Emelyanova, A.V. Draganov, K.G. Ermakov. // Non-ferrous metallurgy. 2016. №4. P. 68-71] (in Russian)
6. Bekturganov N.S. Flotation reagents in mineral processing processes. / N.S. Bekturganov, N.K. Tusupbaev, L.V. Semushkina, R.S. Kalieva. // Non-ferrous metals. 2019. №4. P. 48-51 (in Kazakh)
7. Gupta A., Yan D. Mineral Processing Design and Operations. Amsterdam: Elsevier, 2016, 2nd Edition, An Introduction (in English)
8. Golikov V.V. Ispytanie i primenenie effektivnykh sobiratelei pri flotatsii rud, sodержashchikh zoloto i srebro. / V.V. Golikov i dr. // Obogashchenie rud. 2018. №3. S. 15-18 [Golikov V.V. Testing and application of effective collectors in the flotation of ores containing gold and silver. / V.V. Golikov et al. // Ore enrichment. 2018. №3. P. 15-18] (in Russian)
9. Kondrat'ev S.A. Otsenka flotatsionnoi aktivnosti reagentov-sobiratelei. // Obogashchenie rud. 2020. №4. S. 24-30 [Kondratyev S.A. Assessment of flotation activity of collecting reagents. // Ore enrichment. 2020. №4. P. 24-30] (in Russian)
10. Ignatkina V.A. Selektivnoe povyshenie flotoaktivnosti sul'fidov tsvetnykh metallov s ispol'zovaniem sochetanii sul'fgidril'nykh sobiratelei. / V.A. Ignatkina, V.A. Bocharov, F.O. Milovich, P.G. Ivanova, L.S. Khachatryan. // Obogashchenie rud. 2016. №3. S. 18-24 [Ignatkina V.A. Selective increase in flotation activity of non-ferrous metal sulfides using combinations of sulphydryl collectors. / V.A. Ignatkina, V.A. Bocharov, F.O. Milovich, P.G. Ivanova, L.S. Khachatryan. // Ore enrichment. 2016. №3. P. 18-24] (in Russian)

Сведения об авторах:

Сейсенбек А.К., магистрант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых», НАО «Казахский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), seysenbekova@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0001-7555-9533>

Телков Ш.А., кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых», НАО «Казахский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), s.telkov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-6641-4802>

Мотовилов И.Ю., доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых», НАО «Казахский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), i.motovilov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-0716-402X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сейсенбек А.К., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу университеті» КЕАҚ «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының магистранты (Алматы қ., Қазақстан)

Телков Ш.А., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу университеті» КЕАҚ «Металлургия және пайдалы қазбаларды өңдеу» кафедрасының т.ғ.к., доцент, профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Мотовилов И.Ю., PhD, Қ.И. Сәтбаев атындағы «Қазақ ұлттық зерттеу университеті» КЕАҚ «Металлургия және пайдалы қазбаларды өңдеу» кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Seisenbek A.K., Master's student of the Department of «Metallurgy and Mineral Processing», NJSC «Kazakh National Research University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)

Telkov Sh.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of «Metallurgy and Mineral Processing», NJSC «Kazakh National Research University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)

Motovilov I.Yu., PhD, Associate Professor of the Department of «Metallurgy and Mineral Processing», NJSC «Kazakh National Research University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)



TECH MINING RUSSIA

www.techmining.ru

6-Я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

СТРОИТЕЛЬСТВО, МОДЕРНИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

12

сентября
2024

Москва
Novotel Moscow City



16+



Код МРНТИ 55.35.99

Б.С. Бейсенов, К.К. Елемесов, Бортебаев С.А., *Е.Е. Сарыбаев
Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

АУЫР РОТОРЛЫ ЖАБДЫҚТЫҢ НЕГІЗГІ ЖЕТЕГІНІҢ БӨЛІГІ РЕТІНДЕ ПНЕВМАТИКАЛЫҚ ІСКЕ ҚОСУ ҚҰРЫЛҒЫСЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ-ҚУАТТЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Тау-кен металлургия кешенінің кәсіпорындарында ауыр роторлы жабдықты іске қосу мәселесі түінді болып табылады. Үлкен инерциялық массасы бар жабдықты пайдалану кезінде іске қосу режимдері ең қолайсыз режимдер болып табылады. Жабдықтың бұл түрін іске қосу кезінде іске қосу құрылғыларына жүктемелердің бірнеше есе артуы байқалады, бұл олардың ресурсының төмендеуіне, электр қозғалтқышының істен шығуына, электр энергиясының пайдалану шығындарының жоғарылауына және т.б. алып келеді. Бұл мақалада ауыр роторлы машиналардың іске қосу тогының мөлшеріне соңғы ажыратқышты орналастыру нүктесінің және жүйедегі қысымның әсерін зерттеу мақсатында тіреуші іске қосу құрылғысының стандарттық сынақтарының нәтижелері келтірілген. Іске қосу тогының сиффон цилиндрінің қуысындағы әртүрлі қысымдардағы жылжымалы траекториядағы соңғы қосқышты орнату нүктесіне тәуелділігінің графикалары алынды.

Түйінді сөздер: шарлы диірмен, іске қосу тогы, рейкалы құрылғы, сиффонды баллон, 3 камералы, сиффон, көмекші жетек.

Research of energy-power parameters of pneumatic balloon starting device as a part of the main drive of equipment with heavy rotor

Abstract. At the enterprises of the mining and metallurgical complex, there is a problem of starting equipment with a heavy rotor. When operating equipment with a large inertial mass, the most unfavorable modes are the starting modes. During the start-up of this type of equipment, there is a multiple excess of loads on the starting devices, which leads to a failure of the electric motor, increased operating costs for electricity, etc. This article presents the results of bench tests of a rack-and-pinion starting device, in order to study the influence of the location point of the limit switch and the pressure in the system on the value of the starting current of machines with a heavy rotor. Graphs of the dependence of the inrush current on the installation point of the limit switch on the sliding trajectory at different pressures in the cavity of the bellows cylinder are obtained.

Key words: ball mill, starting current, rack and pinion device, bellows cylinder, 3-chamber bellows, auxiliary drive.

Исследования энергосиловых параметров пневмобаллонного пускового устройства в составе главного привода оборудования с тяжелым ротором

Аннотация. На предприятиях горно-металлургического комплекса существует проблема пуска оборудования с тяжелым ротором. При эксплуатации оборудования с большой инерционной массой наиболее неблагоприятными режимами являются пусковые режимы. Во время пуска такого вида оборудования наблюдается кратное превышение нагрузок на пусковые устройства, что приводит к снижению их ресурса, выход из строя электродвигателя, повышенные эксплуатационные затраты на электроэнергию и т.д. В данной статье представлены результаты стендовых испытаний реечного пускового устройства с целью исследования влияния точки размещения конечного выключателя и давления в системе на величину пускового тока машин с тяжелым ротором. Получены графики зависимости пускового тока от точки установки конечного выключателя на траектории раздвижки при различных давлениях в полости сиффонного баллона.

Ключевые слова: шаровая мельница, пусковой ток, реечное устройство, сиффонный баллон, 3-х камерный, сиффон, вспомогательный привод.

Кіріспе

Ауыр роторлы технологиялық машиналарды іске қосу проблемалары белгілі, бұл электр қозғалтқыштарының істен шығуына, жетек элементтерінің шамадан тыс жүктелуіне, іске қосу кезінде, ұзақ аялдамаларда және т. б. тыныштық үйкеліс күштерін жеңу қажеттілігіне байланысты тірек қондырғыларының тозуының жоғарылауына әкелетін үлкен іске қосу токтары [1, 2].

Бұл бағыттағы зерттеулердің өзектілігі кен ұнтақтайтын шар диірмендерінің іске қосу режимдерін оңтайландырудан және үлкен моменті бар түпнұсқа қосалқы құрылғыларды пайдаланудан тұрады, бұл іске қосу режимдерінде ауыр роторлы жабдықтың негізгі штаттық жетек құрылғыларына жүктемені айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді, бұл осындай жабдықты пайдаланудың энергия тиімділігіне әкеледі [3-5].

Бұл мәселені шешу үшін сиффон және сына пневмокамералары негізінде іске қосу-көмекші жетектердің нұсқалары әзірленді [6, 7], олар арнайы әзірленген стендтерде сынау кезінде тиімділігін растады. Іске қосу токтары сәйкесінше 30% және 40% төмендеді, бірақ құрылымдық жағынан бұл жетек нұсқалары өте күрделі болды.

Зерттеу әдістемесі

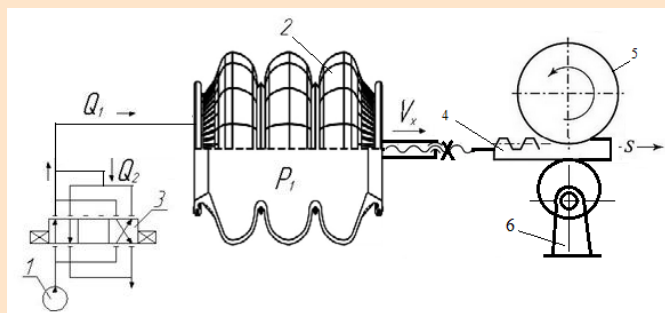
Қазіргі уақытта біз 2021 жылы ҚР патенті алынған рейкалы механизмді пайдалана отырып, іске қосу құрылғысының

нұсқасына келдік [8]. Бірақ бұл шешімді жүзеге асыру үшін бізге максималды жылжымалы сиффонды пневмобаллондар қажет болды. Біздің қолымызда бар екі камералы сиффонды пневмобаллондар максимум 100-10 мм берді, бұл жеткіліксіз болды [9]. Нәтижесінде біз диаметрі 300 мм үш камералы сиффонды пневмобаллондарға 280 мм жылжымалы жүріспен шықтық. Сиффонды пневмобаллон негізінде типтік пневматикалық жетектің есептік схемасы 1-суретте көрсетілген.

Рейкалы типті пневматикалық көмекші іске қосу құрылғысының (ПКІҚҚ) параметрлерін зерттеуге арналған стенд [10] рамадан тұрады, оның соңында пневматикалық басқару блогы бар секциялық тороидальды цилиндр орнатылған (2-сурет), біз оны рейканың қозғалысын басқару блогы деп атадық.

Цилиндрдің алдыңғы қақпағында оған дәнекерленген реттелетін тірек блогы және қайтару механизмінің тірек жеңі бар кронштейн бекітілген. Раманың ортаңғы бөлігінде тісті тәжді орналастыру аймағында (жетекті жартылай муфтада) 1 рельсті көтеру блогы 4 (3-сурет) 2 баллонды сырғыту кезінде 3 тәж тістерімен ілініске енгізу және бас-тапқы қалыпқа оралу кезінде түсіру үшін орнатылған.

Алдын ала талдау және зерттеулер пневматикалық баллондарды барабан диірмендерінің ипневматикалық көмекші іске қосу құрылғыларының (ПКІҚҚ) алдыңғы нұсқаларының қуат элементтері ретінде қолдану мүмкіндігін көрсетті. ПКІҚҚ 0,4-0,5 МПа қысымға есептелді, яғни цехтың пневматикалық желілеріндегі жұмыс қысымы.

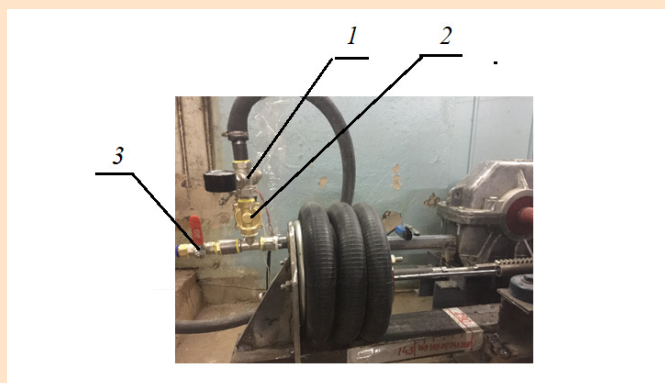


1 – жүйені қоректендіретін компрессор;
2 – пневмобаллон; 3 – пневмореттегіш; 4 – рейка;
5 – жетекші тісті дөңгелек; 6 – рейканы көтеретін
эксцентрикті механизм.

Сурет 1. Сильфонды пневмобаллон базасындағы пневможетектің есептік сұлбасы.

Figure 1. The design scheme of the pneumatic actuator based on a bellows pneumatic cylinder.

Рис. 1. Расчетная схема пневмопривода на базе сильфонного пневмобаллона.

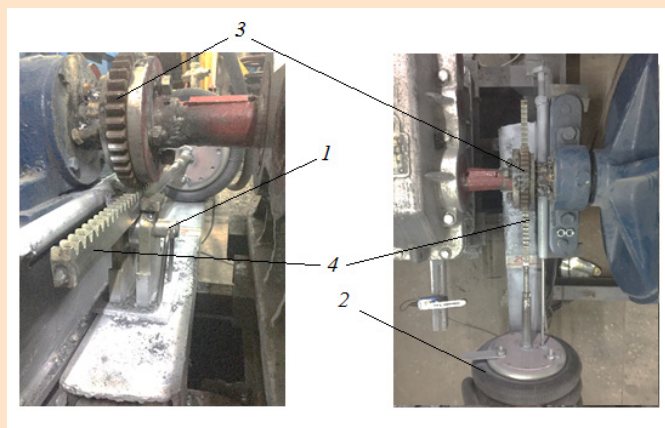


1 – пневматикалық қысым редукторы;
2 – электромагнитті клапан; 3 – қалыпты
жабық ағызу клапаны.

Сурет 2. Сильфонның пневматикалық блогі.

Figure 2. Pneumatic Bellows Block.

Рис. 2. Пневмоблок сильфона.



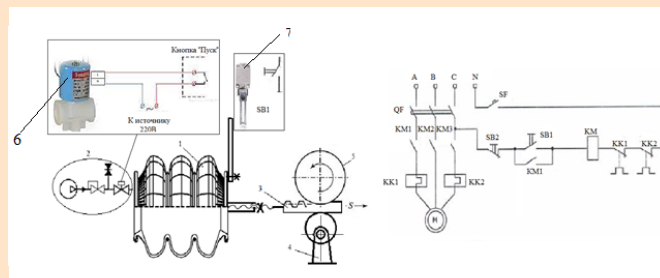
Сурет 3. Рейканы көтеру және түсіру блогы.

Figure 3. Rail lifting and lowering unit.

Рис. 3. Блок подъема и опускания рейки.

Тірек механизмдерінің айрықша ерекшелігі-олар әртүрлі мақсаттағы станоктар мен машиналардың жұмыс бөліктерінің трансляциялық қозғалыстарының мөлшерін өзгертуге мүмкіндік береді және өте кең диапазонда және дәл.

ПКІКҚ басқару үшін автоматты режимде жұмыс істеуге мүмкіндік беретін басқару блогы жасалды (4-сурет).



1 – үш камералы сильфонды баллон; 2 – ауаны берудің басқару блогі; 3 – рейка; 4 – рейканы ілінісуге келтіретін эксцентрикті механизм; 5 – жетекті тісті дөңгелек;
6 – электромагнитті клапан; 7 – іске қосқыш.

Сурет 4. Рейкалы жетекті басқарудың сұлбасы.

Figure 4. Schematic diagram of rack and pinion drive control.

Рис. 4. Принципиальная схема управления речным приводом.

Жүйе келесідей жұмыс істейді:

- пневматикалық магистральдан немесе компрессорлық қондырғының ресиверінен ауа 2 ауа беруді басқару блогына беріледі, онда ол пневматикалық редукторда белгіленген шегіне дейін төмендейді және электромагниттік клапанмен бекітіледі;

- «Бастау» батырмасын басқан кезде электромагниттік клапан 6 ашылады, сығылған ауа сильфон қуысына енеді. Соңғысы сырғанау кезінде тірек блогы барабан білігінің мойнына бекітілген жетек муфтасын айналдырады.

- сильфонның алдыңғы ұшына, соңғы қосқышқа 7 бекітілген аялдамаға жеткенде, соңғысы негізгі электр қозғалтқышының іске қосу релесінің тізбегін жабады, осылайша барабанның айналуын бастайды. Тісті рейка кейіннен жылжытқанда, тәждің тістері тіссіз рельс аймағына енеді. Бұл позициядағы «бастау» батырмасы босатылуы керек, осылайша сильфонға ауа беруді тоқтатады. Іске қосу тоғын өлшеу аяқталған кезде диірменнің жұмысын негізгі жетектің басқару тақтасындағы «тоқтату» батырмасы тоқтатуы мүмкін (керек).

Тісті рейкалы жетек жартылай муфтасының тәжі ілінісуінен шығару диірмен барабанының айналуын толық тоқтатқаннан және электр тізбегін тоқтан ажыратқаннан кейін ғана жүзеге асырылуы мүмкін. Рейканы іліністен шығару үшін эксцентрілік механизмнің білігін 1800-ге бұру жеткілікті. Осыдан кейін сильфоннан шыққан ауаны 8-клапан арқылы шығаруға болады, газ тірегі (пневматикалық тосқауыл) сильфонды бастапқы күйіне қайтарады.

Нәтижелер және оларды талқылау

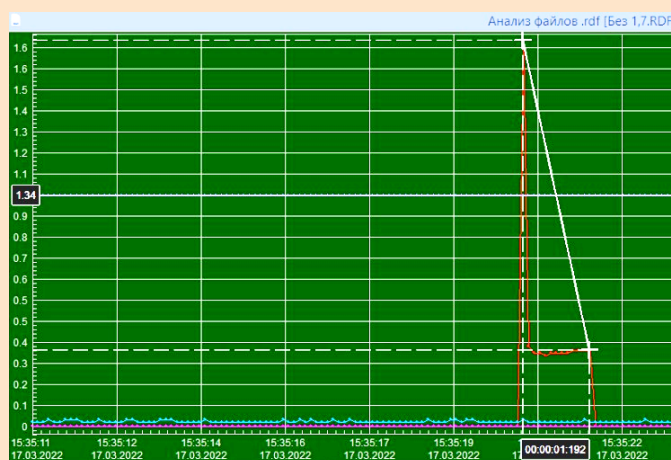
Тірек типті ПКҚҚ динамикалық сипаттамаларын анықтау бойынша бірқатар эксперименттік зерттеулер жүргізілді (түсініктемелері бар ағымдағы диаграммалар).

Стендтік сынақ бағдарламасына екі кезең енгізілді: біріншісінде – соңғы ажыратқыштың орналасу нүктесінің іске қосу тогының мөлшеріне әсері, екіншісінде – оның жүйедегі қысымға тәуелділігі зерттелді.

Бірінші кезең бойынша эксперименттерді жүзеге асыру үшін импульстік итергіштің басқару тақтасында соңғы Ажыратқышты жылжымалы инсульттің ортасынан 20 мм қадаммен жылжыту мүмкіндігі қарастырылған. Бірқатар эксперименттер 0,3 МПа қысыммен жүргізілді. Іске қосу тогының максималды төмендеуі жылжымалы инсульттің екінші жартысында – 270-тен 350 мм-ге дейін соңғы қосқышты орнату кезінде орын алғаны анықталды.

Сынақтардың екінші кезеңі қысыммен 0,1 МПа қадаммен және жылжу барысымен өзгерді.

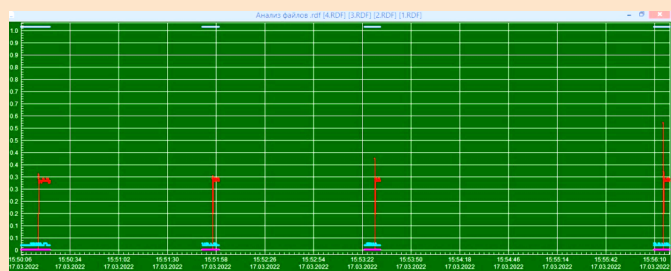
Іске қосу тогын өлшеу деректері:



Сурет 5. Іске қосу құрылғысын қоспай (макс іске қосу тогы $I_n = 9A$, номиналды ток $I_n = 3A$).

Figure 5. Without turning on the starting device (max starting current $I_n = 3A$, rated current $I_n = 9A$).

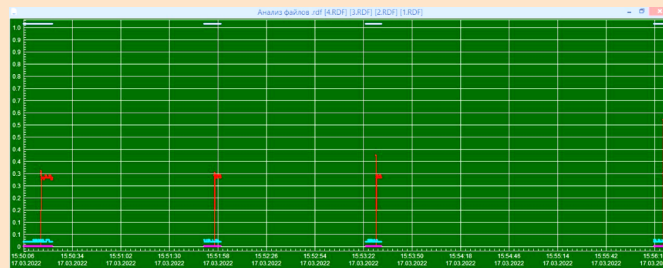
Рис. 5. Без включения пускового устройства (макс пусковой ток $I_n = 9A$, номинальный ток $I_n = 3A$).



Сурет 6. 290 мм жылжыту және 0,4-0,1 МПа қысым кезінде іске қосу токтары.

Figure 6. Starting currents at a sliding stroke of 290 mm and a pressure of 0.4-0.1 MPa.

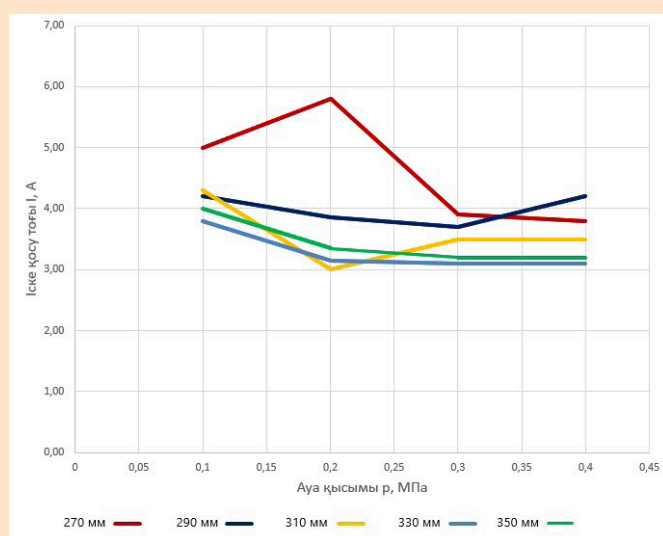
Рис. 6. Пусковые токи при ходе раздвижки 290 мм и давления 0,4-0,1 МПа.



Сурет 7. 310 мм жылжыту және қысым 0,4-0,1 МПа болғанда іске қосу токтары.

Figure 7. Starting currents during sliding 310 mm, pressure 0.4-0.1 MPa.

Рис. 7. Пусковые токи при ходе раздвижки 310 мм, давления 0,4-0,1 МПа.



Сурет 8. Пневмобаллон жетегінің пневматикалық жүйесіндегі қысымнан іске қосу токтардың өзгеруінің біріктірілген кестесі.

Figure 8. Combined schedule of changes in starting currents from pressure in the pneumatic system of the pneumatic cylinder drive.

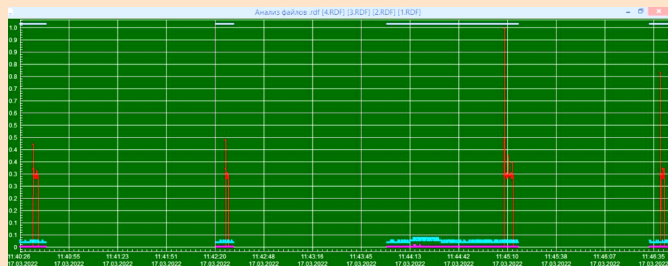
Рис. 8. Совмещенный график изменения пусковых токов от давления в пневмосистеме пневмобаллонного привода.

Сынақ нәтижелері бойынша келесі қорытынды жасауға болады: іске қосу тогының максималды төмендеуін қамтамасыз ету үшін сильфонды сырғытудың ең оңтайлы жүрісі 290-310 мм диапазонындағы максималды және орташа жылжымалы жүрістер арасындағы аралықтың ортасы деп санауға болады.

290-310 мм диапазонындағы жылжымалы траекториядағы іске қосу нүктесін нақтылау үшін 0,1 МПа-дан 0,4 МПа-ға дейінгі қысымның өзгеру қадамымен бірқатар эксперименттер жүргізілді (9-10 суреттер).

Жүйедегі жұмыс қысымы 0,35-0,40 МПа диапазонында болатындықтан, графикте 0,4 МПа-да алынған деректерді ұсынумен шектелді (11-сурет).

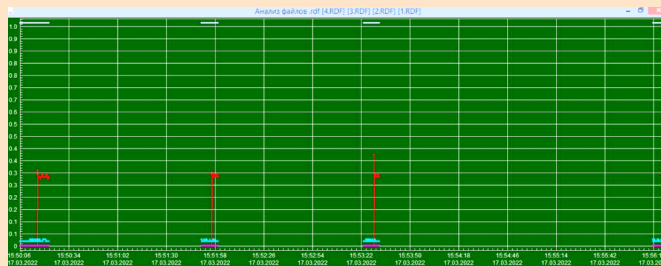
Dep/6 көрсеткіштері бойынша $F(p)$ графигін салды (сурет 12), яғни 0,20 МПа-дан 0,40 МПа-ға дейінгі қысыммен өзгереді. Бұл ретте қысым 0,35 МПа-дан жоғары көтерілген кезде итеру күші іс жүзінде өзгермейтініне назар аударды.



Сурет 9. 290 мм жылжуы және 0,1-0,4 МПа-дан қысымдағы іске қосу тогы.

Figure 9. Starting currents at a sliding stroke of 290 mm and a pressure of 0.1-0.4 MPa

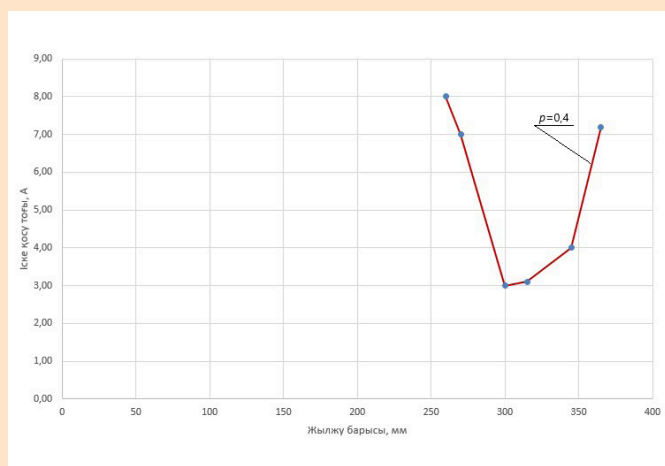
Рис. 9. Пусковые токи при ходе раздвижки 290 мм и давлении от 0,1-0,4 МПа.



Сурет 10. 310 мм жылжуы және 0,1-0,4 МПа-дан қысымдағы іске қосу тогы.

Figure 10. Starting currents during sliding are 310 mm and pressure from 0.1-0.4 MPa.

Рис. 10. Пусковые токи при ходе раздвижки 310 мм и давлении от 0,1-0,4 МПа.



Сурет 11. 0,4 МПа қысым кезінде жылжымалы жүріс мөлшерінен іске қосу токтардың өзгеруінің біріктірілген кестесі.

Figure 11. A combined graph of the change in starting currents from the magnitude of the sliding stroke at a pressure of 0.4 MPa.

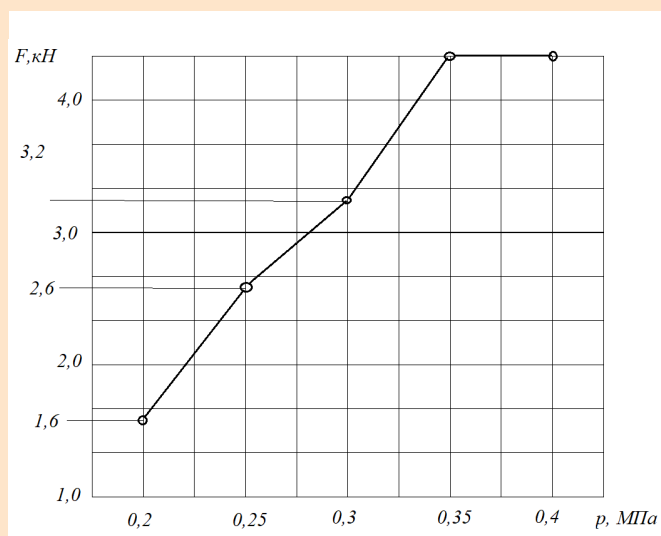
Рис. 11. Совмещенный график изменения пусковых токов от величины хода раздвижки при давлении 0,4 МПа.

Қорытынды

Сынақ нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жа-сауға болады:

- іске қосу тогының максималды төмендеуін қамта-масыз ету үшін сифонды сырзатудың ең оңтайлы жү-рісін стендтегі сифон баллонын сынау кезінде алынған 260-280 мм интервал емес, 300-320 мм интервал деп са-науға болады, өйткені иннерциялық компоненттің жұмы-сы әсер етеді;

- іске қосу жүйесінің тиімділігін арттыру үшін пневматикалық жүйеде қысымды жоғарылату керек, соғұрлым жақсы (бірақ цехтың пневматикалық желі-леріндегі қысым әдетте 0,3-0,35 МПа-дан аспайды, ал сифон цилиндрлері тах-тен 0,8 МПа-ға есептелген.);



Сурет 12. $F(p)$ тәуелділігі.

Figure 12. Dependence $F(p)$.

Рис. 12. Зависимость $F(p)$.

- сифондардың диаметрін ұлғайтуға болады, бірақ мұнда да 500 мм шегі бар;
- цилиндрлерден сығылған ауаны қолдану арқылы қы-сымды арттыру;
- моторлы жартылай муфтадағы тісті доңғалақтың диаметрін ұлғайту.

Ұсынылған іске қосу жүйесі өзінің тиімділігі мен қа-рапайымдылығын сындарлы түрде көрсетті, яғни оны практикаға енгізу тұрғысынан өте қызықты болуы мүм-кін.

АЛҒЫС

Зерттеу Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің қаржылық қолдауымен BR18574141 «Қазақстан өнеркәсібі үшін энергетика және машина жасауда энергия тиімділігін арттыру және ресурстар-ды үнемдеу бойынша кешенді көп мақсатты бағдарла-ма» аясында жүзеге асырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Альтишуллер М.И. Жогары вольтты айнымалы ток қозғалтқыштары үшін жұмсақ іске қосу жүйесін әзірлеу және енгізу тәжірибесі. // Экспозиция Мұнай Газ. 2009. Б. 32-36 (орыс тілінде)
2. Alfred R. Қалақ түріндегі жартылай айналымды жетектерді пайдаланатын тиімділігі жоғары пневматикалық жетек жүйесі. // Электроника және энергетика. 2021. Т. 34. №3. Б. 415-433 (ағылшын тілінде)
3. Крупник Л.А. Пневмобаллондар базасындағы тыныш жүретін жетек. / Л.А. Крупник, К.К. Елемесов, Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2018. №10. Б. 40-43 (орыс тілінде)
4. Хайруллаев Д.Х., Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е. Барабан диірмендерінің қосалқы жетегі ретінде үзік (қадамдық) қозғалыс циклі бар пневмобаллон жетегінің параметрлерін әзірлеу және зерттеу. // «Сәтбаев оқулары – 2021» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының еңбектері. – Т. 1. – Б. 1230-1233 (орыс тілінде)
5. Łukasz Magdziak, Ireneusz Malujda, Dominik Wilczyński, Dominik Wojtkowiak. Манипулятор жетегі ретінде пневматикалық жетекті позициялауды жақсарту тұжырымдамасы. // «Машиналық модельдеу 2016» XXI халықаралық словак-поляк конференциясы. Инженеринг үрдісі, 2017. – №177. – Б. 331-338 (ағылшын тілінде)
6. Фрикциялық-басып озу муфтасы бар пневматикалық қозғалтқыш: ҚР инновациялық патенті №34086; өтін. 20.06.2018; жариял. 27.12.2019. Бюлл. №52, 4 б. (орыс тілінде)
7. Ілгермелі-қайтарымды әсерлі пневматикалық жетек: ҚР инновациялық патенті РК №32347; өтін. 18.12.2015; жариял. 31.08.2017. Бюлл. №16, 4 б. (орыс тілінде)
8. Қырылдақты жетек: ҚР инновациялық патенті №31421; өтін. 13.03.2015; жариял. 15.08.2016. Бюлл. №9, 5 б. (орыс тілінде)
9. Krupnik L. Баяу жүрісті жетекті механизмдер үшін пневматикалық сальфондарды пайдалану. / Krupnik L., Yelemessov K., Beisenov B., Baskanbayeva D., Sarybaev E. // Халықаралық ғылыми және инженерлік зерттеулер журналы. 2018. Т. 9. Шығ. 11. Б. 1106-1112 (ағылшын тілінде)
10. Бейсенов Б.С. Ауыр роторлы технологиялық машиналардың іске қосу токтарына сальфонды цилиндрлер негізіндегі тірек-тісті іске қосу құрылғысының әсерін зерттеу. / Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев, К.К. Елемесов, Р.З. Тағауова. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2023. №9. Б.56-60 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Altshuller M.I. Opyt po razrabotke i vnedreniju sistem plavnogo puska vysokovol'tnyh jelektrovdigatelej peremennogo toka. // Jekspozicija Neft' Gaz. 2009. S. 32-36 [Altshuller M.I. Experience in the development and implementation of soft start systems for high-voltage AC motors. // Exposition Oil Gas. 2009. P. 32-36] (in Russian)
2. Alfred Rufer. A high efficiency pneumatic drive system using vane-type semi-rotary actuators. // Electronics and Energetics. 2021. Vol. 34. №3. P. 415-433 (in English)
3. Krupnik L.A. Tihohodnyj privod na baze pnevmoballonov. / L.A. Krupnik, K.K. Yelemesov, B.S. Beisenov, E.E. Sarybaev. // Gornyj zhurnal Kazahstana. 2018. №10. S. 40-43 [Krupnik L.A. Low-speed drive based on pneumatic cylinders / L.A. Krupnik, K.K. Yelemesov, B.S. Beisenov, E.E. Sarybaev. // Mining Journal of Kazakhstan. 2018. №10. P. 40-43] (in Russian)
4. Hajrullaev D.H., Bejsenov B.S., Sarybaev E.E. Razrabotka i issledovanie parametrov pnevmoballonogo privoda s preryvistym (poshagovym) ciklom dvizhenija v kachestve vspomogatel'nogo privoda barabannyh mel'nic. // Trudy Mezhdun. nauchn.-prakt. konf. «Satpayevskie chtenija – 2021». Т. 1. – S. 1230-1233 [Hajrullaev D.H., Bejsenov B.S., Sarybaev E.E. Development and research of parameters of a pneumatic cylinder drive with an intermittent (step by-step) cycle of movement as an auxiliary drive of drum mills. // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Satpayev readings – 2021». – Vol. 1. – P. 1230-1233] (in Russian)
5. Łukasz Magdziak, Ireneusz Malujda, Dominik Wilczyński, Dominik Wojtkowiak. Concept of improving positioning of pneumatic drive as drive of manipulator. // XXI International Slovak-Polish Conference «Machine Modeling and Simulations 2016». Engineering process, 2017. – №177. – P. 331-338 (in English)
6. Pnevmodvigatel' s friktsionno-obgonnoi muftoi: Innovatsionnyi patent RK №34086; zayavl. 20.06.2018; opubl. 27.12.2019. Byull. №52, 4 s. [Innovative patent of the Republic of Kazakhstan №34086; statement 20.06.2018; published 27.12.2019. Bulletin №52, 4 p.] (in Russian)
7. Pnevmaticheskii privod vozvratno-postupatel'nogo deistviya: Innovatsionnyi patent RK №32347; zayavl. 18.12.2015; opubl. 31.08.2017. Byull. №16, 4 s. [Innovative patent of the Republic of Kazakhstan №32347; statement 18.12.2015; published 31.08.2017. Bulletin №16, 4 p.] (in Russian)
8. Khrapovoi privod: Innovatsionnyi patent RK №31421; zayavl. 13.03.2015; opubl. 15.08.2016. Byull. №9, 5 s. [Ratchet drive: Innovative patent of the Republic of Kazakhstan №31421; statement 13.03.2015; published 15.08.2016. Bulletin №9, 5 p.] (in Russian)
9. Krupnik L. Use of air bellows for low-speed drive mechanisms. / Krupnik L., Yelemessov K., Beisenov B., Baskanbayeva D., Sarybaev E. // International Journal of Scientific & Engineering Research. 2018. Vol. 9(11). P. 1106-1112 (in English)

10. Beisenov B.S. Issledovanie vliyanija reechnogo puskovogo ustrojstva na baze sil'fonnyh ballonov na puskovye toki tehnologicheskikh mashin tjazhelym rotorom. / B.S. Beisenov, E.E. Sarybaev, K.K. Elemesov, R.Z. Tagauova. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2023. №9. S.56-60 [Beisenov B.S. Study of the influence of a rack-and-pinion starting device based on bellows cylinders on the starting currents of technological machines with a heavy rotor. / B.S. Beisenov, E.E. Sarybaev, K.K. Elemesov, R.Z. Tagauova. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2023. №9. P.56-60] (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Альтшуллер М.И. Опыт по разработке и внедрению систем плавного пуска высоковольтных электродвигателей переменного тока. // *Экспозиция Нефть Газ*. 2009. С. 32-36 (на русском языке)
2. Alfred R. Высокоэффективная пневматическая приводная система, использующая полуоборотные приводы лопастного типа. // *Электроника и энергетика*. 2021. Т. 34. №3. С. 415-433 (на английском языке)
3. Крупник Л.А. Тихоходный привод на базе пневмобаллонов. / Л.А. Крупник, К.К. Елемесов, Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев. // *Горный журнал Казахстана*. 2018. №10. С. 40-43 (на русском языке)
4. Хайруллаев Д.Х., Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е. Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения в качестве вспомогательного привода барабанных мельниц. // *Труды междунар. научн.-практ. конф. «Сатпаевские чтения – 2021»*. – Т. 1. – С. 1230-1233 (на русском языке)
5. Łukasz Magdziak, Ireneusz Malujda, Dominik Wilczyński, Dominik Wojtkowiak. Концепция улучшения позиционирования пневмопривода в качестве привода манипулятора. // *XXI Международная словацко польская конференция «Машинное моделирование 2016»*. Процесс инжиниринга, 2017. – №177. – С. 331-338 (на английском языке)
6. Пневмодвигатель с фрикционно-обгонной муфтой: Инновационный патент РК №34086; заявл. 20.06.2018; опубл. 27.12.2019. Бюлл. №52, 4 с. (на русском языке)
7. Пневматический привод возвратно-поступательного действия: Инновационный патент РК №32347; заявл. 18.12.2015; опубл. 31.08.2017. Бюлл. №16, 4 с. (на русском языке)
8. Храповой привод: Инновационный патент РК №31421; заявл. 13.03.2015; опубл. 15.08.2016. Бюлл. №9, 5 с. (на русском языке)
9. Крупник Л. Использование пневматических сильфонов для тихоходных приводных механизмов. / Крупник Л., Yelemessov K., Beisenov B., Baskanbayeva D., Sarybaev E. // *Международный журнал научных и инженерных исследований*. 2018. Т. 9. Вып. 11. С. 1106-1112 (на английском языке)
10. Бейсенов Б.С. Исследование влияния реечного пускового устройства на базе сильфонных баллонов на пусковые токи технологических машин с тяжелым ротором. / Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев, К.К. Елемесов, Р.З. Тагауова. // *Горный журнал Казахстана*. 2023. №9. С.56-60 (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Бейсенов Б.С., т.ғ.к., «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), b.beisenov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-6501-6746>

Елемесов К.К., т.ғ.к., профессор, Энергетика және машинажасау институтының директоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), k.yelemessov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-6168-2787>

Бортебаев С.А., т.ғ.к., «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), s.bortebayev@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-8761-3429>

Сарыбаев Е.Е., «Машиналар мен жабдықтардың цифрлық инженериясы» ОБ постдокторанты, «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының аға оқытушысы, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), sarybaev.erjan@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6665-4558>

Information about the authors:

Beisenov B.S., Ph.D., Associate Professor of the Department of Technological Machines and equipment, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Yelemessov K.K., Ph.D., Professor, Director of the Institute of Energy and Mechanical Engineering, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Bortebayev S.A., Ph.D, Associate Professor of the Department of Technological Machines and equipment, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Sarybaev Ye.Ye., postdoctoral student of the EP «Digital Engineering of Machines and Equipment», Senior Lecturer of the Department of «Technological Machines and equipment», Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Бейсенов Б.С., к.т.н., Ассоциированный профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Елемесов К.К., к.т.н., профессор, Директор Института Энергетики и машиностроения, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Бортебаев С.А., к.т.н., Ассоциированный профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Сарыбаев Е.Е., постдокторант ОП «Цифровая инженерия машин и оборудования», старший преподаватель кафедры «Технологические машины и оборудование», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Код МРНТИ 53.31.21

Н.К. Досмухамедов¹, *Е.Е. Жолдасбай², Ю.Б. Ичева²¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Жезказганский университет им. О.А. Байконурова (г. Жезказган, Казахстан)

ИЗВЛЕЧЕНИЕ CU, ZN, PB ИЗ ОГАРКА ОТ ОБЖИГА ТОНКОЙ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЫЛИ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ

Аннотация. В работе приведены результаты выщелачивания огарка, полученного после восстановительного обжига тонкой конвертерной пыли природным газом, серной кислотой. Исследовано влияние температуры, времени и отношения Т:Ж на извлечение **Cu, Zn, Pb** в целевые продукты при выщелачивании огарка серной кислотой. Определены оптимальные параметры выщелачивания огарка – температура – 40 °С, время процесса – 40 мин., Т:Ж = 0,9, обеспечивающие высокое извлечение металлов в целевые продукты: 97,3% свинца – в свинцовый кек, 96,4% меди и 99,5% цинка в раствор. Установлено, что при оптимальных условиях ведения процесса концентрация меди и цинка в растворе при выщелачивании огарка повышается более чем в 2 раза, в то время как концентрация свинца снижается почти наполовину.

Ключевые слова: пыль, огарок, выщелачивание, серная кислота, раствор, свинцовый кек, извлечение, медь, свинец, цинк, мышьяк.

Мыс өндірісінің жұқа конвертер шаңын күйдіруден алынған күйіндіден *Cu, Zn, Pb* күкірт қышқылымен шаймалау арқылы бөліп алу

Андатпа. Жұмыста табиғи газбен жұқа конвертер шаңын тотықсыздандырып күйдіруден кейін алынған күйіндіні күкірт қышқылымен шаймалау нәтижелері келтірілген. Температураның, уақыттың және К:С қатынасының күйіндіні күкірт қышқылымен шаймалау кезінде мақсатты өнімдерге **Cu, Zn, Pb** бөліп алынуына әсері зерттелді. Күйіндіні шаймалаудың оңтайлы параметрлері анықталды – температура – 40 °С, процесс уақыты – 40 мин., К:С = 0,9, мақсатты өнімдерге металдардың жоғары бөліп алынуын қамтамасыз етеді: 97,3% қорғасынның – қорғасынды кекке, ерітіндіге 96,4% мыс және 99,5% мырыш. Процесті жүргізудің оңтайлы жағдайында ерітіндідегі мыс пен мырыштың концентрациясы күйіндіні шаймалау кезінде 2 еседен астам жоғарылайтыны, ал қорғасын концентрациясы жартысына жуық төмендейтіні анықталды.

Түйінді сөздер: шаң, күйінді, шаймалау, күкірт қышқылы, ерітінді, қорғасынды кек, бөліп алу, мыс, қорғасын, мырыш, мышьяк.

Extraction of *Cu, Zn, Pb* from the cinder from the burning of fine converter dust of copper production by leaching with sulfuric acid

Abstract. The paper presents the results of the leaching of the cinder obtained after the reduction burning of fine converter dust with natural gas, sulfuric acid. The effect of temperature, time, and the S:L ratio on the extraction of **Cu, Zn, Pb** into target products during the leaching of the cinder with sulfuric acid has been studied. The optimal parameters of the leaching of the cinder were determined – temperature – 40 °C, process time – 40 min., S:L = 0.9, ensuring high extraction of metals into target products: 97.3% lead into lead cake, 96.4% copper and 99.5% zinc into solution. It was found that under optimal process conditions, the concentration of copper and zinc in solution increases by more than 2 times during the leaching of the cinder, while the concentration of lead decreases by almost half.

Key words: dust, cinder, leaching, sulfuric acid, solution, lead cake, extraction, copper, lead, zinc, arsenic.

Введение

Получаемые на практике некондиционные полупродукты, оборотные материалы и техногенные отходы с повышенным содержанием канцерогенного мышьяка [1, 2, 3] усилили негативное их влияние на окружающую среду и здоровье населения. Повышенное содержание мышьяка существенно сдерживает дальнейшую их переработку. Контроль мышьяка стал одним из важных проблем для всех медеплавильных и свинцовых заводов [3, 4].

К числу материалов, характеризующихся сложным химическим [5, 6], гранулометрическим и минералогическим составом [7, 8], содержащим значительное количество мышьяка, относятся пыли, получаемые при различных процессах медной и свинцовой плавки, которые не находят должного сбыта в силу повышенного содержания в них мышьяка, и, как следствие, накапливаются на территории заводов.

Для экономики Казахстана задачей первостепенной важности является перевод деятельности горно-металлургического комплекса республики к циркулярной экономике в рамках концепции Zero waste – «ноль отходов» с использованием ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий. При этом эффективное функционирование системы управления производством в рамках замкнутого цикла должно полагаться на так называемый «принцип трех R» – Reduce, Reuse and Recycle (сокращая потребление или уменьшая образование отходов, исполь-

зуй повторно и перерабатывай). Такая система управления производством, отвечающая принципам циркулярной экономики, уже широко используется во многих развитых странах [9].

В рассматриваемом ракурсе задача разработки новых технологий, направленных на комплексную переработку многокомпонентного сырья – полупродуктов, техногенных отходов, в том числе, и пылей медного и свинцового производства, представляется весьма актуальной.

Важной предпосылкой для организации отдельного производства по переработке тонкой пыли медеплавильного производства является их многокомпонентный характер, %: 35-50 **Pb**; 5-7 **Cu**; 6-9 **Zn**; 4-6 **Fe**; 8-13 **As**; прочие. Ценность пыли усиливается наличием в них металлов двойного назначения: рения, осмия, селена и др. Рост содержания мышьяка (до 13%) в пыли медеплавильных заводов Казахстана сдерживает развитие новых высокоэффективных технологий для их переработки.

В научной литературе известно достаточно работ, посвященных решению вопроса раздельной переработки тонкой пыли пиро-, гидро- и комбинированными способами [10, 11]. Каждый подход к решению поставленной задачи отличается своей оригинальностью и применим к конкретному типу и составу перерабатываемой пыли. Накоплен обширный теоретический и практический материал, который представляет большой интерес в части извлечения основных тяжелых цветных металлов – меди,

свинца и цинка из пыли. Однако ни в одном из известных исследований нет системного изучения поведения мышьяка и проведенной оценки его влияния на технологические показатели применяемых процессов. Затрагиваются лишь фрагментарные стороны вывода мышьяка из технологической схемы и его утилизации из растворов, полученных после выщелачивания, известными способами. При организации технологий, авторами практически не учитывается наблюдаемое перераспределение мышьяка между продуктами в отрицательную сторону. При дальнейшей восстановительной плавке свинцового кека с повышенным содержанием мышьяка, полученного после выщелачивания, образуются вторичные оборотные пыли, которые являются источником накопления мышьяка в общей технологической схеме. В результате такой подход приводит к существенному снижению технолого-экономических и экологических показателей технологии в целом.

Эффективным представляется подход, предусматривающий предварительное удаление мышьяка из пыли, и лишь после этого подвергать ее дальнейшему выщелачиванию серной кислотой. Проведенные нами исследования в данном направлении показали принципиальную возможность осуществления такого подхода, суть которой заключается в предварительном проведении восстановительного обжига пыли природным газом с получением огарка с минимальным содержанием мышьяка.

В настоящей работе приведены результаты исследований по выщелачиванию огарка серной кислотой и определению влияния температуры, продолжительности и отношения Т:Ж на селективное извлечение меди, свинца и цинка в целевые продукты – свинцовый кек и раствор. Отличительной особенностью проведенных исследований является детальное изучение распределения цветных металлов и мышьяка между продуктами выщелачивания с проведением сравнительного анализа характеристик, полученных для двух разных измерений – (1) прямого сернокислотного выщелачивания тонкой пыли медеплавильного производства [12]; и (2) выщелачивания огарка, полученного после восстановительного обжига тонкой пыли природным газом.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использованы тонкие пыли конвертеров медеплавильного завода ТОО «Казахмыс» [12] и огарок, полученный после восстановительного обжига пыли природным газом при оптимальных тех-

нологических параметрах процесса: продолжительность – $\tau = 40$ мин.; температура – 500 °С; расход природного газа в 1,5 раза превышающий стехиометрическое необходимое его количество для восстановления As_2O_3 .

Для определения элементного и фазового состава исходных (пыль, огарок) и твердых продуктов выщелачивания (свинцовый кек) использован рентгеновский дифрактометр Bruker D8 Advance, излучение α -Cu, напряжение на трубке 40 кВ, ток 40 мА. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения EVA. Расшифровка проб и поиск фаз осуществлена по программе Search/match с использованием Базы порошковых дифрактометрических данных PDF-2. Каждая проба подвергалась элементному составу дважды. Конечный элементный состав определяли исходя из среднего значения, полученного по результатам двух независимых измерений.

Содержание металлов в растворе определяли химическим методом анализа.

Элементные составы пыли и огарка приведены в табл. 1.

Предварительно измельченный до однородной мелкой фракции <200 меш (74 мкм) огарок подвергали выщелачиванию серной кислотой по методике, подробно изложенной в работе [12]. Необходимая температура выщелачивания во всех опытах задавалась с помощью терморегулируемого термостата. Выщелачивание проводили при постоянном перемешивании, которое осуществляли с помощью мешалки со скоростью 300 об/мин. Кислотность раствора поддерживали на уровне pH = 0,8-1,0. Исходная навеска огарка – 100 г.

По истечении заданного времени и температуры выщелачивания огарка суспензию фильтровали. Полученные после опыта твердый осадок (кек) и раствор взвешивали и подвергали элементному анализу.

В проведенных экспериментах исследовали влияние времени выщелачивания, температуры – 20, 40, 60, 80 °С, различного отношения твердой фазы к жидкой (Т:Ж) – 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 на извлечение свинца, меди из огарка в целевые продукты.

Каждый опыт повторяли три раза на воспроизводимость. По усредненным результатам выхода продуктов и элементного их состава рассчитывали материальный баланс для каждого опыта.

Извлечение металлов в раствор (\mathcal{E}_{p-p}) определяли по уравнению:

Таблица 1

Элементный состав исходной пыли и огарка

Кесте 1

Бастапқы шаң мен күйіндінің элементтік құрамы

Table 1

The elemental composition of the initial dust and cinder

Продукты	Содержание, % масс.								
	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>As</i>	<i>Si</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	Прочие
Пыль	3,04	39,06	5,91	1,35	13,0	0,3	8,19	22,25	6,9
Огарок	5,74	65,41	11,15	2,55	0,26	0,57	0,37	13,06	0,72

$$\varepsilon_{p-p} = (\gamma_{p-p} \beta_{Me} / \gamma_{исх} \alpha_{Me}) \cdot 100, \%$$

где: γ_{p-p} – количество раствора, г;
 β_{Me} – содержание металла в растворе, %;
 $\gamma_{исх}$ – количество исходной пыли, г;
 α_{Me} – содержание металла в исходном продукте, %.

Результаты и их обсуждение

Установленные в результате проведенных опытов закономерности по влиянию температуры, времени выщелачивания и Т:Ж на содержание **Cu, Zn, Pb** между продуктами выщелачивания огарка показаны на рис. 1-3.

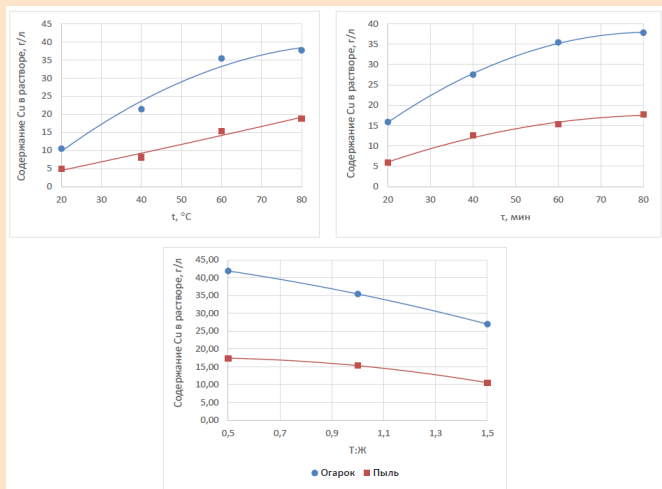


Рис. 1. Зависимость содержания меди в растворе от температуры (t °C), времени (τ , мин.) и Т:Ж. Сурет 1. Ерітіндідегі мыс мөлшерінің температурадан (t °C), уақыттан (τ , мин.) және Қ:С қатынасынан тәуелділігі.
Figure 1. Dependence of the copper content in solution on temperature (t °C), time (τ , min.) and S:L.

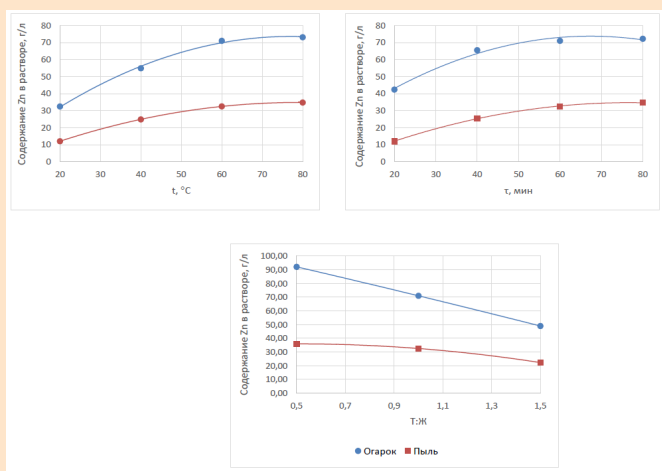


Рис. 2. Зависимость содержания цинка в растворе от температуры (t °C), времени (τ , мин.) и Т:Ж. Сурет 2. Ерітіндідегі мырыш мөлшерінің температурадан (t °C), уақыттан (τ , мин.) және Қ:С қатынасынан тәуелділігі.
Figure 2. Dependence of zinc content in solution on temperature (t °C), time (τ , min.) and S:L.

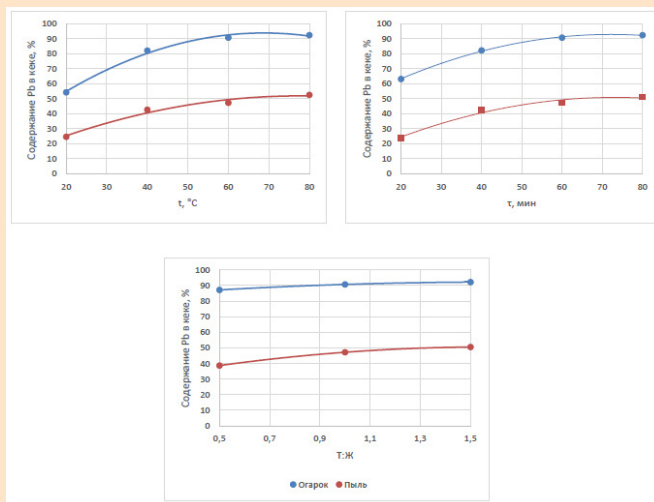


Рис. 3. Зависимость содержания свинца в свинцовом кеке от температуры (t °C), времени (τ , мин.) и Т:Ж. Сурет 3. Қорғасынды кекте қорғасын мөлшерінің температурадан (t °C), уақыттан (τ , мин.) және Қ:С қатынасынан тәуелділігі.
Fig. 3. Dependence of the lead content in the lead cake on temperature (t °C), time (τ , min.) and S:L.

Наилучшие технологические показатели выщелачивания огарка, обеспечивающие комплексное высокое селективное концентрирование металлов в продуктах выщелачивания огарка, достигнуты при следующих оптимальных параметрах: температура – 40 °C, время процесса – 40 мин., Т:Ж = 0,9.

В табл. 2 приведен сравнительный анализ составов продуктов, полученных при оптимальных параметрах процесса выщелачивания тонкой пыли [12] и огарка серной кислотой.

Таблица 2
Составы продуктов выщелачивания тонкой пыли и огарка серной кислотой

Кесте 2
Жұқа шаңды және күйіндіні күкірт қышқылымен шаймалау өнімдерінің құрамы

Table 2
Compositions of leaching products of fine dust and cinder with sulfuric acid

Продукты выщелачивания	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>As</i>	<i>Fe</i>
Раствор, г/л	<u>15,31</u> 35,85	<u>14,34</u> 8,27	<u>32,59</u> 71,86	<u>30,26</u> 1,50	<u>6,81</u> 15,58
Свинцовый кек, % масс.	<u>0,92</u> 0,41	<u>47,1</u> 90,53	<u>0,8</u> 0,11	<u>16,36</u> 0,05	<u>0,4</u> 0,58

Числитель – прямое выщелачивание пыли; *знаменатель* – выщелачивание огарка.

Видно, что концентрация меди и цинка в растворе при выщелачивании огарка повышается более чем в 2 раза, в

то время как концентрация свинца снижается почти наполовину. Концентрация рения в растворе в условиях выщелачивания огарка увеличивается в 2 раза. Обращает на себя внимание поведение мышьяка: в растворе, полученном после выщелачивания огарка, концентрация мышьяка минимальная и составляет 1,5 г/л против 30,26 г/л в растворе выщелачивания пыли. Это свидетельствует о том, что в условиях выщелачивания огарка практически весь мышьяк переходит в раствор.

Содержание свинца в свинцовом кеке в условиях выщелачивания огарка повышается более чем в 2 раза по сравнению с выщелачиванием пыли, и составляет 90,53%. Содержание мышьяка в кеке снижается с 16,36% при выщелачивании пыли до 0,05%.

Результаты сравнительного анализа по извлечению металлов в продукты выщелачивания, приведенные в табл. 3, показывают, что при выщелачивании огарка достигаются наилучшие показатели по извлечению металлов в целевые продукты, чем при прямом выщелачивании пыли.

Таблица 3

Сравнительный анализ результатов по извлечению металлов в целевые продукты при оптимальных параметрах выщелачивания

Кесте 3

Шаймалаудың оңтайлы параметрлері кезінде мақсатты өнімдерге металдарды бөліп алу нәтижелерін салыстырмалы талдау

Table 3

Comparative analysis of the results on the extraction of metals into target products with optimal leaching parameters

Наименование продуктов	Извлечение металлов, %				
	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>As</i>	<i>Fe</i>
Раствор	85,4	9,7	93,5	39,5	14,4
	96,4	2,7	99,5	89,5	5,6
Свинцовый кек	14,6	90,3	6,5	60,5	85,6
	3,6	97,3	0,5	10,5	94,6

Числитель – прямое выщелачивание пыли; знаменатель – выщелачивание огарка.

При выщелачивании огарка серной кислотой селективное извлечение меди и цинка в раствор составляет 96,4% и 99,5%, соответственно (табл. 3). Высокие значения по извлечению меди и цинка в раствор достигнуты, прежде всего, за счет минимального (0,32%) содержания мышьяка в огарке, и отсутствием нерастворимых в серной кислоте соединений меди и цинка в виде ферритов.

Полное разрушение ферритов, достигнутое при восстановительном обжиге природным газом исходной пыли, обеспечивает их перевод в легкорастворимые оксиды меди и цинка.

Высокое извлечение свинца 97,3% и железа 94,6% в свинцовый кек существенно повышает качество раствора, что положительно влияет на технологические показатели дальнейших процессов, направленных на извлечение меди, цинка и рения из раствора.

Выводы

Исследовано влияние температуры, времени процесса и отношения Т:Ж на селективное извлечение *Pb*, *Zn*, *Cu*, *As* в целевые продукты в условиях выщелачивания огарка серной кислотой. Установлены оптимальные параметры выщелачивания огарка: $\tau = 40$ мин., Т:Ж = 0,9, $t = 40$ °С. Достигнуто высокое извлечение *Cu* в раствор – 96,4%; *Zn* – 99,5%. Извлечение *Pb* в кек – более 97%.

При оптимальных параметрах выщелачивания огарка достигается получение раствора с минимальным содержанием мышьяка и высокой концентрацией в нем ценных металлов, г/л: 35,85 *Cu*, 8,27 *Pb*, 71,86 *Zn*, 1,5 *As*, 15,58 *Fe*, 1,09 *Re*, прочие. В процессе выщелачивания получен свинцовый кек высокого качества, % масс.: 0,41 *Cu*, 90,53 *Pb*, 0,11 *Zn*, 0,05 *As*, 0,58 *Fe*, 0,02 *Re*, 8,3 прочие. Содержание свинца в свинцовом кеке повышается более чем в 2 раза по сравнению со способом прямого выщелачивания пыли. Содержание мышьяка в кеке снижается с 16,36% получаемой при выщелачивании пыли до 0,05%.

Полученный после выщелачивания раствор будет использован для проведения дальнейших исследований с целью выделения из него меди и рения, а свинцовый кек – для получения черногого свинца. Проводимые исследования являются частью разработок, направленных на построение общей концепции комплексной технологии переработки тонкой пыли медеплавильных заводов ТОО «Корпорация «Казахмыс»».

Благодарность

Исследования проводились в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2023-2025 годы по приоритетному направлению «Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции» проекта AP19676951: «Разработка ресурсосберегающей, комбинированной технологии комплексной переработки многокомпонентной пыли цветной металлургии с получением товарных продуктов».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kobayashi Y. Распределение и экскреция метаболитов мышьяка после перорального приема мышьякоорганических соединений, связанных с морепродуктами, у крыс. / Kobayashi Y., Hirano S. // *Металлы*. 2016. №6 (10). С. 231-242 (на английском языке)
2. Dostmukhamedov N. Эффективное удаление мышьяка и сурьмы при доменной плавке свинецсодержащих материалов. / Dostmukhamedov N., Kaplan V. // *JOM*. 2017. №69. С. 381-387 (на английском языке)

3. Zhong D.P. Выделение мышьяка из пыли, содержащей сурьму, путем селективного окисления с использованием CuO . / Zhong D.P., Li L., Tan C. // Журнал горного дела и металлургии, раздел В: Металлургия. 2017. №48. С. 1308-1314 (на английском языке)
4. Swinbourne D.R. Компьютерное термодинамическое моделирование распределения второстепенных элементов при мгновенном преобразовании меди. / Swinbourne D.R., Kho T.S. // Журнал горного дела и металлургии, раздел В: Металлургия. 2012. №43. С. 823-829 (на английском языке)
5. Orac D. Характеристика пыли, образующейся при производстве вторичной меди. / Orac D., Laubertova M., Piroskova J., Klein D., Bures R., Klimko J. // Журнал горного дела и металлургии, раздел В: Металлургия. 2020. №56 (2). С. 221-228 (на английском языке)
6. Kara L. Антропогенное загрязнение жилых помещений выбросами As, Cu и Pb на металлургических заводах: последствия для здоровья человека. / Kara L., Fry K.L., Wheeler C.A., Gillings M.M., Flegal A.R., Taylor M.P. // Загрязнение окружающей среды. 2020. Арт. 114235 (на английском языке)
7. Aitziber Adrados, Mikel Merchán, Alejandro Obregón, Antxon Artola, Jon Ander Iparraguirre, Maider García de Cortázar, David Eguizabal, Hary Demey. Разработка устойчивого металлургического процесса для обогащения отходов медеплавильного производства биоуглем на основе оливковых косточек. // Металлы. 2022. №12 (10). Арт. 1756 (на английском языке)
8. Wenzhao Cui, Mao Chen, Baojun Zhao. Пирометаллургическое извлечение ценных металлов из дымовой пыли медеплавильного завода с помощью свинцового сплава. // PbZn 2020, 9-й Международный симпозиум по переработке свинца и цинка. – С. 539-547 (на английском языке)
9. Vorotnikov A.M. Система обращения с отходами как неотъемлемая часть экономики замкнутого цикла. / Vorotnikov A.M., Lyzhin D.N., Ipatova N.S. // Журнал экономических исследований. 2018. №10. С. 29-34 (на английском языке)
10. Mahdi M. Извлечение меди из дымовой пыли отражательных печей. / Mahdi M., Masoud A. // Международный журнал минеральных процессов. 2016. Вып. 157. С. 205-209 (на английском языке)
11. Yong K. Разделение Cu и As в фильтровальных корках, содержащих Cu-As, путем кислотного выщелачивания с использованием Cu^{2+} . / Yong K., Chen Sh., Xiao-Bo M., Mei-Qing Shi, Li-Yuan Ch. // Гидрометаллургия. 2017. Вып. 172. С. 45-50 (на английском языке)
12. Dostmukhamedov N. Извлечение Pb, Cu, Zn и As из мелкодисперсной пыли медеплавильной промышленности путем выщелачивания серной кислотой. / Dostmukhamedov N., Zholdasbay E., Argun A. // Устойчивое развитие. 2023. №15. Арт. 15881 (на английском языке)

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Kobayashi Y. Егеуқұйрықтарда теңіз өнімдерімен байланысты органоарсениктерді ішке қабылдағаннан кейін мышьяк метаболиттерінің таралуы және шығарылуы. / Kobayashi Y., Hirano S. // Металдар. 2016. №6 (10). Б. 231-241 (ағылшын тілінде)
2. Dostmukhamedov N. Шахталық пешінде қорғасын бар материалдарды балқыту кезінде мышьяк пен сурьманы тиімді жою. / Dostmukhamedov N., Kaplan V. // JOM. 2017. №69. Б. 381-387 (ағылшын тілінде)
3. Zhong D.P. Мышьяк, сурьма бар шаңнан CuO көмегімен селективті тотықтыру арқылы бөлу. / Zhong D.P., Li L., Tan C. // Тау-кен және металлургия журналы, В бөлімі: Металлургия. 2017. №48. Б. 1308-1314 (ағылшын тілінде)
4. Swinbourne D.R. Мысты түрлендіру кезіндегі элементтердің бөлініп таралуын есептеу термодинамикасын модельдеу. / Swinbourne D.R., Kho T.S. // Тау-кен және металлургия журналы, В бөлімі: Металлургия. 2012. №43. Б. 823-829 (ағылшын тілінде)
5. Orac D. Екіншілей мысты қайта өңдеу кезінде алынатын шаңдардың сипаттамасы. / Orac D., Laubertova M., Piroskova J., Klein D., Bures R., Klimko J. // Тау-кен және металлургия журналы, В бөлімі: Металлургия. 2020. №56 (2). Б. 221-228 (ағылшын тілінде)
6. Kara L. As, Cu және Pb балқыту зауыттарының шығарындыларының тұрғын үй ортасының антропогендік ластануы: адам денсаулығына әсері. / Kara L., Fry K.L., Wheeler C.A., Gillings M.M., Flegal A.R., Taylor M.P. // Қоршаған ортаның ластануы. 2020. Арт. 114235 (ағылшын тілінде)
7. Aitziber Adrados Мыс балқыту қалдықтарын зәйтүн тастарына негізделген биокөмірмен металлургиялық байыту процесін дамыту. / Aitziber Adrados, Mikel Merchán, Alejandro Obregón, Antxon Artola, Jon Ander Iparraguirre, Maider García de Cortázar, David Eguizabal, Hary Demey. // Металдар. 2022. №12 (10). Арт. 1756 (ағылшын тілінде)

8. Wenzhao Cui, Mao Chen, Baojun Zhao. Қорғасын қорытпасы арқылы мыс балқыту зауытынаң шығатын шаңынан бағалы металдарды пирометаллургиялық жолмен бөліп алу. // *PbZn 2020: Қорғасын мен мырышты қайта өңдеу бойынша 9-шы Халықаралық Симпозиум*. – Б. 539-547 (ағылшын тілінде)
9. Vorotnikov A.M. Қалдықтарды басқару жүйесі айналмалы экономиканың ажырамас бөлігі. / Vorotnikov A.M., Lyzhin D.N., Ipatova N.S. // *Экономикалық зерттеулер журналы*. 2018. №10. Б. 29-34 (ағылшын тілінде)
10. Mahdi M. Реверберациялық пештің шаңынан мысты тотықсыздандыру. / Mahdi M., Masoud A. // *Минералды процестердің халықаралық журналы*. 2016. Бөл. 157. Б. 205-209 (ағылшын тілінде)
11. Yong K. Құрамында Cu-As бар фильтр сүзгілерінен Cu^{2+} көмегімен Cu және As қышқылды шаймалаумен бөліп алу. / Yong K., Chen Sh., Xiao-Bo M., Mei-Qing Shi, Li-Yuan Ch. // *Гидрометаллургия*. 2017. Бөл. 172. Б. 45-50 (ағылшын тілінде)
12. Dosmukhamedov N. Күкірт қышқылымен шаймалау арқылы мыс балқыту өнеркәсібінің ұсақ шаңынан Pb, Cu, Zn және As бөліп алу. / Dosmukhamedov N., Zholdasbay E., Argyn A. // *Тұрақтылық*. 2023. №15. Арт. 15881 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Kobayashi Y. Distribution and excretion of arsenic metabolites after oral administration of seafood-related organoarsenicals in rats. / Kobayashi Y., Hirano S. // *Metals*. 2016. №6 (10). P. 231-241 (in English)
2. Dosmukhamedov N. Efficient removal of arsenic and antimony during blast furnace smelting of lead-containing materials. / Dosmukhamedov N., Kaplan V. // *JOM*. 2017. №69. P. 381-387 (in English)
3. Zhong D.P. Separation of arsenic from the antimony-bearing dust through selective oxidation using CuO. / Zhong D.P., Li L., Tan C. // *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*. 2017. №48. P.1308-1314 (in English)
4. Swinbourne D.R. Computational thermodynamics modeling of minor element distributions during copper flash converting. / Swinbourne D.R., Kho T.S. // *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*. 2012. №43. P. 823-829 (in English)
5. Orac D. Characterization of dusts from secondary copper production. / Orac D., Laubertova M., Pirosova J., Klein D., Bures R., Klimko J. // *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*. 2020. №56 (2). P. 221-228 (in English)
6. Kara L. Anthropogenic contamination of residential environments from smelter As, Cu and Pb emissions: Implications for human health. / Kara L., Fry K.L., Wheeler C.A., Gillings M.M., Flegal A.R., Taylor M.P. // *Environmental Pollution*. 2020. Art. 114235 (in English)
7. Aitziber Adrados. Development of a Sustainable Metallurgical Process to Valorize Copper Smelting Wastes with Olive Stones-Based Biochar. / Aitziber Adrados, Mikel Merchán, Alejandro Obregón, Anixon Artola, Jon Ander Iparraquirre, Maider García de Cortázar, David Eguizabal, Hary Demey. // *Metals*. 2022. №12 (10). Art. 1756 (in English)
8. Wenzhao Cui, Mao Chen, Baojun Zhao. Pyrometallurgical Recovery of Valuable Metals from Flue Dusts of Copper Smelter Through Lead Alloy. // *PbZn 2020: 9th International Symposium on Lead and Zinc Processing*. – P. 539-547 (in English)
9. Vorotnikov A.M. Waste management system as an integral part of circular economy. / Vorotnikov A.M., Lyzhin D.N., Ipatova N.S. // *Journal of economic research*. 2018. №10. P. 29-34 (in English)
10. Mahdi M. Copper recovery from reverberatory furnace flue dust. / Mahdi M., Masoud A. // *International Journal of Mineral Processes*. 2016. Vol. 157. P. 205-209 (in English)
11. Yong K. Separation of Cu and As in Cu – As-containing filter cakes by Cu^{2+} – assisted acid leaching. / Yong K., Chen Sh., Xiao-Bo M., Mei-Qing Shi, Li-Yuan Ch. // *Hydrometallurgy*. 2017. Vol. 172. P. 45-50 (in English)
12. Dosmukhamedov N. Extraction of Pb, Cu, Zn and As from Fine Dust of Copper Smelting Industry via Leaching with Sulfuric Acid. / Dosmukhamedov N., Zholdasbay E., Argyn A. // *Sustainability*. 2023. №15. Art. 15881 (in English)

Сведения об авторах:

Досмухамедов Н.К., к.т.н., профессор, профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» (г. Алматы, Казахстан), n.dosmukhamedov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-1210-4363>

Жолдасбай Е.Е., PhD, доцент кафедры «Горное дело, металлургия и естествознание» (г. Жезказган, Казахстан), zhte@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9925-4435>

Ичева Ю.Б., к.т.н., доцент кафедры «Горное дело, металлургия и естествознание» (г. Жезказган, Казахстан), isheva1964@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5914-9772>

Авторлар туралы мәліметтер:

Досмухамедов Н.К., т.ғ.к., профессор, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Жолдасбай Е.Е., PhD, «Тау-кен ісі, металлургия және жаратылыстану» кафедрасының доценті (Жезқазған қ., Қазақстан)

Ичева Ю.Б., т.ғ.к., «Тау-кен ісі, металлургия және жаратылыстану» кафедрасының доценті (Жезқазған қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Dosmukhamedov N.K., Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Metallurgy and Mineral Processing (Almaty, Kazakhstan)

Zholdasbay Ye.Ye., PhD, Associate Professor of the Department of Mining, Metallurgy and Natural Sciences (Zhezkazgan, Kazakhstan)

Icheva Yu.B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining, Metallurgy and Natural Sciences (Zhezkazgan, Kazakhstan)

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА

**СУРГУТ.
НЕФТЬ И ГАЗ
2024**

**25-27
СЕНТЯБРЯ**

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

XXIX INTERNATIONAL
SPECIALIZED
TECHNOLOGICAL EXHIBITION

**SURGUT.
OIL & GAS
2024**

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

Код МРНТИ 53.31.21

*B.Zh. Salkynbayev, R.S. Kazbekov, M.S. Dosekenov, A.A. Myrzagaliyev
LTD «R&D Centre ERG» (Aktobe, Kazakhstan)

INVESTIGATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF EXISTING SLAGS OF HIGH-CARBON AND REFINED FERROCHROME OF THE AKTOBE FERROALLOY PLANT

Abstract. The article discusses waste from ferroalloy production and a review of the chemical analysis of ferrochrome slags. The authors analyze the composition of slags, their physical and chemical properties, as well as their impact on the environment. The article examines the physical properties of existing high-carbon and refined ferrochrome slags. The authors also analyze in detail the composition of high-carbon ferrochrome slags, their physical and chemical properties, as well as their difference from refined ferrochrome slags, and their impact on the environment. The article also discusses the physical properties of existing slags used in the production of the mentioned types of ferrochrome. This article provides an overview of the composition and physicochemical properties of high-carbon and refined ferrochrome slags, identifies the main components and determines their potential practical value.

Key words: slags, high-carbon ferrochrome, refined ferrochrome, phase composition, crystallization, expanded clay, viscosity.

Ақтобе феррокорытпа зауытының жоғары көміртекті және тазартылған феррохром қождарының физикалық қасиеттерін зерттеу

Аңдатпа. Мақала жоғары көміртекті және тазартылған феррохром өндірісі кезінде түзілетін шлактарды зерттеуге арналған. Бұл мақалада жоғары көміртекті және тазартылған феррохром өндірісі кезінде түзілетін шлактардың құрамын зерттеу де берілген. Авторлар шлактардың құрамын, олардың физикалық және химиялық қасиеттерін, сонымен қатар олардың қоршаған ортаға әсерін талдайды. Мақалада қолданыстағы жоғары көміртекті және тазартылған феррохромды шлактардың физикалық қасиеттері қарастырылады. Сондай-ақ авторлар жоғары көміртекті феррохромды шлактардың құрамын, олардың физикалық және химиялық қасиеттерін, сонымен қатар олардың тазартылған феррохромды қождардан айырмашылығын және олардың қоршаған ортаға әсерін егжей-тегжейлі талдайды. Мақалада феррохромның аталған түрлерін өндіруде қолданылатын бар шлактардың физикалық қасиеттері де қарастырылады. Мақалада жоғары көміртекті және тазартылған феррохромды шлактардың температураға тәуелділігі графиктер мен кестелер түрінде берілген.

Түпінді сөздер: қож, жоғары көміртекті феррохром, тазартылған феррохром, фазалық құрамы, кристалдану, керамзит, тұтқырлық.

Исследование физических свойств существующих шлаков высокоуглеродного и рафинированного феррохрома Актюбинского завода ферросплавов

Аннотация. Статья посвящена исследованию шлаков, образующихся при производстве высокоуглеродистого и рафинированного феррохрома. Данная статья также представляет собой исследование состава шлаков, образующихся в процессе производства высокоуглеродистого и рафинированного феррохрома. Авторы анализируют состав шлаков, их физико-химические свойства, а также влияние на окружающую среду. В статье рассмотрены физические свойства существующих шлаков высокоуглеродистого и рафинированного феррохрома. Авторы также подробно анализируют состав шлаков высокоуглеродистого феррохрома, их физико-химические свойства, а также их отличие от шлаков рафинированного феррохрома, и воздействие на окружающую среду. В статье также рассматриваются физические свойства уже существующих шлаков, используемых в производстве упомянутых видов феррохрома. В процессе исследования были получены ожидаемые результаты, которые представлены в виде таблиц и графиков.

Ключевые слова: шлаки, высокоуглеродистый феррохром, рафинированный феррохром, фазовый состав, кристаллизация, керамзит, вязкость.

Introduction

The production of high-carbon and refined ferrochrome is an important part of the metallurgical industry. These alloys are used in the production of stainless steel, alloys with high chromium content, as well as in other industrial fields such as the aluminum industry, high-speed steel production and other industries. The process of producing ferrochrome involves the use of ore, chromium oxides and coal. However, the formation of slags is an integral part of this process.

Slags formed during the production of ferrochrome are a by-product formed as a result of the interaction of raw materials with a piece of iron, which is used as a reaction medium for the chromium enrichment process. Slags, as a rule, contain a significant amount of chromium, aluminum, silicon oxides and other elements that are present in the ores and additives used.

Slags from the production of high-carbon and refined ferrochrome play an important role in the alloy production process. They have a variety of properties that can affect the processes of alloy production, such as viscosity, density, thermal conductivity and heat capacity. In addition, during the formation of slags, metallic and non-metallic impurities are removed from the alloy, which affects its chemical composition and properties.

The purpose of this work is to study the properties, composition and influence of slags from the production of high-carbon and refined ferro-chromium on the process of obtaining alloys. We will also look at possible ways to use slags as secondary raw materials or additives for other production processes. This aspect is of interest both from an environmental point of view and from the point of view of optimizing production processes.

Research methods

In accordance with the schedule, the physical properties of 22 slag ferroalloys presented by the Aktobe plant were experimentally studied. Their chemical analyses are shown in Table 1.

They were synthesized at the Aktobe Ferroalloy Plant by adding various fluxes to natural slags. Samples 1-6 (Table 1) were obtained by adding high-carbon ferrochrome ceramic clay to the smelting slags, samples 7-11 by adding calcium borate to the same slags, and 12-16 by adding refined ferrochrome smelting slags. Refined ferrochrome smelting slags, where from 0 to 25% of expanded clay was introduced, are also presented for research. Chemical analyses of all slags were performed at the Aktobe Ferroalloy Plant.

Additives are introduced into the slags in small increments (2%). Often, in this case, the physical properties change slight-

Table 1

Chemical analyses of natural slags

Кесте 1

Табиғи токсиндердің химиялық талдаулары

Таблица 1

Химические анализы натуральных шлаков

№ sample	Material	Flux	Chemical composition of the slag, %							
			Cr_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	FeO	B_2O_3	Cr_{mem}
1	HCFC slag*	without additive	9,4	26,0	1,7	42,0	16,8	2,3	-	4,9
2	HCFC slag	2% expanded clay	4,2	28,8	3,6	42,1	19,6	1,0	-	1,3
3	HCFC slag	4% expanded clay	2,6	30,9	2,5	43,8	18,5	0,8	-	1,1
4	HCFC slag	6% expanded clay	3,0	31,5	2,4	43,3	18,4	0,8	-	1,0
5	HCFC slag	8% expanded clay	3,5	31,4	2,2	43,2	18,4	0,8	-	1,1
6	HCFC slag	10% expanded clay	3,2	32,1	2,1	43,0	18,5	0,8	-	0,9
7	HCFC slag	2% calcium borate	3,2	28,5	2,5	45,7	18,5	0,6	0,5	1,0
8	HCFC slag	4% calcium borate	3,5	27,8	3,7	44,0	17,9	0,8	1,7	0,8
9	HCFC slag	6% calcium borate	3,2	28,7	3,5	45,1	17,9	0,4	1,2	0,8
10	HCFC slag	8% calcium borate	5,0	27,2	4,3	43,0	17,2	1,0	2,3	1,4
11	HCFC slag	10% calcium borate	5,0	26,7	4,9	41,9	17,2	0,9	2,6	1,4
12	HCFC slag	2% RFC slag**	2,3	28,7	3,0	46,1	18,5	0,5	0,05	1,0
13	HCFC slag	4% RFC slag	1,7	28,8	4,0	45,8	18,2	0,5	0,05	0,7
14	HCFC slag	6% RFC slag	3,6	27,8	4,5	45,0	18,1	0,5	0,05	1,1
15	HCFC slag	8% RFC slag	2,3	29,4	5,7	44,5	17,1	0,6	0,01	0,9
16	HCFC slag	10% RFC slag	2,7	28,5	6,5	43,8	17,0	0,5	0,01	1,0
17	RFC slag	without additive	7,8	25,2	47,1	12,4	5,5	1,1	-	-
18	RFC slag	5% expanded clay	8,1	27,0	44,1	12,0	5,6	3,0	-	4,0
19	RFC slag	10% expanded clay	4,3	31,0	44,2	12,3	6,7	1,2	-	1,3
20	RFC slag	15% expanded clay a	4,1	31,0	43,1	12,7	6,9	1,1	-	1,3
21	RFC slag	20% expanded clay a	4,0	33,0	41,0	12,2	7,5	1,0	-	1,3
22	RFC slag	25% expanded clay	4,9	35,2	38,2	11,9	7,5	1,0	-	1,2

1 * – HCFC slag-high carbon ferrochrome slag;

2 ** – RFC slag-refined ferrochrome slag.

ly and to fix this, a regular change in the chemical composition of the slag with the additive is important, i.e. it is important to accurately enter the specified composition. This can be estimated by comparing the compositions of natural slags with calculated ones (Table 2).

There can be no complete coincidence of real and calculated compositions due to unavoidable errors:

- averaging of initial samples;
- weighing of individual components;
- fusion of slag and flux at high temperatures;
- chemical analysis of finished samples.

These errors are strictly regulated, determined by the accuracy class of the devices and techniques used and, subject to the technical specifications for performing this type of work, do not exceed plus or minus 10%.

Let's compare the compositions of natural and calculated slags. When 2% expanded clay is added to slag No. 1 HCFC, the Cr_2O_3 content in it drops from 9.4 to 4.2% (Table 1), i.e. by 2.2 times, and the FeO content by 2.3 times. This contradicts

calculations, because expanded clay has a high FeO content (7.7%) and an increase in the amount of this additive should lead to an increase in the FeO content in the slag, and not to a drop. This is confirmed by the calculation. When 2% expanded clay was added to this slag, the FeO content naturally increased and amounted to 2.41% (Table 2). The two-fold distribution does not fit into the permissible TU 10%.

The conditions of sample preparation are unknown to us, but it can be assumed that the melting was carried out in a graphite crucible, the carbon of which recovered chromium and iron, causing a drop in the content of their oxides in the slag. The latter in the slag are in the form of high-temperature spinel $FeO \cdot Cr_2O_3$, a decrease in the amount of which will lead to a drop in the refractory slag, and it will be incorrect to attribute the effect of changing its physical properties to the introduced flux. The role of carbon, which led to a decrease in the content of chromium and iron oxides in the slag, may be decisive. This also applies to the content of Sgmet metal chromium in the slag.

Calculated slag compositions

Table 2

Қождардың есептік құрамы

Кесте 2

Расчетные составы шлаков

Таблица 2

№ sample	Material	Flux	Chemical composition of the slag, %							
			Cr_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	FeO	B_2O_3	Cr_{mem}
1	HCFC slag	without additive	9,4	26,0	1,7	42,0	16,8	2,3	-	4,9
2	HCFC slag	2% expanded clay	9,24	26,62	1,7	41,22	16,78	2,41	-	4,8
3	HCFC slag	4% expanded clay	9,09	27,21	1,69	40,48	16,77	2,51	-	4,7
4	HCFC slag	6% expanded clay	8,94	27,78	1,69	39,76	16,75	2,61	-	4,6
5	HCFC slag	8% expanded clay	8,8	28,33	1,69	39,07	16,74	2,7	-	4,54
6	HCFC slag	10% expanded clay	8,66	28,86	1,68	38,4	16,73	2,79	-	4,45
7	HCFC slag	2% calcium borate	9,21	25,49	2,69	41,17	16,47	2,25	0,84	4,8
8	HCFC slag	4% calcium borate	9,04	25,0	3,63	40,38	16,15	2,21	1,65	4,7
9	HCFC slag	6% calcium borate	8,87	24,53	4,55	39,62	15,85	2,17	2,43	4,6
10	HCFC slag	8% calcium borate	8,7	24,07	5,43	38,89	15,55	2,13	3,19	4,54
11	HCFC slag	10% calcium borate	8,54	23,64	6,27	38,18	15,27	2,09	3,91	4,45
12	HCFC slag	2% RFC slag *	9,368	25,98	2,59	41,42	16,58	2,28	-	4,8
13	HCFC slag	4% RFC slag	9,34	25,96	3,45	40,86	16,37	2,25	-	4,7
14	HCFC slag	6% RFC slag	9,31	25,94	4,27	40,32	16,16	2,23	-	4,6
15	HCFC slag	8% RFC slag	9,28	25,93	5,06	39,81	15,96	2,21	-	4,54
16	HCFC slag	10% RFC slag	9,25	25,91	5,83	39,31	15,77	2,19	-	4,45
17	RFC slag	without additive	7,8	25,2	47,1	12,4	5,5	1,1	-	-
18	RFC slag	5% expanded clay	7,49	26,74	44,93	11,92	6,0	1,6	-	-
19	RFC slag	10% expanded clay	7,21	28,14	42,96	11,49	6,45	2,06	-	-
20	RFC slag	15% expanded clay	6,95	29,41	41,15	11,09	6,87	2,48	-	-
21	RFC slag	20% expanded clay	6,72	30,58	39,5	10,73	7,25	2,87	-	-
22	RFC slag	25% expanded clay	6,5	31,66	37,98	10,40	7,6	3,22	-	-

HCFC slags with the addition of calcium borate (No. 7-11) also differ from the calculated ones for the reasons stated above. In addition, there is a large deficiency in the slag of boric anhydride B_2O_3 , against the calculated content. The calcium borate supplied to the plant contains about 12% hydrated moisture and, when charging, it is necessary to take into account the reduced content of boric anhydride in it against its amount in the calcined substance.

A distinctive feature of RFC slags with the addition of RFC slags (No. 12-16) is the presence of B_2O_3 , although it is not present in the original RFC slag (No. 17), which is added. RFC slags with the addition of expanded clay (No. 17-22) also differ from the calculated ones, especially for chromium and iron oxides.

The physical properties of the slags and their phase composition are investigated. The viscosity is determined using an electrovibration viscometer, the temperature of the beginning of crystallization is determined by the dependence of viscosity on the inverse absolute temperature, the temperature of the end of crystallization is determined by stopping the spindle of the viscometer with complete crystallization of the tested slag, and the phase composition is determined by thermodynamic-diagram analysis.

Results

The results of viscosity studies of all 22 slags are shown in figures 1-4. They are divided into groups. The numbers of the viscosity curves correspond to the numbers of the slags according to Table 1. The first group (No.1-6) shows the temperature dependence of the viscosity of slags with the addition of expanded clay (Figure 1). All of them have a low viscosity upon melting, since they are composed mainly of forsterite, which has a simple phase structure of isolated tetrahedra $(SiO_4)^4-$ (Table 3). The addition of expanded clay does not have a noticeable effect on the viscosity in the melted state, as can be seen from the course of the curves in Figure 1. This is due to the practical immutability of the initial slag structure (No. 1) of the simplest form of isolated tetrahedra, due to the dominance of forsterite and magnesian spinel (Table 3). Only at high clay consumption do triple compounds appear in the slags, for example, anorthite (CAS_2) with a skeleton-type anion structure, which makes the course of the temperature dependence of viscosity smoother.

According to experimental data, the addition of expanded clay slightly reduces the temperature of the beginning of crystallization of the slag of the HCFC (Table 4). Theoretically,

a strong decline could not be expected. Silica (57.5%) and alumina (16%) contained in clay in large quantities contribute not to a decrease, but to the growth of high-temperature forsterite (Mg_2S) in the slag and the retention of refractory magnesium spinel (MA) at a high level (Table 3).

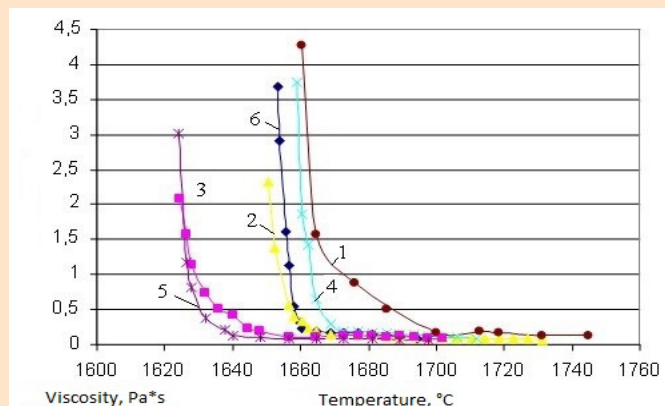


Figure 1. Temperature dependence of slag №1-6 viscosity.

Сурет 1. №1-6 қождардың тұтқырлығының температураға тәуелділігі.

Рис. 1. Температурная зависимость вязкости шлаков №1-6.

It should also be taken into account that the loss of refractoriness was facilitated by the removal of a part of the spinel $FeO \cdot Cr_2O_3$ from the slag due to its reduction to metal during slag preparation in a graphite crucible.

It can also be noted that all the studied slags of this group are «short», i.e. crystallizing in a narrow temperature range. This can be seen both in the course of the viscosity curves (Figure 1) and in the ratio of the temperatures of the beginning and end of crystallization, i.e., the crystallization interval (Table 4).

The addition of expanded clay does not expand, but narrows the temperature range of crystallization. If the initial (without additives) slag No. 1 had 43°C, then the introduction of only 2% clay narrowed this interval to 17°C (slag No. 2). This is typical for all the slags of this group.

Figure 2 shows the dependences of the viscosity of the slags of HCFC with the addition of calcium borate. As in the previous case, they have a low viscosity upon melting, not exceeding 0.25-0.50 Pa*s. The dominant phase components of the initial slag also play a major role here.

The temperature of both the beginning and the end of crystallization of slags decreases here more intensively than in the case of expanded clay additives. Thus, when 10% calcium borate is injected into the slag, the temperature of the beginning of crystallization decreases from 1698 to 1610°C, i.e. by 88°C. The temperature range also expands, reaching 54-86°C with the first additives (Table 4). The phenomenon of calcium and monticellite (CMS) borates, which are more fusible than forsterite and magnesian spinel, is the reason for this. But the potential capabilities of B_2O_3 to reduce the refractoriness of slag are not fully realized. Firstly, for reasons unknown to us, the content of B_2O_3 in the final slag is almost 2 times less than in the calculated one.

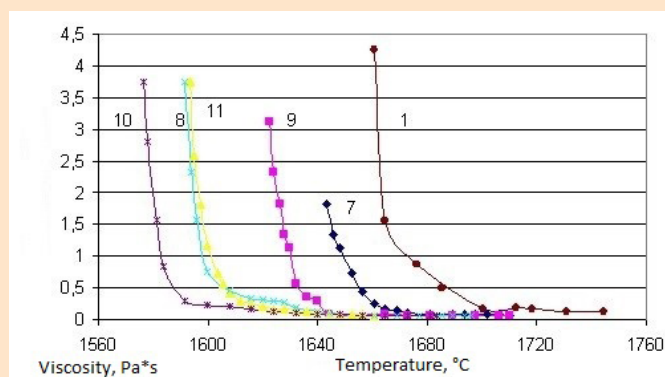
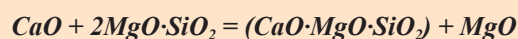


Figure 2. Temperature dependences of slag №7-11 viscosity.

Сурет 2. №7-11 қождардың тұтқырлығының температуралық тәуелділігі.

Рис. 2. Температурные зависимости вязкости шлаков №7-11.

Secondly, the excess of CaO present in calcium borate, reacting with forsterite, lowers the amount of the latter (Table 3):



But the MgO released in this case, crystallizing in the form of more than forsterite refractory periclase (M – in Table 3), reduces the effect of B_2O_3 . In this regard, pure boric anhydride having a melting temperature of 450°C or borate ore with a fusibility of 1050°C are more effective than relatively refractory (tr. = 1230°C) and contributing a lot of CaO calcium borate. With a calcium borate consumption of 10%, the crystallization temperature drops from 1698 to 1610°C, i.e. by 88°C. If the same amount of B_2O_3 is added with pure boric anhydride or borate ore, then the temperature of the beginning of crystallization decreases by 150°C, i.e. almost twice as much as was shown by us in previous studies.

Figure 3 shows the effect of slag additives produced by refined ferrochrome on the physical properties of the HCFC slag. These compounds are also highly mobile (less than 0.5 Pa*s) at high temperatures, since the initial structure is mostly preserved, and the added slag is almost entirely composed of isolated SiO_4 tetrahedra of bicalcium silicate, the content of which in the RFC slag reaches 72.8% (Table 3). With the addition of RFC slags, the temperature of the beginning of crystallization of HCFC slags decreases (Table 4). This is due to the appearance of a relatively low-temperature triple compound $CaO \cdot MgO \cdot SiO_2$ (CMS in Table 3) as a result of the interaction of the main components of these slags:



The temperature range of crystallization of slags is small and does not exceed 50°C (Table 4).

Figure 4 shows the effect of expanded clay additives on the viscosity of refined ferrochrome production slags. Both the initial and the slags with the addition of melting are very mobile (0.25-0.50 Pa*s).

Phase composition of industrial slags

Table 3

Өндірістік қождардың фазалық құрамы

Кесте 3

Фазовый состав производственных шлаков

Таблица 3

№ slag	Phase composition, %													
	M	CMS	M ₂ S	MA	MCr	FCr	C ₂ MS ₂	CMS ₂	CAS ₂	M ₂ A ₂ S ₅	C ₂ S	CCr	C ₃ MS ₂	C ₂ AS
1	0,50	4,83	57,66	23,86	5,84	7,29								
2			56,61	27,51	2,64	3,14	6,71	3,35						
3			60,80	26,03	1,14	2,52	0,42	9,06						
4			62,13	23,30	1,67	2,49		5,44	4,94					
5			62,56	22,53	2,31	2,49		3,66	6,43					
6			64,42	20,37	1,91	2,49			10,44	0,34				
7	1,44	7,06	61,06	26,06	2,45	1,90								
8	1,86	10,58	57,10	25,55	2,33	2,55								
9	1,42	9,88	59,14	25,27	3,02	1,24								
10	2,09	12,29	54,14	24,54	3,74	3,17								
11	2,04	14,16	51,99	24,84	4,06	2,89								
12	2,11	8,46	60,23	26,03	1,59	1,55								
13	2,70	11,28	57,97	25,63	0,81	1,58								
14	3,12	12,62	54,07	25,37	3,23									
15	2,12	15,97	54,76	23,94	1,31	1,86								
16	3,09	18,32	50,94	23,96	2,11	1,55								
17	8,92			7,74	6,65	3,45					72,86	0,35		
18	4,77			7,82	2,21	9,37					38,68		37,11	
19				6,80	2,24	3,73					1,33		80,93	4,94
20		19,33			2,27	3,17	2,70						53,46	18,76
21		16,45			2,39	3,17	21,49						36,05	20,43
22		6,517			3,58	3,14	58,88						7,44	20,43

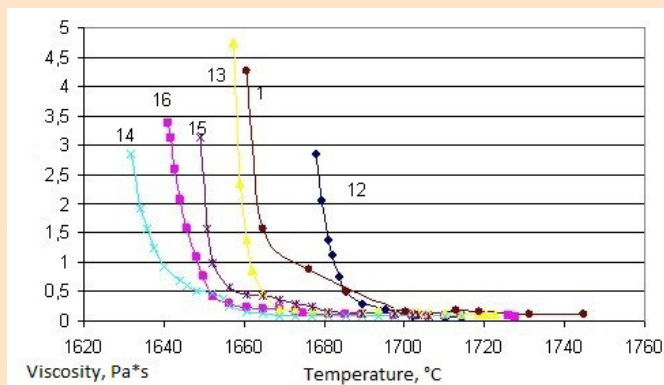


Figure 3. Temperature dependence of slag №12-16 viscosity.

Сурет 3. №12-16 қождардың тұтқырлығының температураға тәуелділігі.

Рис. 3. Температурная зависимость вязкости шлаков №12-16.

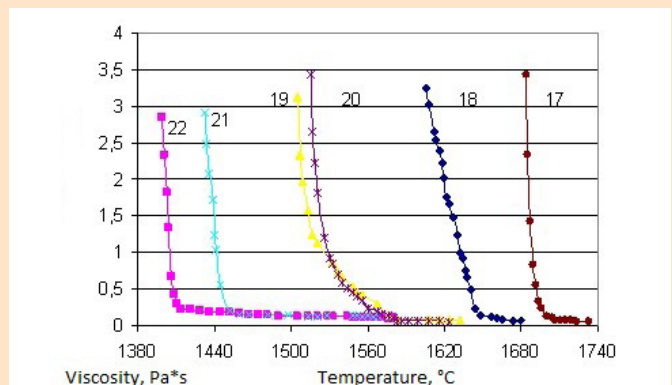


Figure 4. Temperature dependence of slag №17-22 viscosity.

Сурет 4. №17-22 қождардың тұтқырлығының температураға тәуелділігі.

Рис.4. Температурная зависимость вязкости шлаков №17-22.

The introduction of expanded clay reduces the temperature of the beginning of crystallization of slags and extends the crystallization interval. But all of them are «short», i.e. they crystallize quickly. Expanded clay is not one of the classic fluxes such as fluorides, borates, chlorides, sodium compounds, which intensively reduce the refractory properties of charges and slags. And therefore, only at high clay consumption can a noticeable (more than 100°C) decrease in the crystallization temperature be achieved (Table 4). This is due to a decrease in the content of the highest temperature phase in it – bicalcium silicate ($t_{cr} = 2130^{\circ}\text{C}$). But the assimilation

of a large amount of clay in a ladle is difficult, preferably in a heated container.

With the addition of 15% expanded clay, the slag completely leaves the field of bicalcium silicate (Table 3) and for this reason should not disintegrate. This consumption (15%) it can be reduced due to the presence of passive stabilizers (Cr_2O_3 , etc.) in the initial slag, which must be verified experimentally.

In the case of loading the studied additives into the furnace, it is necessary to assess their impact on the technical and economic indicators of melting, in the bucket variant – the sufficiency of heat for their assimilation.

REFERENCES

1. Shevchenko V.F. Sostojanie pererabotki, utilizacii i klassifikacii othodov ferrosplavnogo proizvodstva. // Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'. 2002. №6. S. 205-207 [Shevchenko V.F. State of processing, disposal and classification of waste from ferroalloy production. // Metallurgical and mining industry. 2002. №6. P. 205-207] (in Russian)
2. Ben-Awuah E. Strategic mining options optimization: Open pit mining, underground mining or both. / Ben-Awuah E., Richter O., Elkington T., Pourrahimian Y. // International Journal of Mining Science and Technology. 2020. Vol. 26. Issue 6. P. 1065-1071 (in English)
3. Smirnov L.A. Razrabotka tehnologii kompleksnoj pererabotki otval'nyh shlakov ferrosplavnogo proizvodstva. / L.A. Smirnov, Ju.V. Sorokin, B.L. Demin i dr. // Stal'. 2008. №6. S. 18-19 [Smirnov L.A. Development of technology for complex processing of waste slag from ferroalloy production. / L.A. Smirnov, Ju.V. Sorokin, B.L. Demin i dr. // Steel. 2008. №6. P. 18-19] (in Russian)
4. Bigeev V.A. Issledovanie dvuhstadijnogo sposoba pererabotki pylej i shlamov s pomoshh'ju matematicheskikh modelej. / V.A. Bigeev, A.A. Chernjaev, A.V. Panteleev. // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova. 2014. №3. S. 48-52 [Study of a two-stage method for processing dust and sludge using mathematical models. / V.A. Bigeev, A.A. Chernyaev, A.V. Panteleev. // Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov. 2014. №3. P. 48-52] (in Russian)
5. Lapkina Ju.V. Svoystva i sposoby pererabotki shlakov uglerodistogo ferrohroma. / Ju.V. Lapkina, L.B. Nikulina. // Stal'. 1976. №6. S. 522-524 [Lapkina Yu.V. Properties and methods of processing carbon ferrochrome slag. / Yu.V. Lapkina, L.B. Nikulina. // Steel. 1976. №6. P. 522-524] (in Russian)
6. Velasquez Yevenes L. Leaching of chalcopirite ore agglomerated with high chloride concentration and high curing periods. / Velasquez Yevenes L., Torres D., Toro N. // Hydrometallurgy. 2018. №181. P. 215-220 (in English)
7. Doifode S.K. Effective Industrial Waste Utilization Technologies towards Cleaner Environment. / Doifode S.K., Matani A.G. // International Journal of Chemical and Physical Sciences. 2015. Vol. 4. Special Issue – NCSC. P. 536-540 (in English)
8. Horoshavin L.B. Forsterit 2MgOSiO_2 : M.: Teplotekhnika, 2004, S. 368 [Khoroshavin L.B. Forsterite 2MgOSiO_2 : M.: Teplotekhnika, 2004, P. 368] (in Russian)
9. Futerovka dugovyh jelektrostaleplavil'nyh pechej. / I.D. Kashheev, I.P. Bas'jas, G.A. Farafonov, V.I. Sizov. M.: Intermet Inzhiniring, 2010, 192 s. [Lining of electric arc furnaces. / I.D. Kashcheev, I.P. Basyas, G.A. Farafonov, V.I. Sizov. M.: Intermet Engineering, 2010, 192 p.] (in Russian)
10. Razrabotka i ispytanie forsteritoshpinel'nyh ogneuporov na osnove shlakov vysokouglerodistogo ferrohroma v teplovyh agregatah: Kompleksnoe i racional'noe ispol'zovanie magnezial'nogo syr'ja i ogneuporov. / Savchenko Ju.I., Stepanova I.A., Tabatchikova S.N., Kuznetsov G.I. Sb. n. tr. M.: Metallurgija, 1987, 54-58 s. [Development and testing of forsterite-spinel refractories based on high-carbon ferrochrome slag in thermal units: collection of articles. n. tr. «Integrated and rational use of magnesium raw materials and refractories». / Yu.I. Savchenko, I.A. Stepanova, S.N. Tabatchikova, G.I. Kuznetsov. Collection of scientific papers. M.: Metallurgy, 1987, 54-58 p.] (in Russian)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шевченко В.Ф. Ферроқорытпа өндірісінің қалдықтарын өңдеу, кәдеге жарату және жіктеу жағдайы. // Metallургия және тау-кен өнеркәсібі. 2002. №6. Б. 205-207 (орыс тілінде)
2. Бен-Ауах Э. Тау-кен өндірудің стратегиялық нұсқаларын оңтайландыру: Ашық тау-кен өндіру, жерасты тау-кен өндіру немесе екеуі де. / Э. Бен-Ауах, Рихтер, Т. Эллингтон, Ю. Поуррахимиан. // Тау-кен ғылымы мен технологиясының халықаралық журналы. 2020. Т. 26. Шығ. б. 1065-1071 (ағылшын тілінде)

3. Смирнов Л.А. Ферроқорытпа өндірісінің қалдық шлактарын кешенді өңдеу технологиясын жасау. / Л.А. Смирнов, Ю.В. Сорокин, Б.Л. Демин және басқалары. // Болат. 2008. №6. Б. 18-19 (орыс тілінде)
4. Бигеев В.А. Математикалық модельдер арқылы шаң мен шламды өңдеудің екі сатылы әдісін зерттеу. / В.А. Бигеев, А.А. Черняев, А.В. Пантелеев. // Магнитогорск мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы Г.И. Носов ат. 2014. №3. Б. 48-52 (орыс тілінде)
5. Лапкина Ю.В. Көміртекті феррохром қожының қасиеттері мен өңдеу әдістері. / Ю.В. Лапкина, Л.Б. Никулина. // Болат. 1976. №6. Б. 522-524 (орыс тілінде)
6. Веласкес Йвенес Л. Хлоридтердің жоғары концентрациясы және жоғары қатаю кезеңдері бар агломерацияланған халькопирит кенін сілтілеу. / Л. Веласкес Йвенес, Д. Торрес, Н. Торо. // Гидрометаллургия. 2018. №181. Б. 215-220 (ағылшын тілінде)
7. Doifode S.K. Таза ортаға қарай тиімді өндірістік қалдықтарды кәдеге жарату технологиялары. / Doifode S.K., Matani A.G. // Химия және физика ғылымдарының халықаралық журналы. 2015. Т. 4. Арнайы шығарылым – NCSC. Б. 536-540 (ағылшын тілінде)
8. Хорошавин Л.Б. Форстерит 2MgOSiO_2 : М.: Теплотехника, 2004, С. 368 (орыс тілінде)
9. Догалық электр пештерін төсеу. / И.Д. Кащеев, И.П. Басьяс, Г.А. Фарафонов, В.И. Сизов. М.: Интермет Инженерлік, 2010, 192 б. (орыс тілінде)
10. Термиялық қондырғыларда жоғары көміртекті феррохромды шлак негізіндегі форстерит-шпинельді отқа төзімді материалдарды әзірлеу және сынау: мақалалар жинағы: «Магний шикізатын және отқа төзімді материалдарды кешенді және ұтымды пайдалану» ғылыми еңбектер жинағы. / Ю.И. Савченко, И.А. Степанова, С.Н. Табатчинова, Г.И. Кузнецов. М.: Metallurgia, 1987, 54-58 б. (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шевченко В.Ф. Состояние переработки, утилизации и классификации отходов ферросплавного производства. // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2002. №6. С. 205-207 (на русском языке)
2. Бен-Авуа Э. Стратегическая оптимизация горных работ: открытые разработки, подземные разработки или и то, и другое. / Э. Бен-Авуа, О. Рихтер, Т. Элкингтон, Ю. Пуррахимян. // Международный журнал горной науки и технологий. 2020. Т. 26. Вып. 6. С. 1065-1071 (на английском языке)
3. Смирнов Л.А. Разработка технологии комплексной переработки отвалных шлаков ферросплавного производства / Л.А. Смирнов, Ю.В. Сорокин, Б.Л. Демин и др. // Сталь. 2008. №6. С. 18-19 (на русском языке)
4. Бигеев В.А. Исследование двухстадийного способа переработки пылей и шламов с помощью математических моделей. / В.А. Бигеев, А.А. Черняев, А.В. Пантелеев. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. №3. С. 48-52 (на русском языке)
5. Лапкина Ю.В. Свойства и способы переработки шлаков углеродистого феррохрома. / Ю.В. Лапкина, Л.Б. Никулина. // Сталь. 1976. №6. С. 522-524 (на русском языке)
6. Веласкес Йвенес Л. Выщелачивание халькопиритовой руды, агломерированной с высокой концентрацией хлоридов и длительными сроками твердения. / Веласкес Йвенес Л., Торрес Д., Торо Н. // Гидрометаллургия. 2018. №181. С. 215-220 (на английском языке)
7. Дойфо С.К. Эффективные технологии утилизации промышленных отходов на пути к более чистой окружающей среде. / С.К. Дойфо, А.Г. Матани. // Международный журнал химических и физических наук. 2015. Т. 4. Спецвыпуск – NCSC. С. 536-540 (на английском языке)
8. Хорошавин Л.Б. Форстерит 2MgOSiO_2 : М.: Теплотехника, 2004, С. 368 (на русском языке)
9. Футеровка дуговых электросталеплавильных печей. / И.Д. Кащеев, И.П. Басьяс, Г.А. Фарафонов, В.И. Сизов. М.: Интермет Инжиниринг, 2010, 192 с. (на русском языке)
10. Разработка и испытание форстеритшпинельных огнеупоров на основе шлаков высокоуглеродистого феррохрома в тепловых агрегатах: сб. н. тр. «Комплексное и рациональное использование магнезильного сырья и огнеупоров». / Ю.И. Савченко, И.А. Степанова, С.Н. Табатчинова, Г.И. Кузнецов. М.: Metallurgia, 1987, 54-58 с. (на русском языке)

Information about the authors:

Salkynbayev B.Zh., Master of technical sciences, engineer technologist LTD «R&D Centre ERG» (Aktobe, Kazakhstan), bekarys.salkynbayev@erg.kz; <https://orcid.org/0009-0000-1296-899X>

Kazbekov R.S., master's student in metallurgy, Deputy Director for Production, Aktobe Ferroalloy Plant – branch of TNK Kazchrome JSC (Aktobe, Kazakhstan), ruslan.kazbekov@erg.kz; <https://orcid.org/0009-0009-3492-5339>

Dosekenov M.S., master's student in metallurgy, chief engineer technologist LTD «R&D Centre ERG» (Aktobe, Kazakhstan), murat.dosekenov@erg.kz; <https://orcid.org/0000-0003-2483-8118>

Myrzagaliev A.A., Master of technical sciences, 1-st category engineer technologist LTD «R&D Centre ERG» (Aktobe, Kazakhstan), aibar.myrzagaliev@erg.kz; <https://orcid.org/0009-0009-1749-5154>

Авторлар туралы мәліметтер:

Салкынбаев Б.Ж., техника ғылымдарының магистры, ЖШС «ҒЗИО ERG» металлургия зертханасының инженер-технологы (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Казбеков Р.С., металлургия магистрі, филиал АҚ «ТНК «Казхром» – Ақтөбе феррокорытпа зауыты, өндіріс бойынша директор орынбасары (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Досекенов М.С., металлургия магистрі, ЖШС «ҒЗИО ERG» металлургия зертханасының бас инженер-технологы (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Мырзағалиев А.А., техника ғылымдарының магистры, ЖШС ERG «ҒЗИО ERG» металлургия зертханасының 1 категориялық инженер-технологы (Ақтөбе қ., Қазақстан)

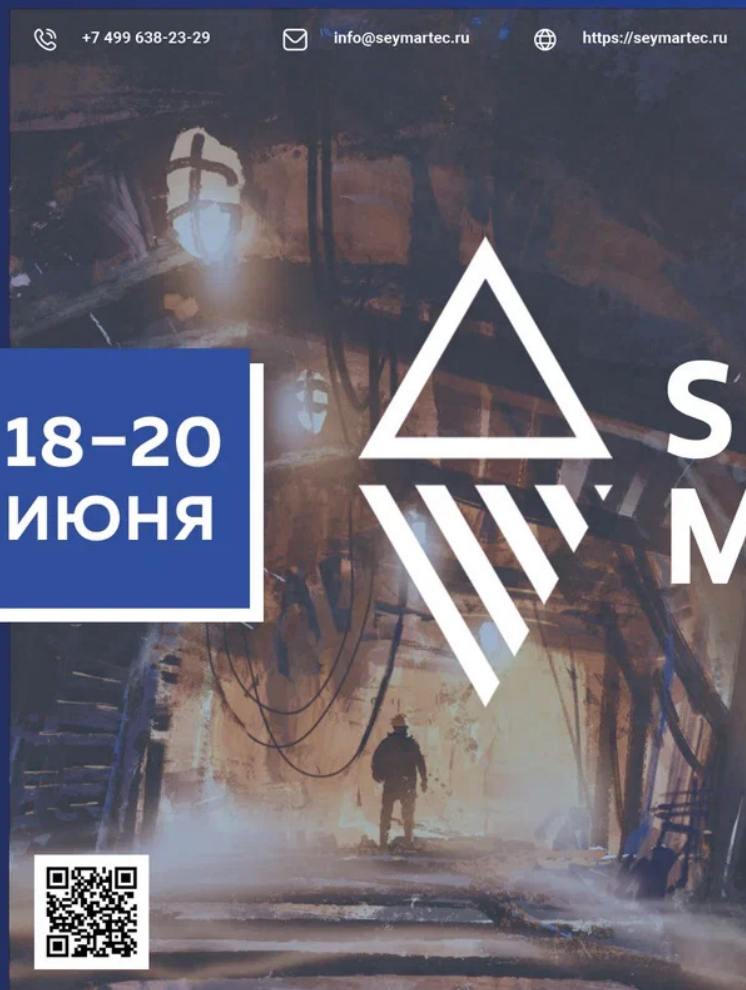
Информация об авторах:

Салкынбаев Б.Ж., магистр технических наук, инженер-технолог лаборатории металлургии ТОО «НИИЦ ERG» (г. Актөбе, Казахстан)

Казбеков Р.С., магистр металлургии, заместитель директора по производству, Актюбинский завод ферросплавов – филиал АО «ТНК «Казхром» (г. Актөбе, Казахстан)

Досекенов М.С., магистр металлургии, главный инженер-технолог категории лаборатории металлургии ТОО «НИИЦ ERG» (г. Актөбе, Казахстан)

Мырзағалиев А.А., магистр технических наук, инженер-технолог 1 категории лаборатории металлургии ТОО «НИИЦ ERG» (г. Актөбе, Казахстан)



ЧЕЛЯБИНСК | ОТЕЛЬ «RADISSON BLU»

VIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

SEYMARTEC
MINING

ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО
ПРОИЗВОДСТВА – 2024

Код МРНТИ 86.40.00

*С.А. Сагидуллаев

ҚР ТЖМ өнеркәсіптік қауіпсіздік комитеті тау-кен металлургия өнеркәсібі басқармасының бас сарапшысы (Астана қ., Қазақстан)

ӨНДІРІСТІК ҚАУІПСІЗДІК САЛАСЫНДА МЕМЛЕКЕТТІК САЯСАТТЫ ДАМУ

Аннотация. Мақалда қауіпті өндірістік апаттардың жазатайым оқиғалардың санының көрсеткіштері төмендемей, керісінше жылдан жылға артып жатқанын анықталынады. Бұл көрсеткіш соңғы 5 жыл арасы және 10 жыл арасындағы апаттарды қамтиды. Алынған ақпараттарға қарап, өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы мемлекеттік саясатты жетілдірудің қажеттілігі анықталады. Соған орай өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы мемлекеттік саясатты дамытудың 2030 жылға дейінгі тұжырымдамалары қарастырылды. Тұжырымдама екі кезеңді қамтиды: бірінші кезең (2024-2026 жылдар) және екінші кезеңде (2027-2030 жылдар). Бұл кезеңдерде өнеркәсіптік қауіпсіздік деңгейін арттыру жөніндегі іс-шараларды жүзеге асыру және өнеркәсіптік қауіпсіздік мәселелері бойынша қажетті нормативтік-құқықтық базаны құру жөнінде айтылады. Қазіргі таңда өндірістік қауіпсіздіктің тиімділігін арттыру үшін іс-шаралар жасалуда.

Түйінді сөздер: өндірістік қауіпсіздік, тәуекелдерді бағалау, зиянды өндірістік фактор, KIOSH конференциясы, апат, технологиялық регламент.

Development of the state policy in the field of industrial safety

Abstract. The article notes that the number of accidents in hazardous industrial accidents does not decrease, but, on the contrary, increases from year to year. This figure includes accidents between the last 5 years and 10 years. Based on the information received, the need to improve the state policy in the field of industrial safety is determined. In this regard, the concepts of the development of state policy in the field of industrial safety until 2030 were considered. The concept includes two stages: the first stage (2024-2026) and the second stage (2027-2030). At these stages, we are talking about the implementation of measures to improve the level of industrial safety and the creation of the necessary regulatory framework on industrial safety issues. Measures are currently being taken to improve the efficiency of industrial safety.

Key words: industrial safety, risk assessment, harmful production factor, KIOSH conference, accident, technological regulations.

Развитие государственной политики в области производственной безопасности

Аннотация. В статье отмечается, что показатели количества несчастных случаев при опасных производственных авариях не снижаются, а, наоборот, из года в год увеличиваются. Эта цифра включает несчастные случаи между последними 5 годами и 10 годами. Исходя из полученной информации, определяется необходимость совершенствования государственной политики в области промышленной безопасности. В этой связи были рассмотрены концепции развития государственной политики в области промышленной безопасности до 2030 года. Концепция включает два этапа: первый этап (2024-2026 годы) и второй этап (2027-2030 годы). На этих этапах речь идет о реализации мероприятий по повышению уровня промышленной безопасности и созданию необходимой нормативно-правовой базы по вопросам промышленной безопасности. В настоящее время проводятся мероприятия по повышению эффективности производственной безопасности.

Ключевые слова: производственная безопасность, оценка рисков, вредный производственный фактор, конференция KIOSH, авария, технологический регламент.

Кіріспе

ӨҚБЖ қауіпсіздіктің техникалық және ұйымдық қамтамасыз етілуін қамтиды және функционалдық деңгейде нақты жағдайларда жұмыстарды қауіпсіз жүргізу талаптары сақталғанда құрал-жабдықтың қауіпсіз пайдаланылуын ұйымдастыруды қамтамасыз етеді. Қазақстан Республикасының «Азаматтық қорғау туралы» Заңына сәйкес өндірістік бақылау туралы ереже әзірленді. Қауіпті өндірістік объектілердегі өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарын қамтамасыз ету, сондай-ақ жұмыстардың қауіпсіз жүргізілуіне әсер ететін жағдайларды және бұзушылық себептерін айқындау өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы өндірістік бақылау міндеттері болып табылады.

Қауіпсіздік адам өмірі мен мүлкін қорғаудағы маңыздылығына байланысты бірінші кезектегі міндет болып саналады, әсіресе авиация, мұнай және газ, құрылыс, көлік, болат өндірісі және тау-кен өнеркәсібі сияқты тәуекелі жоғары өнеркәсіптік секторларда. Бұл салалар қауіпті еңбек жағдайларына байланысты жұмыс орнындағы жарақаттардан, аурулардан және өлімнен зардап шегеді. Осылайша, қауіпсіздікті кез-келген өндірістік ортадағы әрбір жұмыс процесіне сапа өнімдер мен қызметтерге ендірілгендей біріктіру өте маңызды. Қайтымсыз апаттар қауіпін болдырмау үшін қауіпсіздікті басқарудың тиімді жүйесін құру және енгізу маңызды [1].

Қауіпсіздік мәдениеті іс жүзінде ұйымдық жүйелерде, саясатта, принциптерде, оқытуда және сапаны басқаруда көрінеді. Негізінде осы жалпы идеялар, еңбекті қорғау үш негізгі мақсатты көздейді:

1. Қызметкерлердің денсаулығы мен еңбекке қабілеттілігін қолдау және нығайту
2. Еңбек жағдайларын жақсарту және А болу үшін

жұмыс істеуге ұмтылу көбірек қауіпсіздік пен денсаулықты қамтамасыз етуге ықпал етеді

3. Жұмыс орнында денсаулық пен қауіпсіздікті сақтау, сондай-ақ қолайлы әлеуметтік ахуал мен ұйымның үздіксіз жұмысын құру бағытында еңбек ұйымдары мен еңбек мәдениетін дамыту [2].

Кәсіпорынның еңбекті қорғау қызметі нұсқаулықтардың уақтылы әзірленуіне, тексерілуіне, қайта қаралуына тұрақты бақылауды жүзеге асырады, әзірлеушілерге әдістемелік көмек көрсетеді, оларды қажетті құжаттармен қамтамасыз етуге жәрдемдеседі [3].

Қауіпті өндірістік объектілердің апаттарының деңгейі

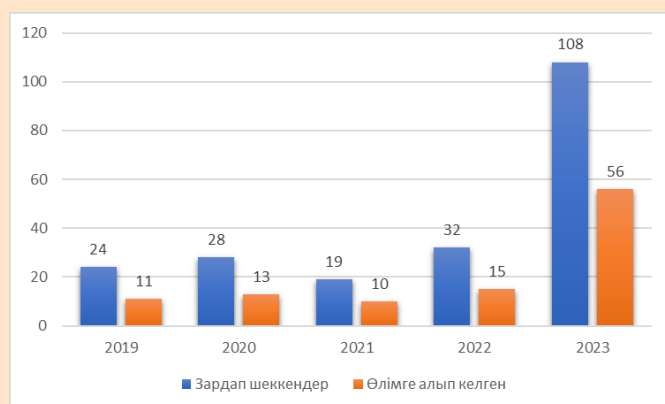
Ағымдағы жағдайды талдауда атап өтілгендей, қауіпті өндірістік объектілердегі апаттар саны азаймайды. Кейбір жағдайларда апаттардың себептері жабдықты пайдалану мерзімінен асып кету, сапасыз немесе уақтылы қызмет көрсетпеу және жөндеу, ойластырылмаған жобалық және техникалық шешімдер, өте төмен технологиялық және еңбек тәртібі болып табылады, бұл қауіпсіз жұмыс жүргізу ережелері мен әдістерін, технологиялық регламенттер мен өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарын бұзуда айқын көрінеді. Қауіпті өндірістік объектілер үшін мамандар мен персоналды даярлау және қайта даярлау жүйесі тиісті деңгейде емес. Өнеркәсіптік қауіпсіздіктің жай-күйін арттыру және қолдау тәсілдерін әзірлеуде ғылымның рөлі жеткіліксіз.

Сол сияқты қолданыстағы нормативтік техникалық құжаттарда жоқ немесе осы құжаттарда жеткіліксіз өнеркәсіптік қауіпсіздіктің жаңадан белгіленген талаптары негізделуге тиіс [4].

Қауіпсіздік мамандарының көпшілігі OSHA талаптарына сәйкестікке қол жеткізуге және сақтауға жауапты болғанымен, күнделікті қауіпсіздік функциясына тікелей немесе жанама әсер ететін көптеген басқа заңдар мен ережелер бар. Сонымен қатар, қауіпсіздік маманының бақылауынан тыс және қауіпсіздік мақсаттарына жетуге әсер етуі мүмкін экономикалық құлдырау сияқты сыртқы оқиғалар бар [5].

Тұтастай алғанда, өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы мемлекеттік саясат өнеркәсіптік объектілердегі авариялар мен инциденттердің алдын алуға, құқықтық, экономикалық және әлеуметтік міндеттерді шешуге, сондай-ақ өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы құқықтық тәртіпті нығайтуға бағытталатын болады.

ТЖМ деректері сурет 1. бойынша қауіпті өндірістік объектілердегі апаттар азаймайды.



Сурет 1. Апаттар саны (2019-2023 жж.).
Figure 1. Number of accidents (2019-2023).
Рис. 1. Количество аварий (2019-2023 гг.).

Сонымен қатар, кейбір жағдайларда апаттардың себептері жабдықты пайдалану мерзімінен асып кету, сапасыз немесе уақтылы қызмет көрсетпеу және жөндеу, ойластырылмаған жобалық және техникалық шешімдер, өте төмен технологиялық және еңбек тәртібі болып табылады, бұл қауіпсіз жұмыс жүргізу ережелері мен әдістерін, технологиялық регламенттер мен өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарын бұзуда айқын көрінеді.

«Динамика қауіпті өндірістік объектілердің белгілері бар субъектілердің өсуін көрсетеді. Бұл елдің экономиканы үздіксіз дамыту, өндірістерді жаңғырту, салаларды өнеркәсіптік индустрияландыру қажеттілігіне байланысты. 2014 жылдан бастап 2023 жылға дейін өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы уәкілетті органға жүктелген функциялардың саны 30-дан 45-ке дейін өсті (50%-ға ұлғайды)», – деп атап өтті ТЖМ.

Сонымен қатар, құжатта қауіпті өндірістік объектілердің жыл сайынғы өсуіне қатысты инспекторлық құрам санының қысқаруының кері динамикасы байқалады.

Бұдан басқа, 2017 жылдан бастап өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы уәкілетті органның өкілеттіктері мен мүмкіндіктері қысқартылды:

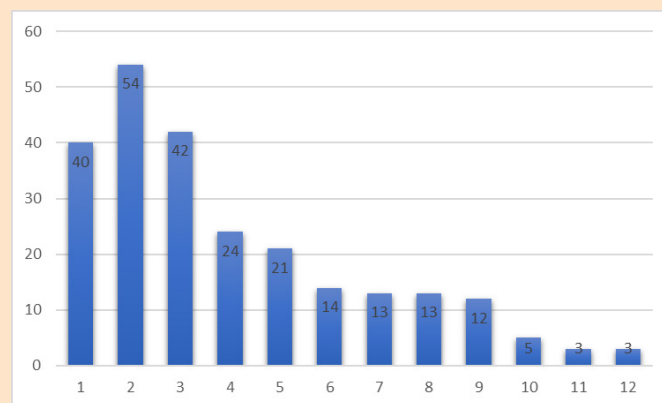
* Атырау, Қарағанды, Өскемен және Шымкент қалаларында 4 салалық институттары бар ұлттық өнеркәсіптік қауіпсіздік ғылыми-техникалық орталығы таратылды;

* 3 мыңнан астам құтқарушысы бар өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы Кәсіби әскерлендірілген авариялық-құтқару қызметтерінің орталық штабы жекешелендірілді.

Қалыптасқан жағдай қауіпті өндірістік объектілер қауіптілігінің жалпы деңгейінде теріс әсер етеді.

Ауыр оқиғалар мен жарақаттардың алдын алу мақсатында ықтимал қауіпті материалдарды, энергия ресурстарын және процестерді басқару ұйымның әрбір қызметкерінен тұрақты берілгендікті талап ететін технологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бағдарламаларының маңызды бөлігі болып табылады. Өкінішке орай, технологиялық процестің қауіптілігін дұрыс танудан, бағалаудан және басқарудан туындаған апаттардың көптеген мысалдары бар [6].

Ұйым басшылығы еңбекті қорғауды басқару үшін қажетті ресурсқа-өзіне қойылатын талаптарды айқындауға, ресурстардың пайдаланылуын бақылауды қамтамасыз етуге, жұмыс пен тексерулерді, соның ішінде еңбек жағдайлары мен еңбекті қорғаудың ішкі аудиттерін орындау үшін дайындалған персоналды тағайындауға тиіс. Ресурстар дегеніміз-арнайы білімі мен тәжірибесі бар кадрлар, техникалық және қаржылық ресурстар [7].



Сурет 2. Өндіріс бойынша апаттар саны (2014-2023 жж.).

Figure 2. Number of accidents by production (2014-2023).
Рис. 2. Количество аварий по производству (2014-2023 гг.).

Апаттар сурет 2 бойынша: 54 – жүк көтергіш механизмдерді пайдаланатын объектілерде; 42 – мұнай-газ саласында; 40 – тау-кен саласында; 24 – көмір саласында; 21 – газ саласында; 14 – химия және мұнай-химия саласында; 13 – металлургия саласында; 13 – жарылыс жұмыстарын жүргізетін объектілерде; 12 – қазандық шаруашылығы объектілерінде; 5 – өсімдік шикізатын сақтау объектілерінде; 3 – магистральдық газ құбырларын пайдаланатын объектілерде; 3 – атом энергиясын пайдаланатын объектілерде.

Өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы мемлекеттік саясатты жетілдіру

Өнеркәсіптік қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі міндеті қауіпті өндірістік объектілердегі авариялар, инциденттер кезінде туындайтын қауіпті өндірістік факторлардың зиянды әсерінің алдын алу болып табылады.

Өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы мемлекеттік саясатты жетілдірудің негізгі бағыттарын іске асыру екі кезеңде жоспарлануда.

Бірінші кезең (2024-2026 жылдар) өнеркәсіптік қауіпсіздік мәселелері бойынша қажетті нормативтік-құқықтық базаны құру (жетілдіру, өзектендіру, синхрондау) жөніндегі міндеттерді шешуді көздейді:

* *өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы өкілеттіктер мемлекеттік және жергілікті атқарушы органдар арасында қайта қаралатын болады.*

Әлеуметтік инфрақұрылым нысандары жүк көтергіш механизмдермен де, қысыммен жұмыс істейтін жабдықтармен де көптеген қауіпті техникалық құрылғылармен қаныққан. Соңғы жылдары жергілікті атқарушы органдардың қызметі оларға сеніп тапсырылған объектілерде қауіпсіздікті қамтамасыз ету мәселелеріне тартылудың төмен деңгейін көрсетті:

* *қажет: қауіпті өндірістік объектілер иелерінің өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарын бұзғаны үшін жауапкершілігін күшейту; қолданыстағы қауіпсіздік талаптарын қатаңдату; әкімшілік іс жүргізуді, жедел ден қою шараларын қайта қарау; айыппұлдар сомасын және тоқтата тұру уақытын ұлғайту; қылмыстық жауаптылықты енгізу.*

Қауіпсіздік талаптарын бұзудың санаттылық жүйесі пысықталып, енгізілді, жеделден қою шараларының жіктеуіштері анықталды. Тәуекелдерді бағалау критерийлерін қайта қарау ұсынылады.

Қауіпті өндірістік объектілерді өндірістік бақылау қызметтерінің рөлін одан әрі күшейту жоспарлануда, бұл оларға зиянды өндірістік факторлардың туындауының алдын алу мақсатында шаралар қабылдаудың жеделдігі үшін кәсіпорындардың бірінші басшыларына тікелей бағынатын қызметтер құруға мүмкіндік береді.

Екінші кезеңде (2027-2030 жылдар) өнеркәсіптік қауіпсіздік деңгейін арттыру жөніндегі іс-шараларды жүзеге асыру жалғастырылатын болады.

Қауіпсіздікті қамтамасыз ету инфрақұрылымын дамытуға, қауіпсіздіктің техникалық талаптарын жетілдіруге, қауіпті өндірістік объектілердің қауіпсіздігін арттырудың нысаналы бағдарлары мен көрсеткіштеріне сәйкес қауіпсіздікті мемлекеттік бақылау мен қадағалауды жүзеге асыруға басты назар аударылатын болады.

Атап айтқанда, қауіпті өндірістік объектілерде оқиғалардың туындау себептерін талдаудың жаңа әдістемесі іске асырылатын болады, бұл қауіпті өндірістік объектілердің тізілімін қалыптастыруға, қауіптілік деңгейін айқындауға, қауіпті өндірістік факторды болжауға, оның қауіпті өндірістік объектінің қандай да бір учаскесінде пайда болуының шамамен күні мен уақытын болжауға мүмкіндік береді.

Бұдан басқа, өнеркәсіптік қауіпсіздік мәселелері бойынша ғылыми-техникалық әлеуетті қайта құру қажетті міндеттерді шешуге мүмкіндік береді.

Тұжырымдаманы іске асыру мынадай нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді деп күтілуде:

* *қауіпті өндірістік объектілер жол беретін өнеркәсіптік қауіпсіздік талаптарын бұзушылықтарды 2030 жылға дейін жыл сайын 1%-ға төмендету;*

* *2030 жылға дейін Нормативтік қызмет мерзімін өтеген қауіпті өндірістік объектілердің 1700 бірлік технологиялық жабдығын жыл сайын пайдаланудан шығару;*

* *қауіпті өндірістік объектілердегі оқиғалар санының 2030 жылға дейін жыл сайын 1%-ға төмендеуі;*

* *қауіпті өндірістік объектілердегі авариялар санының 2030 жылға дейін жыл сайын 1%-ға төмендеуі.¹*

Яғни, осы нәтижелерге жету үшін қазіргі таңда жаңадан жасалып жатқан технологияларға мән беріп, қолданысқа енгізу керек.

Қазіргі уақытта, Қазақстан Республикасының көптеген шахталары мен кеніштерінде жұмыскерлердің оқшаулағыш өзін-өзі құтқарушыға қосудың жеткілікті практикалық дағдылары жоқ, бұл авариялық жағдайда адам шығынына әкеп соғуы мүмкін.

Оқшаулағыш өзін-өзі құтқарушының жоғары бағасы жер қойнауын пайдаланушыларды практикалық қолдану кезінде үнемдеуге жүгінуге мәжбүр етеді және негізінен теориялық оқыту жүреді, ал нормативтік актілерде қызметкерлерді практикалық оқытуға тікелей нұсқау жоқ.

Бірақ, өзін-өзі құтқару машинасын іс жүзінде қолданудың міндетті шарты оның ішінде регенеративті патронның болуы және ол шахтада қолданылатын өзін-өзі құтқару түріне сәйкес келуі керек.

Сонымен қатар, химиялық байланысқан оттегімен өзін – өзі құтқарушыда тыныс алу дағдысын толыққанды пысықтаудың міндетті шарты, өзін-өзі құтқарушы-тренажердегі регенеративті патронның қорғаныс әрекеті (бұдан әрі-ҚӨУ) уақыты шахтада пайдаланылатын өзін-өзі құтқарушы ҚӨУ-ның кемінде 50% болуы тиіс.

Еліктегіш патроны бар өзін-өзі құтқаратын тренажер тек оқу сыныбында теориялық оқытуда қолданылуы керек. Бұдан басқа, «жұмыскерлерді көмір және тау-кен өнеркәсібінде ЖҚЗЖ пайдалануға міндетті практикалық оқыту, жерасты жұмыстарына жұмылдыру жөніндегі нұсқаулықты» құру және бекіту қажет, онда оқытуды жүргізетін адамдардың жауапкершілігін және бұл ретте тау-кен қадағалау және кәсіби авариялық-құтқару қызметі өкілдерінің міндетті түрде қатысуын айқындау қажет [8].

Өнеркәсіптік кәсіпорындар қауіпсіздік техникасына қатысты қатаң саясат жүргізуі керек. Адамдар үнемі қажетті қауіпсіздік құралдарын киюге міндетті болуы керек. Бұған кәсіби тапсырмаларды белсенді түрде орындайтын адамдар ғана емес, сонымен қатар олар ықтимал қауіп төнетін аймақтарға қол жеткізе алатын адамдар да кіреді. Сонымен қатар, өнеркәсіптік қауіпсіздік мақсатында кәсіпорындарда қорғаныс құралдарының жеткілікті қоры болуы керек. Қолғап немесе қауіпсіздік көзілдірігі сияқты керек-жарақтар қажет, бірақ қол жетімді емес жағдайлар кешірілмеуі керек.

Одан бөлек елімізде жыл сайын KIOSH ҚР Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің мемлекеттік қолдауымен өткізіледі. «KIOSH»-бұл еңбекті қорғау және өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы мәселелерді шешу мемлекеттік органдар мен бизнес басшылары арасында талқыланатын орталықтандырылған және тиімді диалогтық алаң. Конференцияға қатысушылар саланы дамыту,

¹ Концепция развития государственной политики в области промышленной безопасности до 2030 года. URL: <https://legalacts.egov.kz/npa/view?id=14887179> (дата обращения: 23.01.2024 г.)

өндірісте еңбекті қорғау және өнеркәсіптік қауіпсіздік бойынша цифрлық технологияларды енгізу, жеке және ұжымдық қорғаныс құралдарының жаңа жүйелері, еңбекті қорғаудың басқару жүйелері, сондай-ақ мемлекеттік және ішкі бақылау мәселелерін қарастырады.

KIOSH конференциясы мен көрмесін өткізудің басты мақсаты әлі де ЖҚҚ саласындағы жаңалықтарды, ЕҚ және ӨҚ бойынша жабдықтар мен инновациялық шешімдерді көрсету, әлемнің түкпір-түкпірінен салалық сарапшылармен тиімді тәжірибе алмасу арқылы еңбекті қорғау қауіпсіздігі мәдениетін насихаттау және жұмыс орындарында жұмысшылардың өмірі мен денсаулығын сақтау болып табылады. Дәстүр бойынша KIOSH жобасы Өзбекбайжан, Қазақстан, Қытай, Пәкістан, Ресей және Өзбекстаннан 30-дан астам компанияны біріктіретін көрмемен таныстырылады.

Бұзушылықтардың алдын алу және болдырмау мақсатында еліміздің 2 800 кәсіпорны Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау стандарттарын енгізді. Сондай-ақ, Қазақстан Кәсіподақтар федерациясымен бірлесіп «Халықтық бақылау» әлеуметтік маңызды жобасы енгізілуде, ол мүгедектігі бар адамдарды «халық бақылаушылары» ретінде тартуды көздейді (600-ден астам қызметкер ішкі бақылауды жүзеге асыратын Республиканың 240 кәсіпорны).

2019 жылдан бастап Министрлік «нөлдік жарақат – Vision Zero» тұжырымдамасын ілгерілету бойынша белсенді жұмыс жүргізуде (қазірдің өзінде 332 кәсіпорын қосылды). Бұдан басқа, «Онлайн еңбек консультанты» электрондық сервисі іске қосылды, ол жұмыс берушінің еңбекті қорғау талаптарының сақталуын өзін-өзі тексеруден өтуін көздейді (сервис іске қосылған сәттен бастап оны 13 854 жұмыс беруші пайдаланды).¹

Қорытынды

Осылайша, дамыған елдермен тәжірибе алмаса отырып, сол тәжірибелерді қолданысқа енгізсек, еліміздегі өндірістік қауіпсіздік нығайып және өндірістік апаттардың төмендеуіне негіз болады. Бұл өз кезегінде тек апаттың алдын алып қана қоймай, азаматтардың өндіріс саласындағы біліктілігін арттырып, бұл салаға жұмыс күшін тартуды жеңілдетеді. Себебі, қазіргі уақытта еңбек өнімділігі ең бірінші кезекте екені дау туғызбайды. Қай салада қауіпсіздік жолға қойылған, қай салада тәуекел, қауіп-қатер аздау, адамдар сол салаға қарай жиі ойысады. Қауіпсіздік тек қана апат болдырмау үшін ғана емес, жұмысшылардың денсаулығына қауіп төндірмеу үшін де маңызды, сол себепті, өндіріс орындарындағы барлық бағыт бойынша тазалық пен қауіпсіздік бірінші орында болуға тиіс.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Хайруллина Э. Р. өнеркәсіптік кәсіпорындағы қауіпсіздіктің маңызы. // *Магистратура хабаршысы*. 2023. № 1-2 (136). Б. 49 (орыс тілінде)
2. Майкл Л. Еңбекті қорғау саласындағы қауіпсіздікті басқару. 2019, Б. 1 (ағылшын тілінде)
3. Челноков А.А., Жмыхов И.Н., Цап В.Н. Еңбекті қорғау: Минск: жоғары мектеп, 2020. Б. 36-бет (орыс тілінде)
4. Глебова Е.В., Коновалов А.В. Өнеркәсіптік қауіпсіздік негіздері. 2015, Б. 13 (орыс тілінде)
5. Томас Д. Ш. Еңбек және еңбекті қорғау саласындағы мамандарды жұмыспен қамту мәселелері. 2018, Б. 3 (ағылшын тілінде)
6. Джеймс А.К., Брюс К.В. Негізгі ұғымдар мен практикалық тәсілдер. 2017, Б. 7 (ағылшын тілінде)
7. Коростовенко В.В., Медведь Н.В., Галайко А.В. Өндірістік және өнеркәсіптік қауіпсіздікті ұйымдастыру: Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2022. Б. 10 (орыс тілінде)
8. Кравченко В.С. Тау-кен кәсіпорындары персоналының төтенше жағдайлардағы әрекеттерге дайындығы. // «Өнеркәсіптегі қауіпсіздік» журналы. 2023. №3 (88). Б. 7 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Khairullina E.R. Znachenie bezopasnosti na promyshlennom predpriyatii. // *Vestnik magistratury*. 2023. №1-2 (136). S. 49 [Khairullina E.R. The importance of safety in an industrial enterprise. // *Bulletin of the Magistracy*. 2023. №1-2 (136). P. 49] (in Russian)
2. Michael L. Occupational safety management. 2019, P. 1 (in English)
3. Chelnokov A.A., Zhmykhov I.N., Tsap V.N. Okhrana truda: Minsk: Vysshaya shkola, 2020. S. 36 [Chelnokov A.A., Zhmykhov I.N., Tsap V.N. Labor protection: Minsk: Higher School, 2020. P. 36] (in Russian)
4. Glebova E.V., Kononov A.V. Osnovy promyshlennoi bezopasnosti. 2015, S.13 [Glebova E.V., Kononov A.V. Fundamentals of industrial safety. 2015, P. 13] (in Russian)
5. Thomas D.S. Labor and employment issues for occupational safety specialists. 2018, P. 3 (in English)
6. James A.K., Bruce K.V. Key concepts and practical approaches. 2017, P. 7 (in English)
7. Korostovenko V.V., Medved' N. V., Galaiko A. V. Organizatsiya proizvodstvenoi i promyshlennoi bezopasnosti: Krasnoyarsk: Sib. Feder. un-t, 2022. S.10 [Korostovenko V.V., Medved N.V., Galaiko A.V. Organization of industrial and industrial safety: Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2022. P.10] (in Russian)
8. Kravchenko V.S. Podgotovlennost' personala gornodobyvayushchikh predpriyatii k deistviyam v avariinykh situatsiyakh. // *Zhurnal «Bezopasnost' v promyshlennosti»*. 2023. №3 (88). S. 7 [Kravchenko V.S. Preparedness of mining enterprises personnel to act in emergency situations. // «Safety in industry» journal. 2023. №3(88). P. 7] (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хайруллина Э.Р. Значение безопасности на промышленном предприятии. // Вестник магистратуры. 2023. №1-2 (136). С. 49 (на русском языке)
2. Майкл Л. Управление безопасностью в области охраны труда. 2019, С.1 (на английском языке)
3. Челноков А.А., Жмыхов И.Н., Цап В.Н. Охрана труда: Минск: Высшая школа, 2020. С. 36 (на русском языке)
4. Глебова Е.В., Коновалов А.В. Основы промышленной безопасности. 2015, С.13 (на русском языке)
5. Томас Д.Ш. Вопросы труда и занятости специалистов по охране труда. 2018, С. 3 (на английском языке)
6. Джеймс А.К., Брюс К.В. Ключевые концепции и практические подходы. 2017, С. 7 (на английском языке)
7. Коростовенко В.В., Медведь Н. В., Галайко А. В. Организация производственной и промышленной безопасности: Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2022. С.10 (на русском языке)
8. Кравченко В.С. Подготовленность персонала горнодобывающих предприятий к действиям в аварийных ситуациях. // Журнал «Безопасность в промышленности». 2023. №3 (88). С. 7 (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Сагидуллаев С.А., ҚР ТЖМ өнеркәсіптік қауіпсіздік комитеті тау-кен металлургия өнеркәсібі басқармасының бас сарапшысы (Астана қ., Қазақстан), sagidullaev.a@emer.kz; <https://orcid.org/0009-0005-4585-0687>

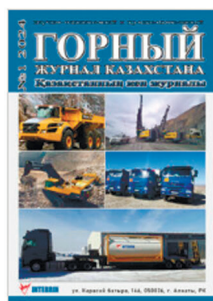
Information about the authors:

Sagidullaev S., Chief Expert of the Department of Mining and Metallurgical Industry of the Committee for Industrial Safety of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan (Astana, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Сагидуллаев С.А., Главный эксперт управления горно-металлургической промышленности Комитета промышленной безопасности МЧС РК (г. Астана, Казахстан)

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА



ПОДПИСКА' 2024 РЕКЛАМНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОТРУДНИЧЕСТВО

POST-DTS@YANDEX.KZ / +7 747 343 15 02 / MINMAG.KZ

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

1. «Горный журнал Казахстана» принимает к публикации оригинальные статьи научного и научно-технического содержания, отражающие результаты исследовательской и научной деятельности, имеющие рекомендации к практическому применению решаемых вопросов, а также статьи обзорного характера, отвечающие критериям первичной научной публикации (полный перечень рубрик указан на сайте *minmag.kz*).

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

- набор статьи производится в текстовом редакторе Word шрифтом Times New Roman 12 кеглем с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метаданные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?p1=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском, русском и английском языках;
 - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов; знаком «*» указывается автор-корреспондент;
 - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, город, страна, контактные данные (адрес электронной почты), ORCID ID) предоставляются на казахском, русском и английском языках;
 - полное название организации (-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 предоставляется на казахском, русском и английском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
 - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском, русском и английском языках;
 - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение/ выводы);
 - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2015 года, предоставляется на казахском, русском и английском языках.

РИСУНКИ должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисовочном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. **ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ ОБЯЗАТЕЛЬНЫ.** Оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. Список приводится на казахском, русском и английском языках с указанием в скобках оригинала публикации. Образец оформления литературы и транслитерации размещен на сайте *minmag.kz*.

4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении 10 (десяти) экземпляров журнала согласно установленным расценкам на текущий год, которые он(они) имеют право распространять среди горной общественности. После оплаты статья публикуется в номере журнала согласно очередности. Если существует необходимость опубликовать статью в одном из ближайших номеров журнала, авторы оплачивают ускорение в размере 50000 (пятьдесят тысяч) тенге.