

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

Издается с января 2003 г.

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

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

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

Адрес редакции:
050026, г. Алматы,
ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,
тел.: +7 (747) 440-46-35
+7 (747) 343-15-02
minmag.kz

Представители журнала:

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

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

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

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

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

Подписано в печать 25.05.2021 г.

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

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



INTERRIN

Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

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

Специалист по связям с общественностью

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

Помощник редактора

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

Редакционная коллегия:

Fathi 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

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

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

А.А. Бекботаева, PhD

А.А. Бектыбаев, канд. техн. наук

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

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

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

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

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

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

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

В.Г. Загайнов, канд. техн. наук

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

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

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

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

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

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

В.С. Музгина, д-р техн. наук

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

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

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

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

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

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Р.Р. Ходжаев, д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 4 Колонка главного редактора
- 6 Какие крепления горных выработок использует «Казцинк» для своих рудников ®
- 8 Машины для шахт под маркой НКМЗ ®

Геотехнология

- 10 *Абен Е.Х., Хайруллаев Н., Мырзахметов С.С., Юсупова С.А.*
Влияние активации компонентов раствора на содержание урана в продуктивном растворе

Гидрогеология

- 16 *Санатбеков М.Е., Жолтаев Г.Ж., Скнарина Н.А.*
Гидрогеологические условия и формирование режима подземных вод Балхашской впадины
- 22 *Амралинова Б.Б., Фролова О.В., Матайбаева И.Е., Азалиева Б.Б.*
Бурабай массивінің кәлдерінің жер үсті сулары геохимиясы

Открытые горные работы

- 26 *Sarybayev N.O., Moldabayev S.K., Hurmat Sodaba, Bagdatov T.E.*
Development perspectives of cyclic and continuous method
- 30 *Наимова Р.Ш., Мавлонов Ш.М., Юсупов Н.Б., Каримов Ш.В.*
Описание математической модели распределения горной массы от забоя до пункта приема на глубоких горизонтах карьера

Крепление горных выработок

- 36 *Демин В.Ф., Кыдрашов А.Б., Барсуков С.В., М.Н. Жумабеков*
Применение технологий упрочнения пород кровли быстротвердеющими составами

Обогащение полезных ископаемых

- 42 *Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Уйсимбек А.*
Исследование на обогатимость марганцевой руды рудопроявления Картобай

Геоинформатика

- 48 *Бегимжанова Е.Е., Жакыпбек Ы., Турсбеков С.В.*
Қатты тұрмыстық қалдықтар полигонын қашықтықтан ұшқышсыз ұшу аппараттарымен бақылау

- 54 Требования к оформлению статей

Международная
конференция и выставка

УГОЛЬ РОССИЯ И СНГ

16-17 НОЯБРЯ 2021, МОСКВА

Организатор:

VOSTOCK CAPITAL

+7 (495) 109 9 509 (Москва)

events@vostockcapital.com

КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

200+ УЧАСТНИКОВ, среди которых руководители крупнейших угольных предприятий России и стран СНГ, а также инициаторы инвестиционных проектов, компании-разработчики и производители оборудования и технологий для предприятий, российские и международные инвесторы

15+ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

по производству угля и строительству объектов угольной инфраструктуры

40+ ДОКЛАДЧИКОВ И УЧАСТНИКОВ ДИСКУССИЙ:

представители проектов, регуляторные органы, ведущие эксперты отрасли

БУДУЩЕЕ ИНДУСТРИИ УГОЛЬНОЙ

ПРОМЫШЛЕННОСТИ: перспективные векторы развития отрасли в России и СНГ, **возможности для увеличения экспорта и государственная поддержка**

ПРИМЕРЫ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК И ЛУЧШИХ ТЕХНОЛОГИЙ для повышения производственной эффективности

СТАТУС КРУПНЕЙШИХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ

ПРОЕКТОВ – модернизация производства и развитие инфраструктурных проектов

АКТУАЛЬНО! Технический круглый стол: **обеспечение промышленной безопасности в угольных шахтах**

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ: российский и иностранный опыт внедрения инновационных технологий для оптимизации производственных процессов

СПЕЦИАЛЬНАЯ СЕССИЯ: Строительство портовой и железнодорожной инфраструктуры – какие мощности необходимы?

ВАЖНО! Экология угольной промышленности: минимизация техногенного воздействия на окружающую среду и инвестиции в экологические проекты

КРУГЛЫЙ СТОЛ: Развитие глубокой переработки угля и углекислоты – альтернатива или необходимость?

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА технических, технологических и сервисных решений от лидеров отрасли



COALOFRUSSIA.COM

среди
постоянных
участников:



КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Дорогие читатели!

Уважаемые коллеги!

Наша колонка строится таким образом, чтобы, напоминая о значимых событиях месяца, в котором выходит в свет номер журнала, создать у тех, кто знакомится с его содержанием, первоначальный заряд интереса не только к материалам журнала, отвечающим нашей специфике, но и к историческим фактам, открывающим нам двери в прошлое человечества. Оно, благодаря разуму, развивало свой уровень жизни, достигнув нынешних высот и планируя переход к искусственному интеллекту.

На этом этапе стоит передохнуть, встряхнуть память и вспомнить о тех, кто, не имея багажа знаний нынешнего миллениала, однако создал основу нашего благополучия, направив наши помыслы в освоении недр в нужное русло. В одном лице и геологи, и горняки, и обогатители, и металлурги – вереница этих гигантов прошлого в нашей памяти. Давайте вспомним о них. Интерес к природе полезных ископаемых появился очень давно – на заре предистории человечества. Однако во все времена и у всех народов геология как наука особенно расцветала тогда, когда потребности человека становились предметом насущного запроса общества у природы.

Эпоха первобытно-общинного строя прошла под знаком повсеместного применения горных пород и примитивных изделий из них, и так называемый «каменный век», начавшийся 800 тыс. лет назад, продлился до 6 тыс. лет до н. э. на Ближнем Востоке и до 4 тыс. лет до н. э. в Европе. Опыт десятков тысяч наших пращуров позволил осуществить переход в четвертом тысячелетии до н. э. к «бронзовому веку», а в первом тысячелетии до н. э. – к «железному веку».

К середине первого тысячелетия до н. э. появились первые труды об условиях образования месторождений полезных ископаемых, которые тогда уже показали творческий подход к определению генеральных направлений развития науки о полезных ископаемых в будущем. Греческий философ Фалес (624-547 лет до н. э.) считал воду наиболее важной стихией на Земле, и его можно считать отцом «нептунистов». В спорах с ним Гераклит (544-474 лет до н. э.) утверждал, что основой всего земного является огонь, поэтому его можно принимать как прародителя «плутонистов». Важные для своего времени и наивные для нас суждения о горных породах, минералах, рудах содержатся в работах Аристотеля (384-322 гг. до н. э.) и его ученика Теофраста (371-286 гг. до н. э.) с их упоминаниями о неорганических телах, попытками классификации их, созданием группы металлоидов и описанием вопросов минералогии. Продолжение, с учетом уже накопленного опыта и знаний, горное дело получило в трудах Зенона (3 век до н. э.), в 36-томной «Естественной истории» Плиния Старшего, погибшего в 79 г. н. э. при извержении Везувия; Кая Плиния Секунды (1 век н. э.); Страбона (1 век н. э.), Тита Лукреция (1 век н. э.), китайского ученого Ли Си-цина, выпустившего в 950 г. книгу о минералах, растениях и животных. Огромное влияние на развитие человеческой науки оказали ученые, вышедшие из народов Средней Азии. В области минералогии выдающимся естествоиспытателем в начале XI века был великий ученый, математик и астроном Бируни (972-1048), уроженец Хорезма. В работе о драгоценных камнях он дает замечательные для своего времени описания минералов и, что особенно важно, впервые в истории минералогии при определении минеральных видов применяет такие физические константы, как относительная твердость и удельный вес. Другим представителем выдающихся ученых того времени является Авиценна (Ибн Сина) (980-1037), уроженец Бухары. В своем «Трактате о камнях» он дал классификацию известных в то время минералов, разделив их на четыре класса: 1 – камни и земли; 2 – горючие или сернистые ископаемые; 3 – соли и 4 – металлы. Выдающийся след оставил Мухаммед Насирэддин (Туси), выпустив в XI веке труд «Учение о минералах».

В XVI веке в европейской литературе появился ряд важных работ по минералогии. Так, итальянец В. Бирингуччио (умер в 1538) и яхимовский лекарь Георгий Агрикола (Бауэр) (1490-1555) независимо друг от друга дали весьма содержательные для того времени сводки минералогических знаний, накопленных в горной практике при разработке рудных месторождений Саксонии, Чехии (Рудные горы), Италии и других стран Европы.

Отрешившись от алхимии, Агрикола в результате своих работ создал классификацию минералов, которая в общем виде, хотя и немногим отличается от приведенной выше классификации Авиценны, но проработана гораздо глубже. Минеральные образования Агрикола делил на горючие ископаемые, земли, соли, драгоценные камни, металлы и минеральные смеси. Важно отметить, что им подробно описаны диагностические признаки минералов: цвет, прозрачность, блеск, вкус, запах, вес, твердость и прочие. В своих работах он касается и вопросов генезиса рудных месторождений. Труды Агриколы оказали большое влияние на минералогические исследования ряда поколений.

Начало развития российской геологии связано с именем гениального русского ученого М.В. Ломоносова (1711-1765). Исходя из своей «корпускулярной философии», он высказал теорию строения кристаллического вещества,

развил кинетическую теорию газов, механическую теорию теплоты, в чем почти на 100 лет обогнал своих современников. Как талантливый химик, он применил количественный анализ химических процессов, установил роль воздуха в горении органических веществ и сформулировал закон сохранения вещества.

Специалисты древности и средних веков брались, с нашей точки зрения, за, казалось бы, непосильный труд, поэтому их достижения говорят нам о том, каким могучим всеильным орудием прогресса является творческий ум в сочетании с провидческим даром и трудолюбием. Такова предыстория сегодняшнего состояния использования минеральных ресурсов.

Сложившиеся ныне мировые научные школы можно подразделить на ряд национальных, каждая из которых имеет свои выдающиеся теоретические достижения и практическую реализацию; благодаря им, несмотря на постоянный рост объемов производства, традиционные месторождения обеспечивают потребности мирового сообщества. Казахстанские ученые и производственники, продолжая славные традиции советского периода, достигли ощутимых результатов по воспроизводству минерально-сырьевой базы полезных ископаемых и развитию горно-металлургического комплекса нашей страны с надежной перспективной основой.

Созданная в советское время под руководством К.И. Сатпаева школа геологов Казахстана не растеряла своего кадрового потенциала, поэтому уверенность в результативности их созидательного труда должна получить свое подтверждение трудом нового поколения специалистов.

Цивилизация продолжает неустанно требовать новых и новых источников полезных ископаемых, поэтому одной из главных задач человечества является создание новых возможностей использования содержимого недр, основанного на формировании сплошного, безотходного и валового недропользования.

Память о людях, которые создали и продолжают создавать пути к обеспечению человечества продукцией из содержимого недр, дорога, но надо помнить и о том, что плодами их вечных поисков и побед пользовались не только с целью принести пользу человечеству. Об этом говорит нам священная для всех нас дата 9 Мая – день великой Победы, которую выковало в невероятных лишениях, благодаря патриотизму и воле нашего народа на полях сражений и в тылу, наше старшее поколение. Поклонимся им и поклянемся не допустить, чтобы наши успехи стали оружием новых врагов мирной жизни. Горное дело, являясь фундаментом цивилизации, не нуждается в военном решении своих задач, поэтому и тысячи лучших представителей профессии геологов, горняков, обогатителей, металлургов сложили свои головы на полях сражений. Пусть земля будет пухом для тех, кто отдал свои жизни за наше счастливое пребывание на ней!

ПОСТАВКА КАЧЕСТВЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ:

ионообменные смолы, сульфуголь, антрацит, кварцевый песок, а также коагулянты и флокулянты для очистки сточных вод, подготовки питьевой воды. Занимаемся проектированием, поставкой и наладкой очистных сооружений, КНС, станций приготовления и дозирования коагулянтов и флокулянтов.

ПОСТАВКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Угольная промышленность:

поставка флокулянтов и коагулянтов неорганических и органических (полиадаммак и полиамины производим в России).

Цветная промышленность, драгоценные и редкоземельные металлы:

цианирование — реагент, замена цианида натрия, выщелачивание — ионообменные смолы и активированный уголь, флотация — собиратели (дитиофосфаты (аэрофлоты), ксантогенаты, депрессанты, диспергаторы, вспениватели, пылеподаватели, органические связующие, активаторы, флокулянты.

ПОСТАВКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ НЕФТЕ- И ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:

поставка флокулянтов (полиакриламидов) и коагулянтов неорганических и органических (полиадаммак и полиамины производим в России); ионообменные смолы, активированные угли, галит марки А и марки Б, жидкое стекло, пеногасители, гидрофобизирующие жидкости, сульфолон, биопрепараты и сорбенты, антивспениватели, полимерные тампонажные составы для изоляции зон поглощений, кислоты и многое другое, а также нефтепродукты и масла высокого качества.



ООО «ФЛОТЕНТ КЕМИКАЛС РУС»

443080, Россия, Самарская обл., г. Самара, улица Революционная, дом 70, помещение 227.

тел.: 8 (846) 277-17-55, моб.: +7-927-207-17-55

e-mail: aqwasama@mail.ru, am@flotent.com, or@flotent.com

www.flotent.com



КАКИЕ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ИСПОЛЬЗУЕТ «КАЗЦИНК» ДЛЯ СВОИХ РУДНИКОВ

Одна из крупнейших горно-металлургических компаний страны постоянно работает над улучшением безопасности на подземных рудниках. Так, в компании принято решение о необходимости крепления всех вновь проходимых горных выработок на 100 процентов.

Исторически выбор вида и типа крепления горных выработок основывался на классификации пород, так, например, для устойчивых выработок предусматривался самоподдерживающийся массив, то есть без крепления. Однако в «Казцинк» было решено использовать стопроцентное крепление.

По этим вопросам было проведено несколько технических советов. Важно было обеспечить безопасность и разумный подход. Специалисты компании провели анализ состояния ранее пройденных выработок и определили оптимальное крепление для каждого рудника индивидуально.

– Геомеханической службой были проведены расчеты состояния массива для условий подземных рудников: Малеевского, Тишинского, Риддер-Сокольного и Долинного, – рассказывает **Евгений Рыбин**, главный специалист-горняк управления горного производства ТОО «Казцинк». – *Определены оптимальные параметры крепи, длины анкерной штанги, необходимость применения металлической сетки или торкретбетона. По результатам мы поставили задачу: обеспечить переход на стопроцентное крепление всех вновь проходимых горных выработок большого сечения с эксплуатацией самоходного оборудования.*

Система анкерного крепления устанавливается быстрее и не разрушается от взрывных работ. Для рудников компании наибольшее применение получили сталеполимерное анкерное крепление (СПАК) и фрикционные анкеры, которые эффективно укрепляют своды выработок.

Для сложных условий дополнительно применяется металлическая сетка и торкретбетон: к примеру,

в условиях Тишинского рудника. Комбинирование видов крепи позволяет исключить падение мелких кусков горной массы и выветривание горных пород. Для крепления сопряжений применяются тросовые анкеры глубокого заложения в комплексе с металлической сеткой. В устойчивых породах Малеевского и Риддер-Сокольного рудников достаточно будет анкерного крепления.

Для соблюдения требований и параметров специалистами рудников совместно с геомеханиками были разработаны типовые стандарты крепления с учетом состояния массива, сечений выработок и применяемого оборудования для каждого рудника.



Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»

TECH MINING RUSSIA

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
9-10 СЕНТЯБРЯ 2021, МОСКВА

Приглашаем Вас принять участие в 3-й международной конференции TECH MINING RUSSIA 2021, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, которая пройдет 9-10 сентября 2021 в Москве, отель Marriott Courtyard Павелецкая.

TECH MINING RUSSIA посвящена работе горнодобывающей промышленности, одной из самых важных отраслей промышленности Российской Федерации. Основной фокус конференции - это технологии, которые применяются в отрасли и направлены на повышение эффективности и увеличение производительности на всех этапах работы предприятия.

Конференция объединяет представителей горнодобывающей отрасли, разработчиков, инженеров, производителей горнодобывающего оборудования, специалистов по цифровизации и роботизации предприятий отрасли, представителей научного сообщества. Это место для укрепления деловых связей, налаживания новых контактов и договоренностей о сотрудничестве. **Для представителей горнодобывающих предприятий участие бесплатное.**

Деловая программа конференции будет освещать вопросы:

- Удаленного управления на горном предприятии;
- Проектирования, реконструкции и строительства горнодобывающего предприятия;
- Современных IT решений и их внедрения;
- Передовых технологий в обработке, обогащении и транспортировке;
- Новых решений в разведке месторождений и добыче полезных ископаемых;
- Технологий охраны труда;
- Технологий безопасности современного предприятия;
- Другие вопросы.

На конференции будет работать **выставка современных технологий**, где Вы сможете получить консультацию специалистов и экспертов отрасли.

Для получения дополнительной информации и регистрации на мероприятие направляйте Ваш запрос на почту info@techmining.ru
Телефон **+7-499-11-205-11**

Сайт мероприятия www.techmining.ru

Даты проведения: **9-10 сентября 2021 года**



МАШИНЫ ДЛЯ ШАХТ ПОД МАРКОЙ НКМЗ



А.И. Лаухин, директор производства металлургического и шахтно-проходческого оборудования,
В.А. Дзержинский, главный инженер производства металлургического и шахтно-проходческого оборудования,
А.В. Царев, главный конструктор производства металлургического и шахтно-проходческого оборудования,
Е.В. Клименко, начальник конструкторского бюро комбайнов и проходческой техники производства металлургического и шахтно-проходческого оборудования

Новокраматорский машиностроительный завод – один из крупнейших на европейском континенте производственно-научных комплексов с давними традициями создания продукции для предприятий горно-металлургического и топливно-энергетического секторов промышленности.

Оборудование для подземных разработок (шахтные подъемные машины, проходческие щиты и другие машины) – старейшая номенклатура НКМЗ. Строительство завода еще не было завершено, а в проектное бюро уже разрабатывались чертежи первой крупной подъемной машины $2 \times 5 \times 2,3$. С вводом завода в эксплуатацию начался выпуск этой машины и создано конструкторское бюро горнозаводского оборудования, которое занималось разработкой шахтных подъемных машин. В 1935 г. была изготовлена первая машина для шахты им. Орджоникидзе треста Макеевуголь. В 1946 г. была изготовлена первая машина со шкивом трения ШТ-7,2 для шахт глубиной 1000 м, в 1948 г. – подъемная машина с бицилиндроконическим барабаном, в 1954 г. – машина с цилиндрическим разрезным барабаном, в 1958 г. – многоканатные подъемные машины. С 1982 г. создаются подъемные машины серии МПБ, отличительной особенностью которых является расположение тормоза внутри барабана. С начала производства выпущено свыше 2000 подъемных машин.

Сегодня ШПМ с маркой НКМЗ хорошо известны как в Украине, так и за ее пределами. Они эксплуатируются на горных предприятиях почти 20 стран мира и зарекомендовали себя как надежные и высокоэффективные помощники горняков. НКМЗ располагает возможностью производить комплексное оборудование шахтных стволов и осуществлять поставку угледобывающих комплексов, базирующихся на высокопроизводительных надежных машинах нового поколения.

Основой увеличения добычи угля всегда было и остается своевременное и качественное выполнение проходки. В 1993 г. темпы проходки сократились и значительно отставали от темпов добычи угля. В рамках государственной программы «Уголь» было принято решение выпустить новый производительный легкий комбайн П110 (альтернатива комбайну 1ГПКС) на НКМЗ.

19 мая 1995 г. опытный образец комбайна П110, способный разрушать породы с максимальным пределом прочности пород при одноосном сжатии $\sigma_{сж} = 100$ МПа, спустился под землю в шахте Краснолиманская ПО «Красноармейскуголь».

В 1998 г. по инициативе горняков шахты им. А.Ф. Засядько новокраматорцы совместно со специалистами Донгипроуглемаш создали проходческий комбайн

тяжелого класса П110-01, способный разрушать породы с максимальным пределом прочности пород при одноосном сжатии $\sigma_{сж} = 120$ МПа.

В последние годы линейка комбайнов марки НКМЗ дополнилась новым видом легкой машины – комбайн П110-03 с осевой коронкой, на базе серийной отработанной конструкции проходческого комбайна П110, с учетом многолетнего опыта его эксплуатации. Также новокраматорцы применили новые конструктивные решения, которые дают агрегату возможность действовать избирательно и более производительнее, нежели его предшественник. Преимущество данного комбайна состоит не только в его более эффективной, чем у других производителей, осевой коронкой, а и в том, что база этой машины полностью унифицирована с базой серийно выпускаемых комбайнов П110. Это дает возможность быстрой взаимозаменяемости исполнительных органов в зависимости от горно-геологических условий. Попросту говоря, один комбайн сочетает в себе возможности двух: на наклонных пластах он будет более эффективно работать с осевой коронкой, на горизонтальных с минимальной переделкой – с радиальной. В результате значительно расширяются эксплуатационные возможности машины и обеспечивается большая производительность при минимальных затратах.

Большие объемы добываемого угля на шахтах приводят к необходимости постоянного освоения новых горизонтов залегающих угольных пластов. Стремясь повысить добычу угля, шахтеры осваивают новые горизонты, погружаясь все глубже в недра Земли.



На глубинах 600 и более метров порода отличается большей крепостью, а пласты полезных ископаемых тоньше, что затрудняет добычу. В комплексе с предъявляемыми требованиями к интенсификации работ, снижению простоев комбайнов из-за поломок и повышению требований к безопасности оборудования данная тенденция требует постоянной работы над повышением технического уровня проходческой техники.

Чтобы облегчить труд шахтеров, ЧАО «НКМЗ» продолжает работу по дальнейшему совершенствованию комбайнов, разработке новых модификаций машин для сложных условий проходки. Для решения этой проблемы в 2017 г. был спроектирован комбайн среднего класса – П200, с большей энерговооруженностью и возможностью обеспечить повышенные силы резания, более тяжелый, по сравнению с П110-01. Его масса 70 т, мощность привода исполнительного органа 160 кВт с возможностью установки 200 кВт. Создавался он на основе многолетнего опыта проектирования проходческой техники – комбайнов П110 и П110-01, опыта их эксплуатации на шахтах, пожеланий механиков шахт и самих шахтеров. Прежде всего, в П200 был перепроектирован редуктор исполнительного органа. Но, в целом, изменениям подверглась вся конструкция комбайна, была оптимизирована масса узлов, их качество, технологические процессы сборки.

Следующим этапом создания нового поколения комбайнов под маркой НКМЗ стал комбайн проходческий П315. В 2017 году ЧАО «Шахтоуправление «Покровское» (Украина, Донецкая обл.) – давний партнер нашего завода – обратилось с предложением создать машину совершенного нового класса. Совместно было разработано «Техническое задание на комбайн проходческий тяжелого класса для условий ЧАО «Шахтоуправление «Покровское».

В итоге, специалисты завода создали проходческий комбайн П315, рассчитанный на разрушение породы крепостью до 140 МПа (в качестве аналога рассматривался комбайн MR620 фирмы SANDVIK: крепость разрушения породы до 130 МПа) и с уменьшенными габаритными размерами, весовыми данными сборочных единиц и комбайна в целом, с повышенными требованиями по производительности, крепости и абразивности разрушаемых пород, надежности и ресурсу.

Основным принципиальным отличием комбайнов, предназначенных для работы в тяжелых условиях эксплуатации, является низкая окружная скорость резцов исполнительного органа 1,4...1,5 м/с при высокой силе на резце. Такие параметры резания позволяют разрушать достаточно крепкие породы ($\sigma_{сж} = 120...140$ МПа) современным режущим инструментом. Реализовать такие параметры резания можно только комбайнами

с радиальными коронками, у которых эффективность использования собственного веса комбайна противодействием горного массива (реакции забоя) в 1,4...1,5 раз выше, чем у комбайнов с осевыми коронками. Также, увеличение мощности исполнительного органа выполнено за счет выбора оптимальной компоновочной схемы.

Двигатель привода исполнительного органа односкоростной, мощность – 315 кВт, но, поскольку режим его работы усиленный, то на нем первом из заводских комбайнов применено водяное охлаждение. У П315 новая конструкция исполнительного органа вместе с поворотной рамой. Совершенно новое конструктивное решение, отличное от комбайнов П110 и П200, использовано здесь в расположении гидроцилиндров поворота исполнительного органа. А в конструкции самих гидроцилиндров учтены требуемые заказчиком силовые и скоростные параметры. Также усилена коронка резания. В связи с высокой абразивностью забоя, которая создается при работе этого комбайна, верхний стол питателя и конвейер выполнены с износостойкими накладками. Более мощный привод конвейера предполагает погрузку большего объема разрушенной массы.

После изготовления в марте 2019 г. первого опытного образца и проведения заводских испытаний, заказчику в апреле 2019 г. был отгружен комбайн П315. В последующем для ЧАО «Шахтоуправление «Покровское» было изготовлено еще два тяжелых комбайна П315. Второй комбайн был введен в эксплуатацию в конце 2019 г., третий – в апреле 2020 г.

В настоящее время ЧАО «НКМЗ» изготавливает следующую проходческую технику:

- серийно выпускаемые комбайны проходческие П110, П110-01, П110-03 и П110-04;
- комбайны проходческие по техническим заданиям шахт: П200, П315;
- дополнительное навесное оборудование: крепеподъемники, перегружатели;
- запасные части для модернизации проходческих комбайнов, находящихся в эксплуатации: редукторы исполнительных органов, коронки с элементами крепления и другие детали.

Сегодня технологические возможности нашего завода позволяют выпускать продукцию, по качеству не уступающую лучшим мировым образцам. Качество и стремление учитывать в выпускаемой технике пожелания и требования каждого заказчика позволяют нам предлагать на рынке ту продукцию, которая на сегодня отмечена многочисленными престижными наградами на международных выставках и успешно реализуется на многих предприятиях.

ЧАО «НКМЗ» – это мир уникальных возможностей для Вас. Наша деятельность – это индивидуальное решение, направленное на удовлетворение потребностей заказчика наиболее эффективным способом.

Мы открыты и готовы к сотрудничеству с Вами.

Новоκραматорский машиностроительный завод
84305, г. Краматорск, Донецкая обл., Украина
+38 (0626) 478977
ztm@nkmz.donetsk.ua
www.nkmz.com

Код МРНТИ 52.13.19

Е.Х. Абен¹, Н. Хайруллаев¹, С.С. Мырзахметов¹, С.А. Юсупова²¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева» (г. Алматы, Казахстан)

ВЛИЯНИЕ АКТИВАЦИИ КОМПОНЕНТОВ РАСТВОРА НА СОДЕРЖАНИЕ УРАНА В ПРОДУКТИВНОМ РАСТВОРЕ

Аннотация. В настоящее время существуют различные способы повышения эффективности подземного скважинного выщелачивания, однако они отличаются дороговизной и сложностью применения. Одно из решений этой задачи – механическая активация выщелачивающего раствора, суть которой заключается в структурных преобразованиях жидкости на микро- и нано-уровне с целью изменения ее физико-химических параметров, интенсификации массообменных и гидромеханических процессов. С целью определения влияния механической активации выщелачивающего раствора на показатели подземного скважинного выщелачивания урана были проведены лабораторные исследования и доказано, что в промышленных условиях нет необходимости проводить механическую активацию всего выщелачивающего раствора, следует ограничиться только активацией доукрепляющей концентрированной серной кислоты.

Ключевые слова: уран, активация, выщелачивающий раствор, продуктивный раствор, серная кислота, время реакции, содержание урана.

Ерітінді компоненттерді белсендіру, сілтілеу өнімді ерітіндідегі уран құрамына әсері

Андатпа. Қазіргі уақытта жерасты ұнғымамен сілтілеу тиімділігін арттырудың әртүрлі тәсілдері бар, бірақ бұл әдістер қымбат, оларды қолданудың күрделілігімен ерекшеленеді. Жерасты ұнғымамен сілтілеу арттыру жолдарының бірі сілтісіздендіру ерітіндісін механикалық белсендіру болып табылады. Ерітіндінің механикалық белсендіруінің мәні оның физико-химиялық параметрлерін өзгерту, масса алмасу және гидромеханикалық процестерді күшейту мақсатында микро және нано деңгейдегі сұйықтықтың құрылымдық түрленуінде жатыр. Сілтілеу ерітіндісін механикалық активтенуінің уранның жерасты ұнғымамен сілтілеу көрсеткіштеріне әсерін анықтау мақсатында зертханалық зерттеулер жүргізілді және өнеркәсіптік жағдайларда барлық шаймалау ерітіндісін механикалық белсендіруді жүргізудің қажеті жоқ екендігі дәлелденді, тек нығайтатын концентрацияланған күкірт қышқылын белсендірумен шектелу керек.

Түйінді сөздер: уран, белсендіру, сілтілеу ерітіндісі, өнімді ерітінді, күкірт қышқылы, реакция уақыты, уран мөлшері.

Effect of activation of solution components on the uranium content in the productive solution

Abstract. Currently, there are various ways to improve the efficiency of in-situ leaching, but these methods are expensive and difficult to use. One of the ways to increase the in-situ leaching is the mechanical activation of the leach solution. The essence of the mechanical activation of the solution lies in the structural transformations of the liquid at the micro- and nano-level in order to change its physical and chemical parameters, to intensify the mass transfer and hydromechanical processes. In order to determine the effect of the mechanical activation of the leaching solution on the parameters of in-situ leaching of uranium, laboratory studies were carried out and it was proved that in industrial conditions there is no need to carry out mechanical activation of the entire leaching solution, it should be limited only to the activation of reinforcing concentrated sulfuric acid.

Key words: uranium, activation, leaching solution, productive solution, sulfuric acid, reaction time, uranium content, efficiency, mechanical activation, physical and chemical parameters.

Введение

Уникальной особенностью урановых запасов Республики Казахстан является то, что 75% из них сосредоточено на месторождениях, связанных с региональными зонами пластового окисления. Этот тип месторождений не имеет широкого распространения в мире и разрабатывается наиболее прогрессивным, относительно дешевым и экологически предпочтительным способом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ)¹ [1-3].

Потребность в уране из года в год возрастает, вместе с тем, соотношение спроса и предложения урана на мировом рынке за 2002-2015 гг. и прогноз до 2025 г. показывают, что нехватка урана в мире составит около 20 тыс. т. Несмотря на это, на рынке урана наблюдается снижение его цены. Так, если в 2010-2011 г. килограмм урана стоил 110 долл. США, то в настоящее время цена упала до 60 долл. США [4]. Поэтому стоит острая задача повышения эффективности и снижения себестоимости добычи урана на действующих предприятиях.

В настоящее время существуют различные способы повышения эффективности ПСВ, выполнен огромный объем лабораторных и натуральных исследований процесса на рудах целого ряда месторождений в разных странах. Анализ различных способов интенсификации выщелачивания показывает, что все они ускоряют процесс и повышают степень извлечения полезного компонента в несколько раз. Однако, эти способы отличаются дороговизной и сложностью их применения [5-9], поэтому была предложена технология механической активации выщелачивающего раствора² [10].

Суть механической активации раствора заключается в структурных преобразованиях жидкости на микро- и нано уровне с целью изменения ее физико-химических параметров, интенсификации массообменных и гидромеханических процессов, при этом энергии низкой концентрации преобразовываются в энергию высокой локальной концентрации в неустойчивых точках структуры вещества.

¹Boytsov A. Worldwide ISL Uranium Mining Outlook: presentation. // Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014). – Vienna: IAEA, 2014 (23-27 June). – 23 p.

²Пастухов А.М. Применение искусственных окислителей для интенсификации процесса подземного выщелачивания урана. / Заключительный отчет о НИР. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 34 с. URL: <http://hdl.handle.net/10995/21454> (дата обращения: 31.03.2021).

Таблица 1

Изменение во времени содержания полезного компонента в выщелачивающем растворе (C, мг/л) для исходного раствора и для раствора, в котором вода предварительно активирована в течение 5 минут

Кесте 1

Бастапқы ерітінді үшін және су 5 минут ішінде алдын ала белсендірілген ерітінді үшін сілтілендіруші ерітіндідегі (C, мг/л) пайдалы компонент құрамының уақыт бойынша өзгеруі

Table 1

Time change in the content of the useful component in the leaching solution (C, mg/l) for the initial solution and for the solution in which the water is pre-activated for 5 minutes

Параметры	Время реакции, мин				Состояние раствора
	5	10	20	30	
C, мг/л	4,27	4,28	4,53	4,58	Исходный раствор
	4,16	4,29	4,41	4,63	После активации
	4,18	4,25	4,51	4,71	Через два часа после активации

Методика проведения лабораторных исследований

С целью определения влияния механической активации выщелачивающего раствора на показатели ПСВ урана лабораторные исследования были проведены на установке, которая состоит из двигателя, пропеллерной мешалки и емкости для раствора.

Заранее приготовленный раствор серной кислоты с концентрацией 10 г/л в объеме 150 мл помещали в термостатированный стакан с температурой реакции, опускали мешалку и в течение 7-10 минут доводили раствор с комнатной до необходимой температуры, затем в раствор помещали навеску ядерного материала и через определенные промежутки времени отбирали раствор на анализ.

В процессе исследования влияния активации на активность выщелачивающего раствора возникли вопросы: что именно является основной причиной

изменения активности реагента, необходимо ли активировать весь выщелачивающий раствор, так как это требует значительных материальных затрат. Особенно остро этот вопрос возник после явного разложения под действием активации серной кислоты.

С целью определения реального действия активации был проведен эксперимент: по обычной технологии из воды и серной кислоты готовили выщелачивающий раствор и проверяли по обычной методике его активность. Второй раствор готовили с водой, предварительно активированной в течение 5 минут. Исследования были проведены на растворах с содержанием кислоты 10 г/л.

Результаты и их обсуждение

Результаты этих исследований приведены в табл. 1. Здесь видно, что при выщелачивании с базовым раствором и с течением времени выщелачивания содержание урана повышается с 4,27 мг/л до 4,58 мг/л,

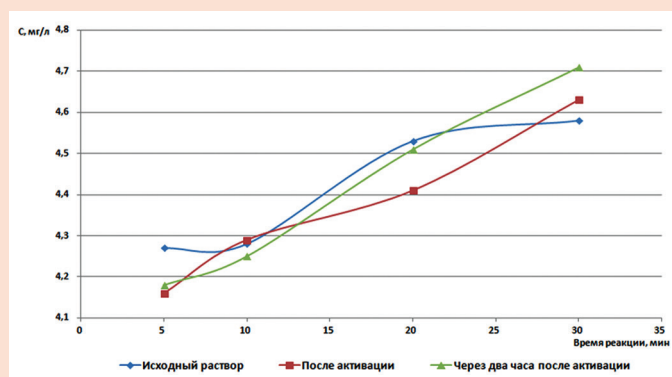


Рис. 1. Изменение содержания урана в выщелачивающем растворе в зависимости от времени реакции и выдержки раствора во времени после активации только воды в течение 5 мин.

Сурет 1. Реакция уақытына және тек суды белсендіргеннен, ерітіндісі, қосқаннан кейін 5 минут ішінде ерітіндінің эсеріне байланысты сілтіленген ерітіндідегі уран құрамының өзгеруі. Figure 1. The change in the uranium content in the leaching solution depending on the reaction time and the holding time of the solution in the time after the activation of water only for 5 minutes.

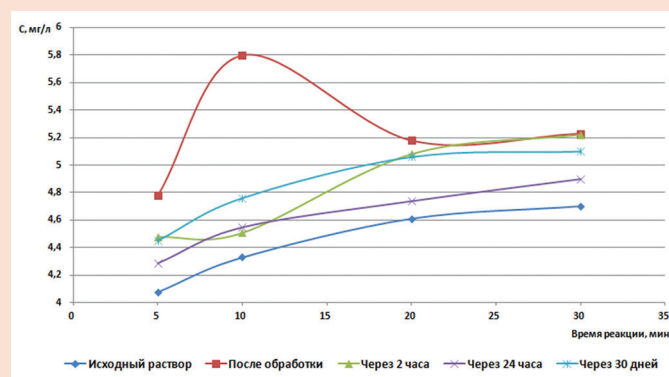


Рис. 2. Изменение содержания урана в выщелачивающем растворе в зависимости от времени реакции и выдержки раствора во времени после активации кислоты в течение 5 мин.

Сурет 2. Сілтілеу уақытына және қышқылды 5 минут активтендіргеннен кейін сілтіленген ерітіндідегі уран құрамының өзгеруі. Figure 2. The change in the uranium content in the leaching solution depending on the reaction time and the holding time of the solution in the time after the activation of the acid for 5 minutes.

Таблица 2

Изменение во времени содержания полезного компонента в выщелачивающем растворе (С, мг/л) для исходного раствора и для раствора, в котором кислота предварительно активирована в течение 5 минут

Кесте 2

Бастапқы ерітінді үшін және қышқыл 5 минут ішінде алдын ала белсендірілген ерітінді үшін сілтіленген ерітіндідегі (С, мг/л) пайдалы компонент құрамының уақыт бойынша өзгеруі

Table 2

The time change in the content of the useful component in the leaching solution (C, mg/l) for the initial solution and for the solution in which the acid is pre-activated for 5 minutes

Параметры	Время реакции, мин				Состояние раствора
	5	10	20	30	
С, мг/л	4,08	4,33	4,61	4,70	Исходный раствор
	4,78	5,80	5,18	5,23	После обработки
	4,48	4,51	5,08	5,22	Через 2 часа
	4,29	4,55	4,74	4,90	Через 24 часа
	4,45	4,76	5,06	5,1	Через 30 дней

то при активации только воды, вначале наблюдается снижение содержания урана, по сравнению с базовым раствором, с 4,27 мг/л до 4,16 мг/л. После выдержки раствора в течение 2 ч его активность восстанавливается, приближаясь по значениям к свойствам исходного раствора. После обработки данных лабораторных работ получены сравнительные зависимости содержания урана в растворе от времени реакции с базовым и активированным растворами (рис. 1).

Однако, учитывая большой объем подаваемого выщелачивающего раствора в промышленных условиях, что требует значительных энергетических затрат для механической его активации, нами были проведены исследования возможности активации только концентрированной серной кислоты, используемой для доукрепления маточного раствора.

В установку залили около 1,5 л кислоты и провели обработку в течение 5 минут. Затем из активированной кислоты приготовили раствор с содержанием 10 г/л и проверили его активность при выщелачивании. Результаты сравнили с таким же экспериментом, но без предварительной активации кислоты. Результаты исследования изменения активности выщелачивающего раствора представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Из анализа данных таблицы следует, что при выщелачивании с базовым раствором и с увеличением

времени выщелачивания до 30 минут наблюдается повышение содержания урана в растворе с 4,08 мг/л до 4,70 мг/л, а при выщелачивании активированным раствором сразу после активации соответственно наблюдается повышение содержания с 4,78 мг/л до 5,23 мг/л. Проведенная активация раствора за 5 минут привела к первичному увеличению выщелачивания на 17%.

Ожидавшегося значительного уменьшения активности раствора после выдержки его во времени не произошло. Данные, представленные в табл. 2, показывают, что наибольшие изменения в содержании урана в растворе наблюдаются при времени выщелачивания 5 минут, а затем эта разность снижается. В процессе активации раствора имело место некоторое выделение сернистого газа, которое не было нами специально отмечено.

Заключение

Сравнение результатов измерений содержания урана в растворах при активации только воды и только серной кислоты показало, что активность увеличилась на 14%. Следовательно, в промышленных условиях нет необходимости проводить механическую активацию всего выщелачивающего раствора, следует ограничиться только активацией доукрепляющей концентрированной серной кислоты. Это резко снижает энергетические затраты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Суходолов А.П. Мировые запасы урана: перспективы сырьевого обеспечения атомной энергетики. // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2010. – №4(72). – С. 166-169. (на русском языке)
2. Никулин А.А. Перспективы мирового рынка урана в контексте новых тенденций развития ядерной энергетики. // Проблемы национальной стратегии. – 2013. – №2. – С. 104-122. (на русском языке)
3. Шаталов В.В., Тарханов А.В. Современное состояние мировой и российской минерально-сырьевой базы урана. // Атомная энергетика. – 2009. – Т. 107. – №5. – С. 258-262. (на русском языке)
4. Назарова З.М., Овсейчук В.А., Лементя О.Ю. Рынок урана: современное состояние, проблемы и перспективы его развития. // Проблемы современной экономики. – 2016. – №2. – С. 159-162. (на русском языке)

5. Пирматов Э.А., Дюсамбаев С.А., Дуйсебаев Б.О., Жатканбаев Е.Е., Вятченникова Л.С., Садырбаева Г. А. Перспективы подземного скважинного выщелачивания урана на месторождении Семизбай. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – №11. – С. 246-254. (на русском языке)
6. Юсупов Х.А., Джакупов Д. Исследование применения бифторида аммония для химической обработки скважин. – М.: Горный журнал, 2017. – №4. – С. 57-59. (на русском языке)
7. Shen N., Li J., Guo Y., Li X. Термодинамическое моделирование подземного скважинного выщелачивания урановых минералов типа песчаника. // Журнал химических и технических исследований. – 2020. – Т. 65. – Вып. 4. – С. 2017-2031. (на английском языке)
8. Монгуш Г.Р. Применение биотехнологии для переработки месторождений полезных ископаемых Тувы. // Новые исследования Тувы. – 2010. – №1. – С. 228-242. (на русском языке)
9. Aben E., MarkenbayevZh., Khairullaev N., Myrzakhetov S., Aben Kh. Исследование изменения активности выщелачивающего раствора после обработки кавитатором. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2019. – №13(4). – С. 114-120. (на английском языке)
10. Абен Е.Х., Рустемов С.Т., Бахмагамбетова Г.Б., Ахметханов Д. Повышение извлечения металла на основе активации выщелачивающего раствора. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – №12. – С. 169-179. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Уранның әлемдік қорлары: атом энергетикасын шикізатпен қамтамасыз ету перспективалары. // Жаңалықтар Иркутск мемлекеттік экономикалық академиясы. – 2010. – №4(72). – Б. 166-169. (орыс тілінде)
2. Никулин А.А. Ядролық энергетиканы дамытудың жаңа үрдістері контекстіндегі әлемдік уран нарығының перспективалары. // Ұлттық стратегия проблемалары. – 2013. – №2. – Б. 104-122. (орыс тілінде)
3. Шаталов В.В., Тарханов А.А. Уранның әлемдік және ресейлік минералдық-шикізат базасының қазіргі жай-күйі. // Атом энергетикасы. – 2009. – Т. 107. – №5. – Б. 258-262. (орыс тілінде)
4. Назарова З.М., Овсейчук В.А., Лемент О.Ю. Уран нарығы: қазіргі жай-күйі, оның даму проблемалары мен перспективалары. // Қазіргі заманғы экономика проблемалары. – 2016. – №2. – Б. 159-162. (орыс тілінде)
5. Пирматов Э.А., Дюсембаев С.А., Дуйсебаев Б.О., Жатканбаев Е.Е., Вяткенникова Л.С., Садырбаева Г. А. Семізбай кен орнында уранды жерасты ұңғымалық шаймалау перспективалары. // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетені. – 2006. – №11. – Б. 246-254. (орыс тілінде)
6. Юсупов Х.А., Джакупов Д. Ұңғымаларды химиялық өңдеу үшін аммоний бифторидін қолдануды зерттеу. – М.: Тау-кен журналы, 2017. – №4. – Б. 57-59. (орыс тілінде)
7. Shen N., Li J., Guo Y., Li X. Жерасты ұңғымасын термодинамикалық модельдеу шаймалау уран минералдар үлгідегі құмтас. // Химия журналы және техникалық зерттеулер. – 2020. – Т. 65. – Шығ. 4. – Б. 2017-2031. (ағылшын тілінде)
8. Монгуш Г.Р. Туваның пайдалы қазбаларын өңдеу үшін биотехнологияны қолдану. // Туваның жаңа зерттеулері. – 2010. – №1. – Б. 228-242. (орыс тілінде)
9. Aben E., MarkenbayevZh., Khairullaev N., Myrzakhetov S., Aben Kh. Кавитатормен өңдегеннен кейін шаймалау ерітіндісінің белсенділігінің өзгеруін зерттеу. // Пайдалы қазбалар кен орындарын әзірлеу. – 2019. – №13(4). – Б. 114-120. (ағылшын тілінде)
10. Абен Е.Х., Рустемов С.Т., Бахмагамбетова Г.Б., Ахметханов Д. Сілтілендіруші ерітіндіні белсендіру негізінде металл алуды арттыру. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2019. – №(12). – Б. 169-179. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Sukhodolov A.P. Mirovye zapasy urana: perspektivy syr'evogo obespecheniya atomnoj e'nergetiki [World reserves of uranium: prospects for raw materials for nuclear energy]. // Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii = News of the Irkutsk State Economic Academy. – 2010. – №4(72). – P. 166-169. (in Russian)

2. Nikulin A.A. *Perspektivy mirovogo rynka urana v kontekste novyx tendencij razvitiya yadernoj e'nergetiki [Global uranium market prospects in the context of new trends in nuclear power development]. // Problemy nacional'noj strategii = Problems of the national strategy. – 2013. – №2. – P. 104-122. (in Russian)*
3. Shatalov V.V., Tarxanov A.V. *Sovremennoe sostoyanie mirovoj i rossijskoj mineral'no-syr'evoj bazy urana [The current state of the world and Russian mineral resource base of uranium]. // Atomnaya e'nergetika = Nuclear power engineering. – 2009. – Vol. 107. – №5. – P. 258-262. (in Russian)*
4. Nazarova Z.M., Ovsejchuk V.A., Lementa O.Yu. *Rynok urana: sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy ego razvitiya [The uranium market: the current state, problems and prospects of its development]. // Problemy sovremennoj e'konomiki = Problems of the modern economy. – 2016. – №2. – P. 159-162. (in Russian)*
5. Pirmatov E'.A., Dyusambaev S.A., Dujsebaev B.O., Zhatkanbaev E.E., Vyatchennikova L.S., Sadyrbaeva G. A. *Perspektivy podzemnogo skvazhinnogo vyshhelachivaniya urana na mestorozhdenii Semizbaj [Prospects for underground borehole leaching of uranium at the Semizbay field]. // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' = Mining Information and Analytical Bulletin. – 2006. – №11. – P. 246-254. (in Russian)*
6. Yusupov X.A., Dzhakupov D. *Issledovanie primeneniya biftorida ammoniya dlya ximicheskoy obrabotki skvazhin [Investigation of the use of ammonium bifluoride for chemical treatment of wells]. – M.: Gornyj zhurnal = Mining Journal, 2017. – №4. – P. 57-59. (in Russian)*
7. Shen N., Li J., Guo Y., Li X. *Thermodynamic modeling of in situ leaching of sandstone-type uranium minerals. // Journal of Chemical & Engineering. – 2020. – Vol. 65. – Iss. 4. – P. 2017-2031. (in English)*
8. Mongush G.R. *Primenenie biotexnologii dlya pererabotki mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh Tuvy [Application of biotechnology for processing mineral deposits of Tuva]. // Novye issledovaniya Tuvy = New studies of Tuva. – 2010. – №1. – P. 228-242. (in Russian)*
9. Aben E., Markenbayev Zh., Khairullaev N., Myrzakhmetov S., Aben Kh. *Study of change in the leaching solution activity after treatment with a cavitator. // Mining of Mineral Deposits. – 2019. – №13(4). – P. 114-120. (in English)*
10. Aben E.X., Rustemov S.T., Baxmagambetova G.B., Axmetxanov D. *Povyshenie izvlecheniya metalla na osnove aktivacii vyshhelachivayushhego rastvora [Increase in metal extraction based on activation of a leaching solution]. // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' = Mining Information and Analytical Bulletin. – 2019. – №12. – P. 169-179. (in Russian)*

Сведения об авторах:

Абен Е.Х., канд. техн. наук, ассистент-профессор кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), y.aben@satbayev.university; **ORCID** 0000-0001-8537-229X

Хайруллаев Н., докторант кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), khayrullaev.n@gmail.com; **ORCID** 0000-0001-9702-2430

Мырзахметов С.С., канд. техн. наук, сениор-лектор кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), myrzahmetov_s@mail.ru; **ORCID** 0000-0002-3233-2515

Юсупова С.А., канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Электроника и робототехника» Некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетика и связи им. Гумарбека Даукеева» (г. Алматы, Казахстан), s.yusupova@aues.kz; **ORCID** 0000-0002-0535-1606

Авторлар туралы мәліметтер:

Абен Е.Х., техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, «Тау-кен ісі» кафедрасының ассистент профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Хайруллаев Н., Satbayev University, «Тау-кен ісі» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Мырзахметов С.С., техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, «Тау-кен ісі» кафедрасының сениор-лекторы (Алматы қ., Қазақстан)

Юсупова С.А., техника ғылымдарының кандидаты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Электроника және робототехника» кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

Information about authors:

Aben E.Kh., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor at the Mining Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Khairullaev N., Doctoral Student at the Mining Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Myrzakhmetov S.S., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Mining Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Yusupova S.A., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Electronics and Robotics Department of the Non-Profit Joint-Stock Company «Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev» (Almaty, Kazakhstan)



Всероссийская научно-техническая конференция с участием иностранных специалистов “Цифровые технологии в горном деле”

Горный институт Кольского научного центра РАН
Апатиты, 16-18 июня 2021г.

Конференция является площадкой для обсуждения научных и практических достижений в цифровизации горного производства, включая вопросы импортозамещения.

Основные направления работы конференции:

- Цифровые технологии и компьютерное моделирование объектов и процессов горного производства для решения задач рациональной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых.
- Цифровые технологии в геомеханическом обеспечении горных работ.
- Цифровые технологии для решения задач повышения полноты и комплексности извлечения полезных ископаемых из рудного и техногенного минерального сырья.
- Цифровые технологии и компьютерное моделирование в решении экологических проблем горной отрасли.

Заявки на участие принимаются по электронной почте conf@goi.kolasc.net.ru

Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук
184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д. 24.
Факс: (81555) 74-625. Телефоны: (81555) 79-685, (81555) 79-567



Код МРНТИ 38.61.15

М.Е. Санатбеков¹, Г.Ж. Жолтаев¹, Н.А.Скнарина²¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Южный федеральный университет (г. Ростов-на-Дону, Россия)

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАЛХАШСКОЙ ВПАДИНЫ

Аннотация. В статье представлены сложные гидрогеологические условия и краткое описание современного формирования режима подземных вод в бассейне Балхаша. К настоящему времени эта тема достаточно хорошо изучена в результате среднemasштабных съемочных и гидрогеологических разведочных работ, выполненных различными гидрогеологическими экспедициями, поэтому характеристика гидрогеологических условий бассейна приводится в сжатом виде, достаточном для понимания дальнейшего содержания работы. Составлена гидрогеологическая карта Балхашского бассейна. Гидрогеологические условия Балхашского бассейна характеризуются сочетанием ряда гидрогеологических структур, которые выделяются на основе метода гидрогеологического районирования. Используются собранные и проанализированные материалы исследований по Балхашской впадине. Приведено описание происхождения и последовательность формирования подземных вод и особенностей их образования. Изучены литологический состав водоносного горизонта, коэффициенты фильтрации водных пород, дебиты скважин, минерализация и химический состав подземных вод. Описывается процесс окончательного формирования подземных вод в Прибалхашской впадине.

Ключевые слова: гидрогеологические условия, гидрогеологическое районирование, водоносный горизонт, структурный этаж, гидрогеологическая карта, осадочный бассейн, грунтовые воды, подземные воды, Балхашская впадина, напорные воды.

Балқаш ойпатының гидрогеологиялық жағдайлары және жер асты сулары режимінің қалыптасуы

Аннотация. Мақалада күрделі гидрогеологиялық жағдайлар және Балқаш бассейніндегі жер асты суларының қазіргі қалыптасу режимінің қысқаша сипаттамасы берілген. Қазіргі уақытта бұл тақырып әртүрлі гидрогеологиялық экспедициялар жүргізген орташа масштабы түсіру және гидрогеологиялық барлау жұмыстарының нәтижесінде жақсы зерттелген, сондықтан бассейнің гидрогеологиялық жағдайларының сипаттамасы жұмыстың одан әрі мазмұнын түсіну үшін жеткілікті түрде қысқартылған түрде берілген. Балқаш бассейнінің гидрогеологиялық картасы жасалды. Балқаш бассейнінің гидрогеологиялық жағдайлары гидрогеологиялық аудандастыру әдісі негізінде ерекшеленетін бірқатар гидрогеологиялық құрылымдардың үйлесімімен сипатталады. Балқаш ойпаты бойынша жиналған және талданған зерттеу материалдары пайдаланылды. Жер асты суларының пайда болуы мен реттілігі және олардың пайда болу ерекшеліктері сипатталған. Сулы қабаттың литологиялық құрамы, су жыныстарын сүзу коэффициенттері, ұңғымалардың дебиттері, жер асты суларының минералдануы және химиялық құрамы зерттелді. Балқаш маңы ойпатында жер асты суларының түпкілікті қалыптасу процесі сипатталады.

Түйінді сөздер: гидрогеологиялық жағдайлар, гидрогеологиялық аудандастыру, сулы горизонт, құрылымдық қабат, гидрогеологиялық карта, шөгінді бассейн, грунтты сулар, жер асты сулары, Балқаш ойпаты, шектеулі сулар.

Hydrogeological conditions and formation of the groundwater regime in the Balkhash depression

Abstract. The article presents complex hydrogeological conditions and a brief description of the current formation of the underground water regime in the Balkhash basin. To date, this topic has been sufficiently well studied as a result of medium-scale survey and hydrogeological exploration work carried out by various hydrogeological expeditions, so the characteristics of the hydrogeological conditions of the basin are given in a concise form, sufficient to understand the further content of the work. A hydrogeological map of the Balkhash basin has been compiled. Hydrogeological conditions of the Balkhash basin are characterized by a combination of a number of hydrogeological structures, which are distinguished on the basis of the method of hydrogeological zoning. The collected and analyzed research materials on the Balkhash depression were used. The description of the origin and sequence of formation of underground waters and the features of their formation is given. The lithological composition of the aquifer, filtration coefficients of water rocks, well flow rates, mineralization and chemical composition of underground water were studied. The process of final formation of underground waters in the Balkhash basin is described.

Key words: hydrogeological conditions, hydrogeological zoning, aquifer, structural floor, hydrogeological map, sedimentary basin, groundwater, Balkhash depression, confined waters.

Введение

Прибалхашский бассейн пластовых напорных вод (VIII-4 А) состоит из двух: Южно-Прибалхашского и Восточно-Прибалхашского, различающихся структурой гидрогеологической системы, зональностью подземных вод, темпами водообмена, закономерностями формирования подземных вод¹.

Южно-Прибалхашский бассейн приурочен к одноименной впадине, представляющей собой синеклизу, выполненную породами раннеальпийского структурного этажа. Гидрогеологическая система бассейна развивается, начиная с юрского периода, структура его включает водоносные, локально водоносные, локально водоупорные и водоупорные юрские аллювиальные, аллювиально-озерные, дельтовые и кайнозойские аллювиальные, аллювиально-пролювиальные, озерно-аллювиальные и озерные комплексы и горизонты общей мощностью² до 1200 м.

Общие сведения

Восточно-Прибалхашский бассейн приурочен к кайнозойскому Преджунгарскому прогибу и Лепсинской (Саратовской) впадине. Гидрогеологическая система его развивается с палеоцена, структура ее включает водоносные, локально водоносные, локально водоупорные, водоупорные кайнозойские аллювиально-пролювиальные, аллювиальные и озерно-аллювиальные комплексы и горизонты общей мощностью до 1700 м.

В пределах Южно-Прибалхашского бассейна выделяются Таукумская, Сарыесик-Атырауская, Люккумская, Талдыкорганская, Древнедельтовая, Современно-дельтовая, Илийская и Каратальская группы бассейнов регионального стока безнапорных и безнапорно-субнапорных вод. В пределах Восточно-Прибалхашского бассейна выделяются Придунгарская (конусов выноса и предгорных равнин), Жаманжолская, Аксу-Лепсинская, Южно-Арганатинская, долин рек Аксу-Лепсы

¹Сыдыков Ж.С., Шлыгина В.Ф. Подземные воды Казахстана. Структура гидрогеологической основы и систематика. – Алматы: Гылым, 1998. – 346 с.

²Зекер И.С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. – М.: Наука, 1997. – 174 с.

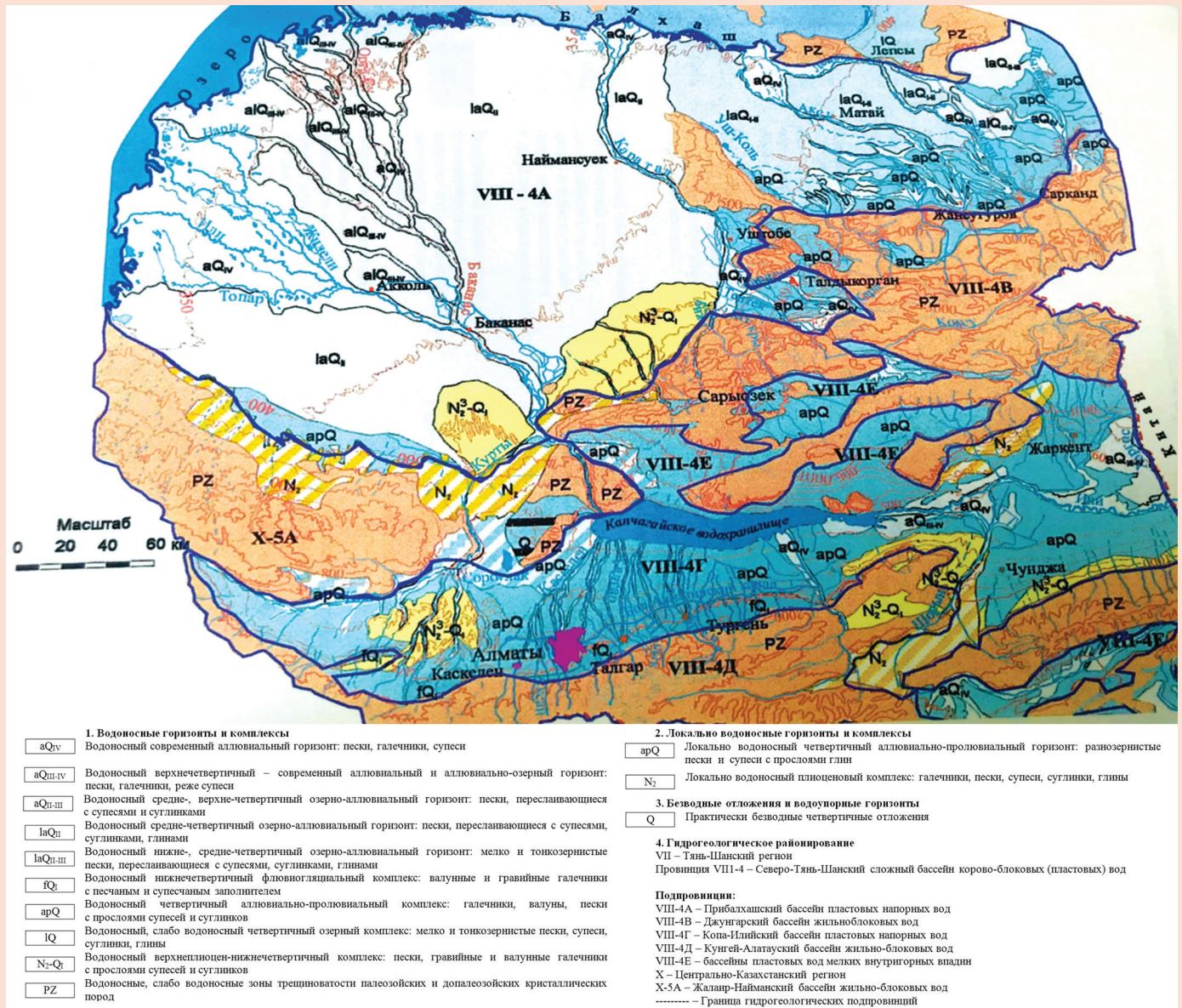


Рис. 1. Гидрогеологическая карта Или-Балхашского бассейна. Сурет 1. Іле-Балқаш бассейнінің гидрогеологиялық картасы. Figure 1. Hydrogeological map of the Ili-Balkhash basin.

группы бассейнов регионального стока безнапорных и безнапорно-субнапорных вод^{3,4} (рис. 2) [1].

В верхнем течении р. Каратал, Тентек, Коксу, Лепсы, Аксу, а также в Талдыкорганской впадине в литологическом составе водоносного горизонта преобладают валунно-галечники и галечники с песчаным заполнителем, с прослоями и линзами супесей, суглинков, реже глин. Мощность горизонта в этой части изменяется от 6 м до 43 м. Глубина залегания грунтовых вод – 0,5-5 м. Характерно увеличение глубин уровня грунтовых вод по мере удаления от русла реки к бортам долины. В дельте рек Или, Каратал, Аксу и Лепсы грунтовые воды часто расположены близко (до 1 м) к дневной поверхности.

В верхнем течении рек коэффициенты фильтрации водовмещающих пород составляют 20-60 м/сут и соответственно дебиты скважин от 15 л/с до 100 л/с при понижении уровня воды на 8-20 м. В дельтовых частях рек Каратал, Или, Аксу и Лепсы дебиты по скважинам⁵ составляют всего 0,2-2,5 л/с при понижении уровня воды на 3,0-7,0 м.

Подземные воды комплекса преимущественно пресные, гидрокарбонатные кальциевые, реже натриевые, I и II типа с минерализацией 0,3-1,0 г/л. В дельтовой части долин рек наблюдается увеличение минерализации подземных вод между протоками до 59 г/л при хлоридном натриевом составе. Отмечается также увеличение минерализации подземных вод по мере удаления

³Балхашский сегмент. Подземные воды. / Под. ред. Ж.С. Сыдыкова. – Алма-Ата: Гылым, 1992. – 234 с.

⁴Островский В.Н. Формирование подземных вод в аридных районах Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 227 с.

⁵Смоляр В.А. Формирование ресурсов подземных вод Балхашской впадины и их рациональное использование. / Автореф. дисс... канд. геол.-минерал. наук. – Алма-Ата, 1989. – 25 с.

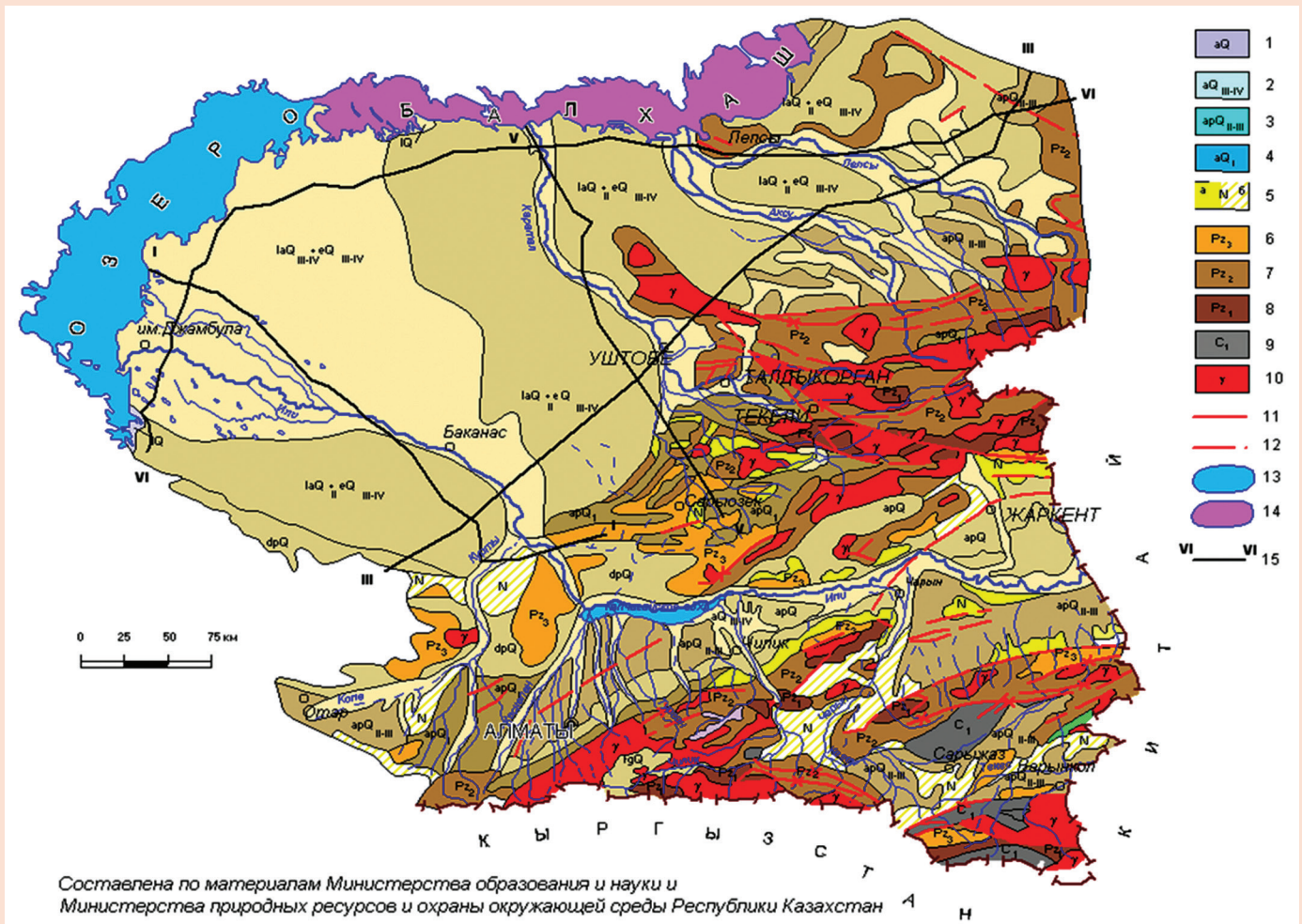


Рис. 2. Схематическая гидрогеологическая карта Балхашского бассейна.

Сурет 2. Балқаш бассейнінің схемалық гидрогеологиялық картасы.

Figure 2. Schematic hydrogeological map of the Balkhash basin.

от русел рек к бортам долины до 2,5 г/л. Химический состав подземных вод здесь сульфатно-гидрокарбонатный, первого, реже второго типа [2].

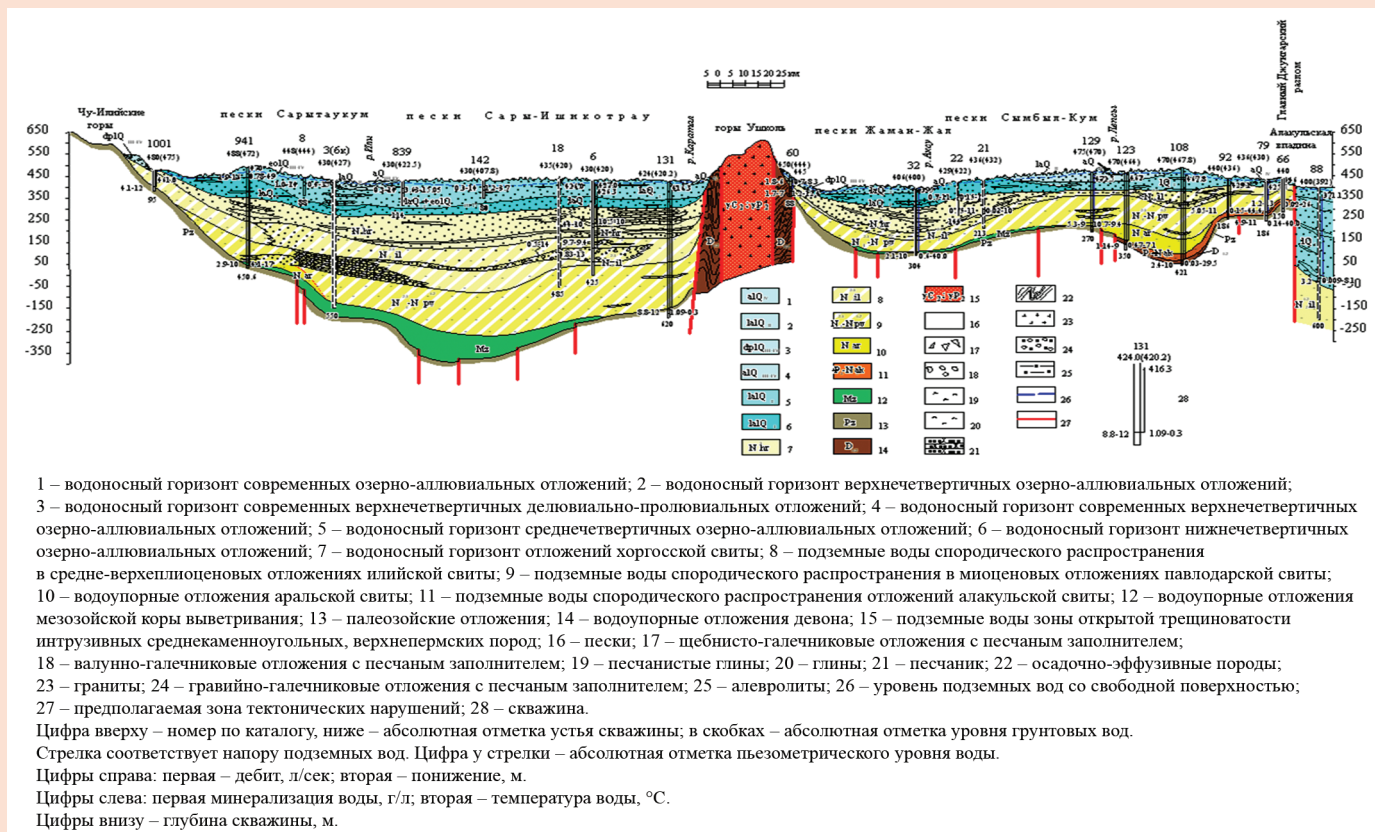
Водоносный верхнечетвертичный современный аллювиальный горизонт (AIQIII-IV) широко распространен в древней дельте р. Или. Представлен горизонт в основном средне- и мелкозернистыми песками с прослоями супесей, суглинков и глин. Зона аэрации сложена на большей площади горизонта суглинками. Мощность горизонта – до 20 м. Уровень грунтовых вод залегает на глубинах 4-10 м и более. В положении зеркала грунтовых вод отмечается уровенная депрессия с центром приблизительно в 30 км от оз. Балхаш. Природа этого явления объяснена позднее О.В. Подольным⁶. Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород – 1-5 м/сутки; дебиты скважин не превышают 2 л/с при понижениях до 10 м.

Водоносный средне-верхнечетвертичный озерно-аллювиальный горизонт (IaQII-III) распространен к юго-востоку от г. Арғанаты в Восточно-Прибалхашском бассейне. Водовмещающие породы – пески, переслаивающиеся с суглинками и супесями; мощность горизонта –

до 20 м. Уровень грунтовых вод залегает на глубинах до 5 м; водообильность скважин – до 2,5 л/с при понижении 7,5 м; воды пресные и слабосоленоватые гидрокарбонатно-сульфатные, кальциево-магниевого II типа.

В предгорной зоне Южно-Прибалхашского бассейна в составе водовмещающих пород преобладают гравийно-галечники, крупно-, реже мелкозернистые пески с прослоями супесей и суглинков. С удалением от юго-восточного обрамления бассейна на север и северо-запад отмечается уменьшение обломочного материала. В разрезе начинают преобладать мелко- и тонкозернистые пески, иногда фациально переходящие в супеси и суглинки. Наблюдается увеличение количества глинистых прослоев. Непосредственно по побережью оз. Балхаш мощность глин значительно преобладает над мощностью водосодержащих пород. Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород в юго-восточной части Прибалхашского бассейна (гравийно-галечники и крупнозернистые пески) составляют от 5-10 м/сут. до 13-22 м/сут. Мелко и тонкозернистые пески характеризуются коэффициентами фильтрации 1,8-5,0 м/сут. Подземные воды комплекса имеют свободную

⁶Подольный О.В. Подземные воды как компонент экосистем аридной зоны в условиях техногенеза. / Автореф. дисс... д-ра геол.-минерал. наук. – Ташкент, 1991. – 44 с.



**Рис. 3. Гидрогеологический разрез по линии III-III.
Сурет 3. III-III сызығы бойынша гидрогеологиялық қима.
Figure 3. Hydrogeological section along the line III-III.**

поверхность. Глубина залегания их зависит от форм рельефа. В межгрядовых и межбугристых понижениях они вскрываются на глубине от 3-5 м (южное побережье оз. Балхаш), 10-18 м (пески Сарыесик-Атырау) и до 50-70 м (пески Таукум, Жуанкум). Водообильность горизонта неравномерна по площади и находится в прямой зависимости от гранулометрического состава водовмещающих пород. В юго-восточной части Южно-Прибалхашского бассейна дебиты скважин достигают 40-66 л/с при понижении уровня воды на 10-15 м. В центральной части песчаного массива Сарыесик-Атырау дебиты скважин изменяются от 3,0 л/с до 20 л/с при понижениях уровня на 8,0-15,0 м. В юго-западной части Южно-Прибалхашского и в Прибалхашском бассейне⁷ дебиты скважин уменьшаются до 0,2-0,4 л/с при понижениях на 1,9-2,8 м, редко достигая 2,4-5,0 л/с при понижениях уровня воды на 5,7-16,3 м. Дебиты по колодцам⁷ обычно не превышают 0,2-0,6, реже 1,5 л/с при понижениях уровня воды на 0,3-0,5 м.

Подземные воды горизонта преимущественно пресные и слабосоленоватые, реже соленые. Минерализация и химический состав грунтовых вод закономерно изменяются по мере движения регионального потока с юго-востока на северо-запад бассейна. В юго-восточной части его подземные воды горизонта пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые II типа, гидрокарбонатно-сульфатные магниевые-натриевые I типа,

гидрокарбонатные кальциевые II типа. В центральной части песков Сарыесик-Атырау (в междуречье Или-Каратал) грунтовые воды увеличивают свою минерализацию до 3,0-10 г/л, по химическому составу они гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные натриевые, сульфатно-хлоридные магниевые-натриевые и сульфатно-хлоридные натриевые второго, реже первого типа. У южного побережья оз. Балхаш грунтовые воды становятся солеными (минерализация от 10,0 г/л до 30,0 г/л) преимущественно сульфатно-хлоридного натриевого и сульфатно-хлоридного магниевые-натриевого состава II и III типов. На отдельных участках минерализация возрастает до 70 г/л, воды имеют сульфатно-хлоридный натриевый II типа состав.

Результаты

В Южно-Прибалхашском бассейне четвертичные, преимущественно верхнечетвертичные-современные аллювиально-пролювиальные отложения распространены на предгорной равнине Шу-Илийских гор.

Аллювиально-пролювиальные отложения сложены гравийно-галечниками, песками с супесью и с прослоями глин и суглинков (рис. 3) [4]. Общая мощность их не превышает 30 м. Подземные воды здесь вскрываются на различных глубинах от поверхности земли от 2-5 м до 20 м. На отдельных участках возможно вскрытие подземных вод с местным напором. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубине 5-10 м.

⁷Ахмедсафин У.М. Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана. -Изд-во АН КазССР, 1951-267 с.

Дебиты скважин составляют 0,5-10 л/с при понижении уровня воды на 5-15 м. Коэффициенты фильтрации для галечников и крупнозернистых песков составляют 5-10 м/сут., реже 12-15 м/сут., для мелкозернистых песков до 5-7 м/сут., для супесей 0,5-2,0 м/сут. Минерализация подземных вод изменяется от 3-5 г/л до 5-10 г/л, по химическому составу они преимущественно хлоридно-сульфатные, реже сульфатные натриевые или магниевые-натриевые II типа.

Изменчивость гранулометрического состава и мощности водосодержащих пород определяет фильтрационные свойства и водопроницаемость комплекса. Наибольшие величины водопроницаемости пород отмечаются в Талдыкорганской и юго-восточной части Баканасской впадины, где величины их достигают 500-800 м и 800-1000 м²/сут., а коэффициенты фильтрации пород 5-20 м/сут. Далее на север с уменьшением зернистости водосодержащих пород их фильтрационные свойства ухудшаются и водопроницаемость понижается до 100-200 м²/сут. и 50-100 м²/сут. в мелко- и тонкозернистых песках.

Заключение

Вдоль побережья оз. Балхаш в связи с резким сокращением мощности водовмещающих пород, а также преобладанием в литологическом составе тонкозернистых,

часто глинистых песков водопроницаемость менее 50 м/сут. при коэффициентах фильтрации пород от 0,2 м/сут до 2,0 м/сут.

Минерализация подземных вод изменяется от 0,2 г/л до 71,4 г/л. В юго-восточной части артезианского бассейна распространены преимущественно пресные с минерализацией 0,2-0,4 г/л гидрокарбонатные кальциевые воды II типа. В северо-западном и северном направлениях минерализация подземных вод возрастает до 1 г/л. По химическому составу они становятся гидрокарбонатными натриевыми и сульфатно-гидрокарбонатными натриевыми I типа, а также гидрокарбонатно-сульфатными натриевыми и кальциевыми II типа. Очень редко встречаются воды хлоридно-гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-хлоридного кальциево-магниевого состава II, реже III типа⁸. Далее по направлению регионального потока подземные воды увеличивают соленость до 1 г/л. По химическому составу это преимущественно хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные натриевые, реже магниевые-натриевые воды II типа. Очень редко встречаются воды гидрокарбонатные натриевые I типа. У южного побережья оз. Балхаш доминируют подземные воды с минерализацией 10-15 г/л и более 30 г/л. По химическому составу они сульфатно-хлоридные натриевые и магниевые-натриевые воды II типа.

⁸Зверев В.П. Подземная гидросфера. Проблемы фундаментальной гидрогеологии. – Москва: Научный мир, 2011. – 260 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ахмедсафин У.М., Джабасов М.Х., Ошлаков Г.Г. Южно-Прибалхашский артезианский бассейн. // В кн.: *Формирование и гидродинамика артезианских вод Южного Казахстана*. – Алма-Ата: Наука, 1973. – С.18-22. (на русском языке)
2. Шлыгина В.Ф. Формирование подземных вод конусов выноса на предгорной равнине Заилийского Алатау. // В кн.: *Формирование подземных вод Казахстана*. – Алма-Ата: Наука, 1965. – С. 149-153. (на русском языке)
3. Семенчук А.В. Изучение закономерности формирования подземных вод юго-западной части Калининградского полуострова в условиях их эксплуатации водозаборами подземных вод. // *Материалы XV Всероссийской научной конференции с международным участием «Вузовская наука – региону»*. / Мин-во обр. и науки РФ. – Вологда: ВоГУ, 2017. – С. 317-319. (на русском языке)
4. Семенчук А.В. Оценка условий защищенности подземных вод Северо-Петербургской площади Карельского перешейка. // *Сергеевские чтения*. – Москва: РУДН, 2014. – Вып. XVI. – С. 477-483. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ахмедсафин У.М., Джабасов М.Х., Ошлаков Г.Г. Оңтүстік Балқаш артезиан алабы. // *Кітапта: Оңтүстік Қазақстанның артезиан суларының қалыптасуы және гидродинамикасы*. – Алма-Ата: Ғылым, 1973. – Б. 18-22. (орыс тілінде)
2. Шлыгина В.Ф. Іле Алатауының тау бөктеріндегі жазықтықта жерасты суларының пайда болуы. // *Кітапта: Қазақстанда жер асты суларының қалыптасуы*. – Алма-Ата: Ғылым, 1965. – Б. 149-153. (орыс тілінде)
3. Семенчук А.В. Калининград түбегінің оңтүстік-батыс бөлігінде жер асты суларының пайда болу заңдылықтарын олардың жер асты суларымен жұмыс істеу жағдайында зерттеу. // *Өңірлік университеттік ғылымның халықаралық қатысуымен өтетін XV Бүкілресейлік ғылыми конференция материалдары. / Ресей Федерациясының ғылымы*. – Вологда: ВоГУ, 2017. – Б. 317-319. (орыс тілінде)
4. Семенчук А.В. Карелия Истмусының Солтүстік-Петербург аймағындағы жер асты суларын қорғау жағдайларын бағалау. // *Сергеев оқулары*. – Москва: Ресей халықтар достығы университеті, 2014. – Шығ. XVI. – Б. 477-483. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Akhmedsafin U.M., Dzhabasov M.Kh., Oshlakov G.G. Yuzhno-Pribalxashskij artezijskij bassejn. // V kn.: Formirovanie i gidrodinamika artezijskix vod Yuzhnogo Kazaxstana [South Balkhash artesian basin]. // In the book: Formirovanie i gidrodinamika artezijskix vod Yuzhnogo Kazaxstana = Formation and hydrodynamics of artesian waters of Southern Kazakhstan. – Alma-Ata: Nauka = Science, 1973. – P. 18-22. (in Russian)
2. Shlygina V.F. Formirovanie podzemnyx vod konusov vynosa na predgornoj ravnine Zailijskogo Alatau [Formation of groundwater fans on the foothill plain of the Zailiyskiy Alatau]. // In the book: Formirovanie podzemnyx vod Kazaxstana = Formation of groundwater in Kazakhstan. – Alma-Ata: Nauka = Science, 1965. – P. 149-153. (in Russian)
3. Semenchuk A.V. Izuchenie zakonmernosti formirovaniya podzemnyx vod yugo-zapadnoj chasti Kaliningradskogo poluostrova v usloviyax ix e'kspluatacii vodozaborami podzemnyx vod [Study of the regularities of the formation of groundwater in the southwestern part of the Kaliningrad Peninsula in the conditions of their operation by groundwater intakes]. // Materialy XV Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Vuzovskaya nauka – regionu» = Materials of the XV All-Russian Scientific Conference with International Participation «University Science – to the Region». / Min-vo obr. i nauki RF = Ministry of Education and Science of the Russian Federation. – Vologda: VoGU, 2017. – P. 317-319. (in Russian)
4. Semenchuk A.V. Ocenka uslovij zashhishhennosti podzemnyx vod Severo-Peterburgskoj ploshhadi Karel'skogo pereshejka [Assessment of groundwater protection conditions in the North-Petersburg area of the Karelian Isthmus]. // Sergeevskie chteniya = Sergeev Readings. – Moscow: RUDN = Peoples ' Friendship University of Russia, 2014. – Vol. XVI. – P. 477-483. (in Russian)

Сведения об авторах:

Санатбеков М.Е., докторант специальности «Гидрогеология и инженерная геология» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), miras.sanatbekov@mail.ru; **ORCID** 0000-0002-8005-6324

Жолтаев Г.Ж., д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедры «Геология нефти и газа» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), ignkis@mail.ru; **ORCID** 0000-0001-9804-7963

Скнарина Н.А., канд. техн. наук, доцент кафедры общей и инженерной геологии Института наук о Земле Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия), nsknarina@sfnedu.ru; **ORCID** 0000-0002-4169-5502

Авторлар туралы мәліметтер:

Санатбеков М.Е., Satbayev University, «Гидрогеология және инженерлік геология» мамандығының докторанты, (Алматы қ., Қазақстан)

Жолтаев Г.Ж., геология-минералогия ғылымдарының докторы, Satbayev University, «Мұнай және газ геологиясы» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Скнарина Н.А., техника ғылымдарының кандидаты, «Оңтүстік федералды университеті» Федералды мемлекеттік автономды жоғары білім беру мекемесінің Жер туралы ғылымдар институты жалпы және инженерлік геология кафедрасының доценті (Ростов-на-Дону қ., Ресей)

Information about authors:

Sanatbekov M.E., PhD Student of Specialties of Hydrogeology and Engineering Geology of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Zholtaev G.Zh., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor at the Department «Geology of Oil and Gas» of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Sknarina N.A., Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor at the Department of General and Engineering Geology of the Institute of Earth Sciences of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Southern Federal University» (Rostov-on-Don, Russia)

МРНТИ 38.61.17

Б.Б. Амралинова, О.В. Фролова, И.Е. Матайбаева, Б.Б. Ағалиева

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы «Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» (Өскемен қ., Қазақстан)

БУРАБАЙ МАССИВІНІҢ КӨЛДЕРІНІҢ ЖЕР ҮСТІ СУЛАРЫ ГЕОХИМИЯСЫ

Андатпа. Бұл мақалада авторлар Шығыс Қазақстан облысы, Күршім ауданының Бурабай массивіндегі көлдердің жер үсті суларының химиялық құрамын қарастырды. Гидрографиялық желінің үлкен ұзындығы және аумақтың тығыздығы көптеген зерттеушілердің назарын аударады. Су объектілерінің химиялық құрамын қалыптастыру шарттары көптеген табиғи факторларға байланысты (климаттық ерекшеліктер, рельефтің ерекшеліктері, су алмасудың қарқындылығы, геохимиялық ортаның сипаты және т. б.). Өнеркәсіптің осы топтағы металдарды тұтынуы жыл сайын артып келеді, ал өндіріс жоқ, яғни сұраныс ұсыныстан асып түседі, ал кейбір жағдайларда бірнеше есе көп. Масс-спектрометриялық зерттеулер тұзды көлдердегі судың химиялық құрамы бойынша, ең алдымен сілтілі (*Li, Rb, Cs*), сондай-ақ басқа элементтердің құрамын бағалау мақсатында жоғары дәлдікті аналитикалық зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: көлдер, геохимиялық құрам, Шығыс Қазақстан, сирек металдар, Бурабай массиві, көл сулары, минералдану, гидрогеохимия, жербеті сулары.

Геохимия поверхностных вод озер Бурабайского массива

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрен химический состав поверхностных вод озер в пределах Бурабайского массива Курчумского района Восточно-Казахстанской области. Большая протяженность гидрографической сети и заозерность территории привлекает внимание многих исследователей. Условия формирования химического состава водных объектов зависят от многих природных факторов (климатические особенности, особенности рельефа, интенсивность водообмена, характер геохимической среды и т. д.). Потребление металлов данной группы промышленностью с каждым годом возрастает, а добыча – нет, т. е. спрос превышает предложение, и в некоторых случаях во много раз. Масс-спектрометрические исследования позволяют выполнить высокоточный анализ химического состава воды соляных озер с целью оценки содержания в них, в первую очередь, редкощелочных (*Li, Rb, Cs*), а также других элементов.

Ключевые слова: озера, геохимический состав, Восточный Казахстан, редкие металлы, Бурабайский массив, озерные воды, минерализация, гидрогеохимия, поверхностные воды.

Geochemistry of surface waters of the Burabai massif lakes

Abstract. In this article, the authors considered the chemical composition of surface waters of lakes within the Burabai massif of the Kurchum district of the East Kazakhstan region. The large extent of the hydrographic network and the lake-like nature of the territory attracts the attention of many researchers. The conditions for the formation of the chemical composition of water bodies depend on many natural factors (climatic features, terrain features, the intensity of water exchange, the nature of the geochemical environment, etc.). The consumption of metals of this group by industry increases every year, but production does not, i.e. demand exceeds supply, and in some cases many times. Mass spectrometric studies allow performing high-precision analytical studies on the chemical composition of salt lake water in order to assess the content of primarily rare-alkaline (*Li, Rb, Cs*), as well as other elements.

Key words: lakes, geochemical composition, East Kazakhstan, rare metals, Burabai massif, lake waters, mineralization, hydrogeochemistry, surface waters, mineral resources, mass spectrometric studies.

Кіріспе

Табиғи жағдайлардың ерекшеліктері және жер үсті, жер асты суларының химиялық құрамының қалыптасуына әсер ететін факторлар нашар зерттелген, геохимиялық жағдайдың үнемі өзгеріп отыратын жағдайлары, сондай-ақ жаңа аумақтарды игеру кезіндегі адамның белсенді қызметі қоршаған ортаның табиғи жағдайларына өз түзетулерін енгізеді.

Зерттеу әдістері

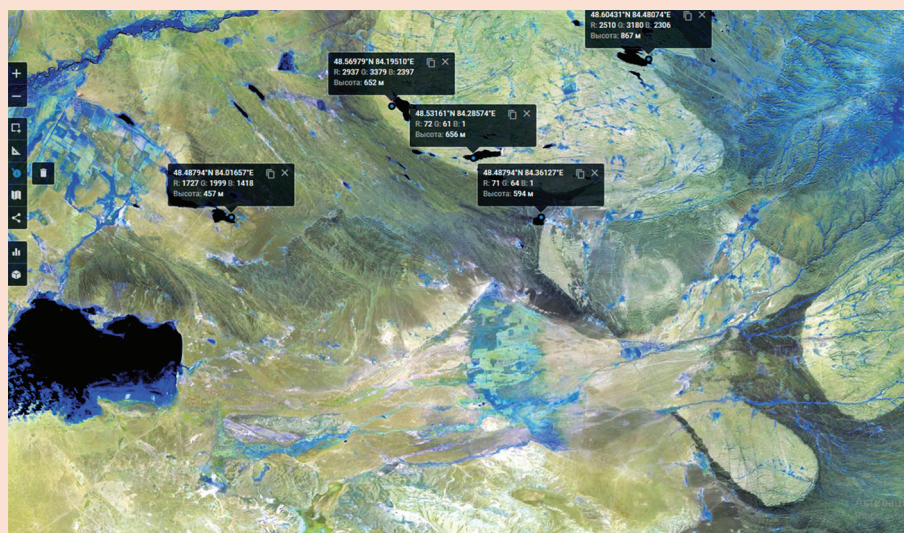
Шығыс Қазақстан аумағындағы көлдердің геохимиялық құрамын зертханалық тұрғыда жаңа әдістерді қолданып зерттеу, геохимиялық келбетін анықтау.

Жұмыстың негізгі мазмұны

Бурабай массиві шегіндегі ауданның көптеген көлдері мен батпақтары жақсы және біркелкі дамыған гидрографиялық желімен сипатталады (сурет 1). 2020 жылғы экспедициялық зерттеулер барысында су объектілерінің гидрохимиялық жай-күйіне бағалау жүргізілді. Зерттеу барысында зерттелетін аумақта зерттеу аумағының геохимиялық

келбетін анықтайтын негізгі параметрлер мен компоненттердің құрамы мен өзгеруін зерттеу негізі ретінде 15 көл бөлініп алынды.

Зерттелетін аумақта жер үсті суларының гидрохимиялық құрамының қалыптасуы табиғи-климаттық жағдайлардың әсерінен жүреді.



Сурет 1. Бурабай массиві шегіндегі сынама алу нүктелері бар зерттелетін объектілер (Sentinel-2 спутнигінен түсірілім).

Рис. 1. Исследуемые объекты в пределах Бурабайского массива с точками отбора проб (снимок со спутника Sentinel-2).

Figure 1. Objects under study within the Burabai massif with sampling points (Sentinel-2 satellite image).

Осы аудандағы көлдердің бірқатар ерекшеліктерін атап өткен жөн. Су қоймаларының батпақтануы жер үсті суларында органикалық заттардың кең спектрінің – өсімдік қоқысының толық жойылмайтын өнімдерінің жиналуына ықпал етеді. Өз кезегінде өсімдік биомассасының ыдырауының аралық өнімдерінің табиғи суларда болуы қоршаған ортаның біраз қышқылдық реакциясын анықтайды, бұл органоминералды кешендердің құрамындағы бірқатар металдардың қозғалғыштығын арттырады. Мұның нәтижесі су объектілерінде балық шаруашылығы және ауызсу – шаруашылық мақсатындағы су айдындарының сулары үшін белгіленген шекті берілетін концентрациялардың (ШБК), оның ішінде темір, алюминий, марганец, мыс, мырыш және сирек кездесетін металдардың асып кетуі болуы мүмкін. Экспедициялық зерттеулер жүргізу кезінде гидрохимиялық құрам 20-дан астам негізгі көрсеткіштер бойынша анықталды, оның ішінде: *pH*, минералдану, калий, натрий, магний, аммоний иондары, нитриттер, нитраттар, фосфаттар, кремний, алюминий, мыс, темір, қорғасын, мырыш, никель, кадмий, марганец және сирек металдар^{1, 2}.

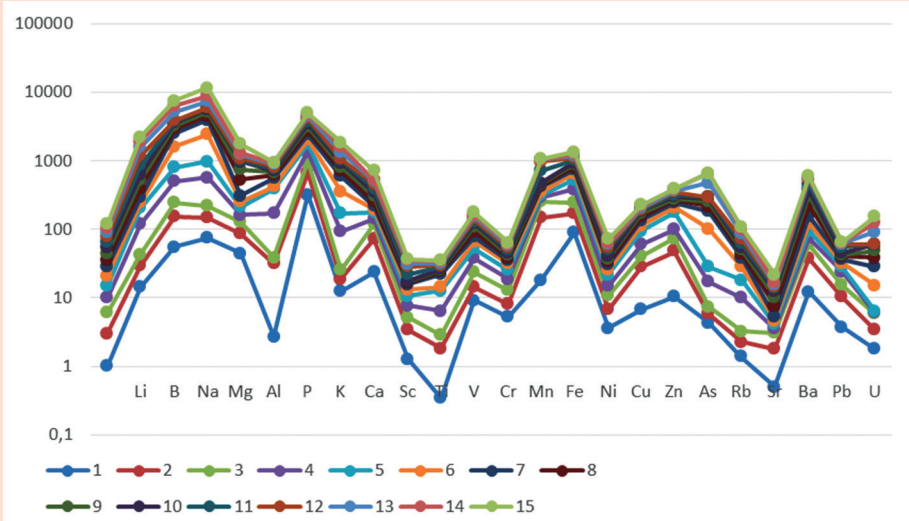
Логарифмдік масштабтағы микрокомпоненттердің таралу қисықтары көлдердегі микрокомпоненттер құрамының жалпы синхронды өзгеруін көрсетеді (сурет 2). Микрокомпоненттердің абсолютті құрамының таралу графигін талдау кезінде барлық сынамалар натрий, фосфор, темір, магний және бариймен байытылғаны анықталды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде көл суларының жалпы гидрохимиялық құрамы О.А. Алейкин классификациясы бойынша 1-10, 13-15 айтарлықтай айырмашылықтары жоқ екендігі анықталды және олар гидрокарбонат класына, бірінші типтегі кальций тобына жатады³ [1]:



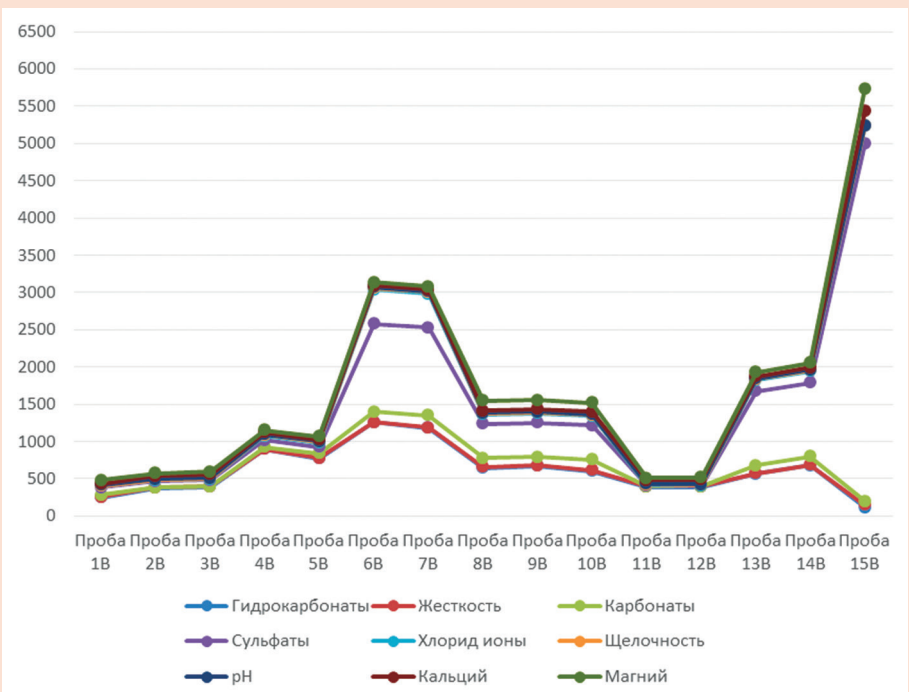
I типті сулар магмалық тау жыныстарын химиялық сілтілеу процесінде немесе натрий ионына кальций мен магний иондарының метаболикалық процестерінде түзіледі. Көбінесе олар аз минералданған, ағынсыз көлдердің суларын қоспағанда.

Зерттелген көлдердің сулары О.А. Алейкиннің жіктелуіне сәйкес гидрокарбонат класына, бірінші типтегі кальций тобына жатады.

Құрамы: 11 және 12 көл суларының гидрохимиялық құрамы айтарлықтай ерекшеленеді және



Сурет 2. Бурабай массиві көлдерінің микроқұрауыштарын ұстау.
Рис. 2. Содержание микрокомпонентов озер Бурабайского массива.
Figure 2. Content of micro-components of the lakes of the Burabai massif.



Сурет 3. Бурабай массивіндегі көлдер суларының құрамы және физикалық қасиеттері.
Рис. 3. Состав и физические свойства вод озер Бурабайского массива.
Figure 3. Composition and physical properties of the waters of the lakes of the Burabai massif.

¹Материалы третьей Всероссийской научной конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». – Чита, 2018. – 484 с.

²<http://abratsev.ru/hydrosphere/classific.html>

³Ермолов П.В. Атуальные проблемы изотопной геологии и металлогении Казахстана. – Караганда, 2013. – 206 с.

О.А. Алекиннің жіктелуіне сәйкес сульфат класына, екінші типтегі натрий тобына жатады:

II. $HCO_3^- < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3^- + SO_4^{2-}$.

II типті сулар аралас. Олардың құрамы генетикалық тұрғыдан шөгінді жыныстармен де, магмалық жыныстардың ауа-райының өнімдерімен де байланысты болуы мүмкін. Бұл түрге көптеген өзендердің, көлдердің суы және аз және орташа минералдануы бар жер асты сулары жатады³⁻⁵. Сонымен қатар, көл суы ортаның сілтілік реакциясымен сипатталады (орташа $pH = 8,71$) (3-сурет). Бұл жағдайда су объектілерінің минералдануы 05-тен 9 г/дм³-ге дейін өзгереді. Сонымен қатар, зерттелген объектілердің көпшілігінде «жалпы қаттылық» көрсеткіші бойынша 1-5, 8, 9, 13-15 объектілерінің жер үсті сулары орташа қаттылық санатына жатады (4-8 мг-экв/л), ал 6, 7 және 10-12 объектілерінің сулары өте қатты су санатына жатады (12 мг-экв/л-ден астам). Жер үсті суларының аниондық құрамы бойынша гетерогенділігі және олардың гидрокарбонатты және хлоридті сыныптарға жататындығы анықталды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері көптеген су объектілерінің жер үсті суларының катиондық

құрамындағы натрий иондарының басым екендігін анықтады⁶ [2].

Талдау нәтижелері сонымен қатар магний иондарының концентрациясы 0,3 – тен 1,4 г/дм³-ге дейін, ал кальций иондары 0,2-ден 0,5 г/дм³-ге дейін болатындығын көрсетті. Зерттеу аумағының жер үсті суларындағы ең аз мөлшермен калий иондары (0,05-1,1 г/дм³) сипатталады. Сулардағы катиондардың құрамындағы аумақтық айырмашылықтар нашар көрінеді.

Зерттелетін алаң Бурабай үйіндісінің Қалба кешенінің бірінші фазасының гранодиориттерімен түйісуіне орайластырылған. Мұнда екі күрделі сирек кездесетін металл аномалиясы тіркелген^{2, 5}: солтүстік (ауданы шамамен 12 км²) және Оңтүстік (ауданы шамамен 5 км²).

Біріншісі ниобий 0,0008-0,002%, висмут 0,0002-0,0005%, бериллий 0,0005-0,0008%, литий 0,0015-0,002%, қалайы 0,001-0,0015% құрамымен сипатталады.

Екіншісі бериллийдің 0,0005%, қалайы 0,001-0,0012% және литий 0,002-0,008%, бериллийдің 0,0003-0,0004% ореолымен біріктірілген үш жергілікті ореолдан тұрады.

Бүгінгі күнге дейінгі зерттеген ғалымдардың (В.В. Лопатников, 1985.) ұсынымдарын ескере отырып, сипатталған аймақтың ұсақ

(аз контрастты болса да) галодармен едәуір қанықтылығы, сондай-ақ танталит-колумбит, касситерит және берилл (жол бойындағы учаске) минералдануының бірнеше нүктелерінің өріс шегінде орналасуы және шатырлы қалайы-вольфрам кен орнының жақындығы, АПП(в)-24 сөзсіз практикалық қызығушылық тудырады⁷ [3].

Қорытынды

Зерттеу барысында 8-10 көлдері бойынша алынған нәтижелер жоғары литий мөлшері 366,20 мкг/л, қалайы 0,047 мкг/л байқалады, бұл сирек металды кендену аумағын алдыңғы зерттеу материалдарына сәйкес келеді [1].

Суды зерттеу нәтижелері қазіргі кезеңде геохимиялық ерекшеліктердің қалыптасуы туралы барлық сұрақтарға нақты жауап беруге мүмкіндік бермейді. Бурабай массивіндегі көлдер суларының сирек кездесетін металдар мен басқа да микрокомпоненттердің ықтимал көзі гало, сондай-ақ зерттелетін учаске шегінде танталит-колумбит, касситерит және Берилл минералдануының бірнеше нүктелерінің локализациясы болып табылады деп болжауға негіз береді.

⁴Дьячков Б.А. Генетические типы редкометалльных месторождений Калба-Нарымского пояса. – Усть-Каменогорск, 2012. – 130 с.

⁵Дьячков Б.А., Черненко З.И., Майорова Н.П., Мизерная М.А., Кузьмина О.Н. Геологические условия формирования и размещения золоторудных месторождений апокарбонатного типа Восточного Казахстана. – Усть-Каменогорск, 2011. – 136 с.

⁶Петрографический кодекс, магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. – Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2009. – 160 с.

⁷Отчет о результатах геологического доизучения Зайсанской сериш – ГДП-200 на листах М-45-XXV, XXXI. – 137 с.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Котлер П.Д., Хромых С.В., Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Навозов О.В. Калба-Нарым гранит батолитінің петрологиясы және изотоптық кездесуі (Шығыс Қазақстан). // «Геология, минералогия және Қазақстан Республикасының минералдық-шикізат ресурстарын дамыту перспективалары» Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары. – Алматы, 2015. – Б. 35-37. (орыс тілінде)
2. Гавич И.К., Семенова С.М., Швец В.М., Гидрогеологиялық ақпаратты тапсырмалар нұсқаларымен өңдеу әдістері. – Мәскеу: Жоғары мектеп, 1981. – Б. 47-56 б. (орыс тілінде)
3. Конников Э.Г., Лопатников В.В., Дьячков Б.А. Оңтүстік Алтайдың жоғарғы палеозой жанартаулық-плутоникалық қалыптасуы және онымен алтын кенденудің байланысы. // Қазақстанның асыл металдар кен орындарының геологиясы мен геохимиясы. – Алматы, 1969. – Б. 54-57. (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Котлер П.Д., Хромых С.В., Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Навозов О.В. Петрология и изотопное датирование Калба-Нарымского гранитного батолита (Восточный

Казахстан). // *Материалы международной научно-практической конференции «Геология, минералогия и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов Республики Казахстан»*. – Алматы, 2015. – С. 35-37. (на русском языке)

2. Гавич И.К., Семенова С.М., Швец В.М. Методы обработки гидрогеологической информации с вариантами задач. – Москва: Высшая школа, 1981. – С. 47-56. (на русском языке)
3. Конников Э.Г., Лопатников В.В., Дьячков Б.А. Верхнепалеозойская вулканоплутоническая формация Южного Алтая и связь с ней золотого оруденения. // *Геология и геохимия месторождений благородных металлов Казахстана*. – Алма-Ата, 1969. – С. 54-57. (на русском языке)

REFERENCES

1. Kotler P.D., Khromykh S.V., Vladimirov A.G., Kruk N.N., Navozov O.V. *Petrology and isotopic dating of the Kalba-Narym granite batholith (East Kazakhstan)*. // *Materials of the international scientific and practical conference «Geology, mineralogy and prospects for the development of mineral resources of the Republic of Kazakhstan»*. – Almaty, 2015. – P. 35-37. (in Russian)
2. Gavich I.K., Semenova S.M., Shvets V.M. *Methods of processing hydrogeological information with problem variants*. – Moscow: Higher School, 1981. – P. 47-56. (in Russian)
3. Konnikov E.G., Lopatnikov V.V., Dyachkov B.A. *The Upper Paleozoic volcano-plutonic formation of the Southern Altai and the connection of gold mineralization with it*. // *Geology and geochemistry of precious metal deposits in Kazakhstan*. – Alma-Ata, 1969. – P. 54-57. (in Russian)

Авторлар туралы мәліметтер:

Амралинова Б.Б., PhD, доцент, «Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Өскемен қ., Қазақстан), Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің декані, bakytzhan_80@mail.ru; **ORCID** 0000-0003-0716-5265

Фролова О.В., PhD, «Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Өскемен қ., Қазақстан), Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің аға оқытушысы, geolog1984@mail.ru; **ORCID** 0000-0001-9144-6291

Матайбаева И.Е., PhD, «Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Өскемен қ., Қазақстан), Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің деканының орынбасары, indi.mataibaeva@mail.ru; **ORCID** 0000-0003-0550-7591

Ағалиева Б.Б., техника және технология ғылымдарының магистрі, «Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Өскемен қ., Қазақстан), Жер туралы ғылымдар және қоршаған орта мектебінің оқытушысы, agalieva_00@mail.ru; **ORCID** 0000-0002-5682-8451

Информация об авторах:

Амралинова Б.Б., PhD, доцент, декан Школы наук о Земле и окружающей среде Некоммерческого акционерного общества «Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Фролова О.В., PhD, старший преподаватель Школы наук о Земле и окружающей среде Некоммерческого акционерного общества «Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Матайбаева И.Е., PhD, заместитель декана Школы наук о Земле и окружающей среде Некоммерческого акционерного общества «Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Ағалиева Б.Б., магистр технических и технологических наук, старший преподаватель Школы наук о Земле и окружающей среде Некоммерческого акционерного общества «Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Information about the authors:

Amralinova B.B., PhD, Dean at the School of Earth and environmental Sciences of the Non-profit Joint-Stock Company East Kazakhstan technical University named after Daulet Serikbayev (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Mataibaeva I.E., PhD Deputy Dean at the School of Earth and Environmental Sciences of the Non-profit Joint-Stock Company East Kazakhstan Technical University named after Daulet Serikbayev (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Frolova O.V., PhD, Senior Lecturer at the School of Earth and environmental Sciences of the Non-profit Joint-Stock Company East Kazakhstan Technical University named after Daulet Serikbayev (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Agaliyeva B.B., Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the School of Earth and environmental Sciences of the Non-profit Joint-Stock Company East Kazakhstan Technical University named after Daulet Serikbayev (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Код МРНТИ 52.13.17

N.O. Sarybayev, S.K. Moldabayev, Hurmat Sodaba, T.E. Bagdatov

Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

DEVELOPMENT PERSPECTIVES OF CYCLIC AND CONTINUOUS METHOD

Abstract. This article discusses the necessity of implementing effective technologies of open pit mining while conducting mining operations on deep open pit mines. Modern tendencies of development of cyclic and continuous technology on domestic and world open pit mines are viewed. The advantages of switching to the given technology while reaching high values of open pit mine depths are given. Problems of effective usage of cyclic and continuous method equipment complexes in open pit mining are indicated. The main reasons why the transition to this technology is an appropriate step towards achieving certain or design values of the production capacity of a mining enterprise are indicated. Examples of the implementation of this technology in Commonwealth of Independent States coal and ore deposits during stripping operations are considered. The features of using combined modes of transport in open-pit mining are presented.

Key words: cyclic and continuous method, rock transportation, combined mode of transport, deep open pit mines, cleaning-up, stripping operations, modern tendencies, advantages, problems of effective, implementation.

Циклдік-ағындық технологияның келешегі

Аннотация. Берілген мақалада терең карьерлерді өндірген кезде ашық тау-кен жұмыстарын жүргізудің тиімді технологияларын қолдану керектігі жайлы айтылған. Отандық және әлемдік карьерлердегі циклдік-ағындық технологияның қазіргі даму үрдістері қарастырылған. Карьер тереңдігі көрсеткіші жоғарылағанда берілген технологияға өтудің тиімділігі көрсетілген. Ашық тау-кен жұмыстарында циклдік-ағындық технология жабдықтар кешенін тиімді қолданудың қиындықтары аталып көрсетілген. Осы технологияға көшудің тау-кен кәсіпорнының өндірістік қуатының белгілі бір немесе жобалық мәндеріне жету жолындағы орынды қадам болып табылатындығының негізгі себептері көрсетілген. Бұл технологияны Тәуелсіз мемлекеттер достастығы елдеріндегі көмір және рудалық кен орындарында аршу жұмыстарын жүргізу кезінде қолдану мысалдары қарастырылған. Ашық тау-кен жұмыстарында көліктің құрама түрлерін қолданудың ерекшеліктері келтірілген.

Түйінді сөздер: циклдік-ағындық технология, құрама көлік, терең карьерлер, кен орнын игеруді аяқтау, аршу жұмыстары.

Перспективы развития циклично-поточной технологии

Аннотация. В данной статье говорится о необходимости использования эффективных технологий ведения открытых горных работ при разработке глубоких карьеров. Рассмотрены современные тенденции развития циклично-поточной технологии на отечественных и мировых карьерах. Приведены преимущества перехода на данную технологию при достижении высоких значений глубин карьера. Обозначены проблемы эффективного использования комплексов оборудования циклично-поточной технологии при открытых горных работах. Указаны основные причины, из-за которых переход на данную технологию является целесообразным шагом на пути к достижению определенных или проектных значений производственной мощности горного предприятия. Рассмотрены примеры применения данной технологии при проведении вскрышных работ на угольных и рудных месторождениях стран Содружества Независимых Государств. Приведены особенности применения комбинированных видов транспорта на открытых горных работах.

Ключевые слова: циклично-поточная технология, комбинированный транспорт, глубокие карьеры, доработка месторождения, вскрышные работы.

Introduction

One of the topical problems in mining industry is effective conduction of operations, which will ensure maintaining a certain design capacity of an open pit mine while reaching its final contours. In order to extract a certain volume of ore from deep horizons a transport system of an open pit mine needs to be redesigned, so that the transport equipment of an open pit mine will operate efficiently. The most common type of transportation unit on open pit mines is a motor transport. It is known that the feasible transportation distance of an overburden by a dump truck¹ is 2-2,5 km. Hence, the longer transportation distances by a dump truck will cost more due to increased fuel consumption and higher service costs, which is not efficient. Additionally, railway transport is mostly used on upper horizons of an open pit mine and deepening of mining operations will require adjustments to transportation system of an open pit mine since the delays associated with loading the wagons will be longer. One of the solutions of the rock transportation problem on deep open pit mines is switching to cyclic and continuous method (CCM). The given technology is widely used on mines of Russia and Ukraine. The well-known example of implementation of the given technology is on the gold deposit Muruntau, Uzbekistan. On domestic level the technology is used in stripping operations on coal mine «Vostochnyi».

Materials and methods

The expediency of applying cyclic and continuous method is justified primarily by a significant reduction in operating costs compared to the options which primarily focus on the

use of motor or rail transport. Thus, according to foreign practice, the use of crushing complexes and conveyor transport on the open pit mine significantly reduces operating costs compared to the transportation of ore by dump trucks and at the same time, favorable conditions are created for efficient mining and reduction of gas contamination [1].

The significant depth of mining operations often requires the use of multiple modes of transport. The transportation of rock mass with combined modes of transport is carried out by installing loading points for moving rock mass from one mode of transport to another. At the same time, each type of transport operates in the most convenient and favorable conditions, which ensures the greatest technical and economic efficiency of the transportation process. Much attention has been paid to the combined operation of a conveyor transport and other types of transport recently along with the combination of motor and rail transport. The main advantages of a conveyor transport in comparison with traditional motor and rail transport are as follows: improved resource-saving indicators, the ability to transport the rock mass at the route slope angles of 16-18°, automatic operation, high productivity and environmental friendliness [2].

According to the results published in the article by Sładkowski et al. use of combined motor and conveyor transport with the increasing depth of an open pit mine is cost efficient compared to the motor and rail transport [3].

Another key area of transition to CCM is the influence of extraction and loading equipment parameters on conditions

¹Trubetskoi K.N., Potapov M.G., Vinitskyi K.E., Melnikov N.N. et al. *Open pit mining: Manual.* – M.: Mining bureau, 1994. – 590 p. (in Russian)

of using CCM complexes. A study conducted by Glebov A.V. et al. [4] determined that the use of excavators with bucket capacity of 5-20 m³ and dump trucks with capacity of 45-130 tons has no effect on conditions for using CCM complexes compared to less powerful equipment.

Results

The research conducted by Mining Institute of Ural Branch of Russian Academy of Sciences and specialists of Kostomukhshyskiy mining and processing plant showed high efficiency of using CCM complexes with semi-stationary CRU and steeply inclined conveyor hoists. Implementation of CCM during the first phase on the Kostomukhshyskiy open pit mine allows reducing overburden volume by 5 million m³. Cyclic and continuous method with steeply inclined lift decreases volume of mining and construction by 3-4,5 times, diesel fuel consumption by 1,8-2,5 times, dust production and emissions of toxic elements by 35-45% [5].

Olenegorskiy mining and processing plant launched crushing-conveyor complex with a steeply inclined conveyor in 2015. It is estimated that the operation of the complex with the conveyor should decrease operational and investment costs by almost 1.8 billion rubles due to reduction of transportation costs and motor vehicle fleet in eight years [6].

Introduction of CCM – ore complex with a steeply inclined conveyor on Muruntau open pit mine in March of 2011 allowed reducing the rock mass transportation with motor transport distance by 3,5 km, rock mass lift height by 285-320 m, fuel consumption by 37%, number of dump trucks, drivers and repairers by 27,2%, increasing productivity of transport units by 30%. Operating costs have been reduced by 2,7 million USD per year [7].

A part of the research conducted by Moldabayev et al. was directed towards determining the optimal depth of a conveyor hoist installation as a part of a transition process to CCM in conditions of Kacharsky open pit mine [8]. Its results are shown in Figure 1.

It can be seen from the Figure 1 that the range of optimum installation depth values of a conveyor hoist is between 320 and 360 m. Further calculations revealed that the most optimal depth for conveyor hoist installation is 344 m.

A study by Kuzmenko et al. analyzed performance of different modes of combined transport in conditions of Kacharsky open pit mine [9]. Its results are shown in Figure 2.

It can be seen from Fig. 1 that cost price of rock mass transportation using the motor and conveyor transport with a conveyor hoist installation depth of 269 m are reduced by 37,6%; rail transport at a depth of 149 m and motor and conveyor, at a depth of 329, transport reduced by 50,3%; motor and rail, at a depth of 149 m, transport and motor and conveyor, at a depth of 344 m, reduced by 50,8%. It was established that use of combined motor, conveyor and rail mode of transport is more feasible compared to combined motor and rail mode of transport [9].

Discussion and conclusions

Cyclic and continuous method is becoming a widespread technology mostly used while cleaning-up deep open pit mines. Installation of a conveyor transport proved to be beneficial thanks to the reduction of rock mass transportation costs. However, motor transport in CCM is

the only transportation equipment which could operate in constrained conditions of lowest horizons of an open pit due to its maneuverability. An example of Kacharsky open pit mine shows that the most efficient results in transportation operations could be obtained while using combined conveyor-motor-rail mode of transport. Hence, CCM allows obtaining the best performance results of each transport unit at high open pit mine depths due to their combined operation. The hesitation of most mining enterprises associated with

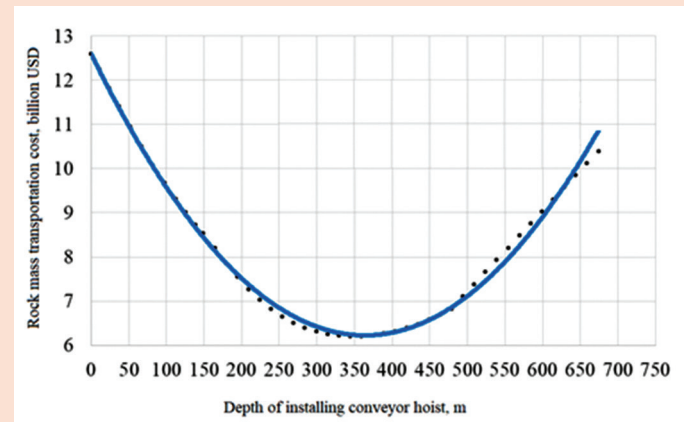


Figure 1. Dynamics of changes in transportation cost of the total volume of rock mass with increase in depth of conveyor hoist installation depth.

Сурет 1. Конвейерлік көтергішті орнату тереңдігінің ұлғаюымен тау-кен массасының жалпы көлемін тасымалдау құнының өзгеру динамикасы.

Рис. 1. Динамика изменения стоимости транспортировки общего объема горной массы с увеличением глубины установки конвейерного подъемника.

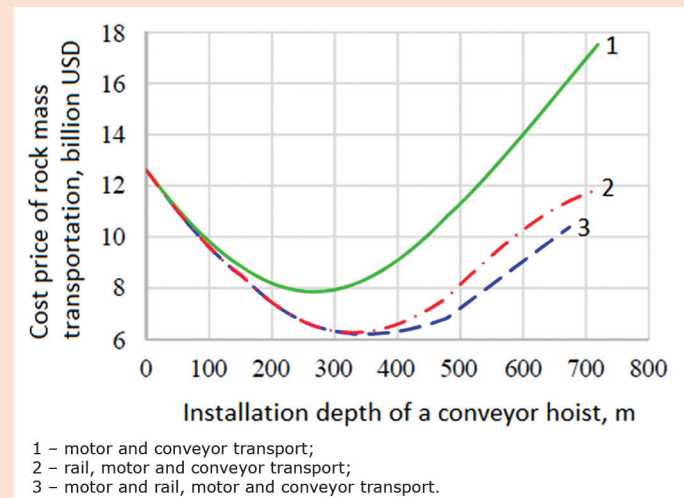


Figure 2. Cost price change of total volume of the rock mass with the increasing depth of conveyor hoist installation during different transport schemes.

Сурет 2. Әртүрлі тасымалдау схемалары кезінде конвейерлік көтергішті орнату тереңдігінің ұлғаюымен тау-кен массасының жалпы көлемінің өзіндік құнының өзгеруі.

Рис. 2. Изменение себестоимости общего объема горной массы с увеличением глубины установки конвейерного подъемника при различных схемах транспортировки.

the given technology is high investment costs associated with construction of equipment complexes of CCM.

However, the examples show that the economic effect of implementing the given technology is always positive.

REFERENCES

1. Samoilo V.A. *Analiz tendencij razvitiya ciklichno-potochnoj texnologii na kar'erax* [Analysis of development tendencies of cyclic and continuous technology on open pit mines]. // *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'* = Mining information and analytic bulletin. – 2011. – №2. – P. 184-187. (in Russian)
2. Kortelev O.B., Molotilov S.G., Norry V.K. *Perspektivy kombinirovannogo transporta na ugol'nyx kar'erax* [Perspectives of combined transport on coal open pit mines]. // *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'* = Mining information and analytic bulletin. – 2005. – № 1. – P. 170-173. (in Russian)
3. Sladkowski A., Utegenova A., Elemesov K., Stolpovskikh I. *Determining of the rational capacity of a bunker for cyclic-and-continuous technology in quarries.* // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* – 2017. – P. 29-33. (in English)
4. Glebov A., Semenkin, A., Karmaev G., Bersenev V. (2019). *How Parameters of the Used Equipment Influence on Efficiency of Exploitation of Cyclic-Flow Technology Complexes.* // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* – 2019. – 272. 022047. (in English)
5. Yakovlev V.L. *Perspektivnye resheniya ciklichno-potochnoj texnologii na glubokix kar'erax* [Perspective solutions in cyclic and continuous technology of deep open pit mines]. // *Gornyj zhurnal = Mining Journal.* – 2003. – № 4/5. – P. 51–56. (in Russian)
6. Zhuravlev A.G., Semenkin A.V. *Ocenka e'ffektivnosti ciklichno-potochnoj texnologii v usloviyax sovremennyx kar'erov* [Assessment of cyclic and continuous method efficiency in conditions of modern open pit mines]. // *Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov = Proceedings of Tomsk polytechnic university. Engineering of georesources.* –2020.– Issue 331. – №10. – P. 80-90. (in Russian)
7. Sanakulov K.S., Shemetov P.A. *Razvitie ciklichno-potochnoj texnologii na osnove krutonaklonnyx konvejerov v glubokix kar'erax* [Development of cyclic and continuous technology based on steeply inclined conveyors on deep open pit mines]. // *Gornyj zhurnal = Mining journal.* – 2011. – №85. – P. 34-37. (in Russian)
8. Moldabayev S., Sultanbekova Z., Adamchuk A., Sarybayev N. *Method of optimizing cyclic and continuous technology complexes location during finalization of mining deep ore open pit mines.* // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management.* – 2019. – SGEM 19(1.3). – P. 407-414. (in English)
9. Kuzmenko S., Kaluzhnyi Y., Moldabayev S., Shustov O., Adamchuk A., Toktarov A. *Optimization of position of the cyclical-and-continuous method complexes when cleaning-up the deep iron ore quarries.* // *Mining of Mineral Deposits.* – 2019. – №13(3). – P. 104-112. (in English)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Самойлов Ю.А. *Карьерлердегі циклдік және ағындық технологияның даму үрдістерін талдау.* // *Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені.* – 2011. – №2. – Б. 184-187. (орыс тілінде)
2. Кортелев О.Б., Молотилов С.Г., Норри В.К. *Көмір карьерлеріндегі құрама көліктің болашағы.* // *Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені.* – 2005. – № 1. – Б. 170-173. (орыс тілінде)
3. Сладковский А., Утегенова Ә., Елемесов Қ., Столповских И. *Карьерлердегі циклдік-ағындық технология кезінде бункердің оңтайлы сыйымдылығын анықтау.* // *Ұлттық университеттің ғылыми хабаршысы.* – 2017. – Б. 29-33. (ағылшын тілінде)
4. Глебов А., Семенкин А., Кармаев Г., Берсенева В. *Қолданылатын жабдықтар параметрлерінің циклдік-ағындық технология кешендерін қолдану тиімділігіне тигізетін әсері.* // *IOP конференциялар сериясы: Жер және қоршаған орта жайлы ғылым.* – 2019. – 272. 022047. (ағылшын тілінде)
5. Яковлев В.Л. *Терең карьерлердегі циклдік-ағындық технологияның перспективалық шешімдері.* // *Тау-кен журналы.* – 2003. – №4/5. – Б. 51-56. (орыс тілінде)
6. Журавлев А.Г., Семенкин А.В. *Қазіргі карьерлер жағдайындағы циклдік-ағындық технологияның тиімділігін бағалау.* // *Томск политехникалық университеті хабарлары. Георесурстар инжинирингі.* – 2020. – Т. 331. – № 10. – Б. 80-90. (орыс тілінде)
7. Санакулов К.С., Шеметов П.А. *Аса көлбеу конвейерлер негізіндегі терең карьерлердегі циклдік-ағындық технологияның дамуы.* // *Тау-кен журналы.* – 2011. – №85. – Б. 34-37. (орыс тілінде)

8. Молдабаев С., Султанбекова Ж., Адамчук А., Сарыбаев Н. Циклдік-ағындық технология кешендерінің орналасуын терең темір карьерлерін игеруді аяқтау кезіндегі оңтайландыру тәсілі. // Халықаралық көппәнаралық маркшейдерия, геология, тау-кен ісі, экология, менеджмент бойынша геоконференция. – 2019. – SGEM 19(1.3). – Б. 407-414. (ағылшын тілінде)
9. Кузьменко С., Калюжный Е., Молдабаев С., Шустов О., Адамчук А., Тоқтаров А. Терең темір карьерлерін игеруді аяқтау кезінде циклдік-ағындық технология кешендерінің орналасуын оңтайландыру. // Кен орындарын игеру. – 2019. – №13(3). – Б. 104-112. (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Самойлов Ю.А. Анализ тенденций развития циклично-поточной технологии на карьерах. // ГИАБ. – 2011. – №2. – С. 184-187. (на русском языке)
2. Кортелев О.Б., Молотилов С.Г., Норри В.К. Перспективы комбинированного транспорта на угольных карьерах. // ГИАБ. – 2005. – №1. – С. 170-173. (на русском языке)
3. Сладковский А., Утегенова А., Елемесов К., Столповских И. Определение рациональной емкости бункера при циклично-поточной технологии на карьерах. // Научный Вестник Национального университета. – 2017. – С. 29-33. (на английском языке)
4. Глебов А., Семенкин А., Кармаев Г., Берсенев В. Влияние параметров используемого оборудования на эффективность эксплуатации комплексов циклично-поточной технологии. // Серия конференции ИОР: Наука о земле и окружающей среде. – 2019. – 272. 022047. (на английском языке)
5. Яковлев В.Л. Перспективные решения циклично-поточной технологии на глубоких карьерах. // Горный журнал. – 2003. – №4/5. – С. 51-56. (на русском языке)
6. Журавлев А.Г., Семенкин А.В. Оценка эффективности циклично-поточной технологии в условиях современных карьеров // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – №10. – С. 80-90. (на русском языке)
7. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Развитие циклично-поточной технологии на основе крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах. // Горный журнал. – 2011. – №85. – С. 34-37. (на русском языке)
8. Молдабаев С., Султанбекова Ж., Адамчук А., Сарыбаев Н. Метод оптимизации расположения комплексов циклично-поточной технологии при доработке глубоких рудных карьеров. // Международная мультидисциплинарная научная геоконференция по маркшейдерии, геологии и горному делу, экологии, менеджменту. – 2019. – SGEM 19(1.3). – С. 407-414. (на английском языке)
9. Кузьменко С., Калюжный Е., Молдабаев С., Шустов О., Адамчук А., Тоқтаров А. Оптимизация расположения комплексов циклично-поточной технологии при доработке глубоких железорудных карьеров. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2019. – №13(3). – С. 104-112. (на английском языке)

Information about the authors:

Sarybayev N.O., Master of Technical Sciences, Lecturer at the «Mining» Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), n.sarybayev@satbayev.university; **ORCID** 0000-0001-9856-803X

Moldabayev S.K., Doctor of Technical Sciences, Chair at the «Mining» Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), s.moldabayev@satbayev.university; **ORCID** 0000-0001-8913-9014

Hurmat Sodaba, Master's Degree Student at the «Mining» Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), s.hurmat@stud.satbayev.university; **ORCID** 0000-0002-4865-1633

Bagdatov T.E., Master's Degree Student at the «Mining» Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), t.bagdatov@stud.satbayev.university; **ORCID** 0000-0001-9696-4223

Авторлар туралы мәліметтер:

Сарыбаев Н.О., техникалық ғылымдар магистрі, Satbayev University, «Тау-кен ісі» кафедрасы лекторы (Алматы қ., Қазақстан)
Молдабаев С.К., техникалық ғылымдар докторы, Satbayev University, «Тау-кен ісі» кафедрасы меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан)

Хурмат Содаба, Satbayev University, «Тау-кен ісі» кафедрасы магистранты (Алматы қ., Қазақстан)

Бағдатов Т.Е., Satbayev University, «Тау-кен ісі» кафедрасы магистранты (Алматы қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Сарыбаев Н.О., магистр технических наук, лектор кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Молдабаев С.К., д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Хурмат Содаба, магистрант кафедры «Горное дело» Satbayev University (Алматы, Казахстан)

Бағдатов Т.Е., магистрант кафедры «Горное дело» Satbayev University (Алматы, Казахстан)

Код МРНТИ 52.13.17

Р.Ш. Наимова¹, Ш.М. Мавлонов², Н.Б. Юсупов², Ш.В. Каримов¹¹Ташкентский государственный горный университет имени Ислама Каримова (Ташкент, Узбекистан),
²Новоийский горно-металлургический комбинат «Центральное рудоуправление» (Зарафшан, Узбекистан)

ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ ОТ ЗАБОЯ ДО ПУНКТА ПРИЕМА НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ КАРЬЕРА

Аннотация. В данной статье проработаны вопросы транспортирования горной массы из глубоких горизонтов карьера с использованием большегрузных карьерных автосамосвалов. Дано описание математической модели распределения горной массы от забоя до пунктов приема и обоснован оптимальный план перевозки с использованием метода потенциалов и метода северо-западного угла, целью которого является оптимизация расстояния транспортирования, скорости движения автосамосвала на нижних и верхних горизонтах карьера. Используя математический метод моделирования для транспортной задачи, возможно определить оптимальный план перевозки горной массы. Используемый метод позволяет оптимизировать транспортную задачу при условии оптимальности плана перевозки горной массы из нижних горизонтов карьера.

Ключевые слова: глубокий карьер, автосамосвал, математическое моделирование, полезные ископаемые, горная масса, метод потенциалов, расстояние транспортирования.

Карьердің терең горизонттарында кен массасын кенжардан қабылдау пунктіне дейін бөледің математикалық моделін сипаттау

Андатпа. Бұл мақалада тау-кен массасын карьердің терең кабаттарынан ауыр жүк таситын автосамосвалдарды пайдалана отырып тасымалдау мәселелері қарастырылған. Жұмыста тау-кен массасын забойлардан қабылдау пункттеріне дейін бөледің математикалық моделі сипатталған және потенциалдар әдісі мен солтүстік-батыс бұрыш әдісін қолдана отырып оңтайлы тасымалдау жоспары негізделген, оның мақсаты тасымалдау қашықтығын, карьердің төменгі және жоғарғы горизонттарындағы самосвалдың жылдамдығын оңтайландыру болып табылады. Көлік мәселесі үшін модельдеудің математикалық әдісін қолдана отырып, тау жыныстарын тасымалдаудың оңтайлы жоспарын анықтауға болады. Пайдаланылған әдіс карьердің төменгі горизонттарынан тау-кен массасын тасымалдау жоспары оңтайлы болған жағдайда көлік міндетін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: терең карьер, автосамосвал, математикалық модельдеу, пайдалы қазбалар, тау массасы, потенциалдар әдісі, тасымалдау қашықтығы.

Description of a mathematical model of the distribution of rock mass from the face to the receiving point on the deep horizons of the quarry

Abstract. This article covers the issues of transporting rock mass from the deep horizons of the quarry using heavy-duty dump trucks. The paper describes a mathematical model of the distribution of rock mass from the faces to the receiving points and justifies the optimal transportation plan using the method of potentials and the method of the North-west angle, the purpose of which is to optimize the distance of transportation, the speed of movement of the dump truck on the lower and upper horizons of the quarry. Using the mathematical modeling method for the transport problem, it is possible to determine the optimal plan for the transportation of rock mass. The method used makes it possible to optimize the transport task, provided that the plan for transporting rock mass from the lower horizons of the quarry is optimal.

Key words: deep pit, dump truck, mathematical modeling, minerals, rock mass, potential method, transportation distance.

Введение

В современных рыночных условиях деятельность любого предприятия направлена на прибыль, которая определяется соотношением доходов, получаемых при выполнении заданных объемов перевозок горной массы, и расходов на транспортирование, поэтому одной из главных является задача повышения эффективности транспортного процесса, которая позволяет, прежде всего, сократить расходы предприятия и, как следствие, повысить его прибыль [1]. При моделировании процесса транспортирования горной массы с использованием большегрузных карьерных автосамосвалов необходимо учитывать: наличие горной массы в забоях, количество автосамосвалов, выделенных для перемещения

горной массы, расстояние транспортирования и другие параметры. Основными показателями при оценке степени использования автосамосвалов является расстояние транспортирования, учитывающее горизонтальное перемещение и подъем горной массы из карьера. По результатам установленной зависимости эксплуатационной скорости, а также количества рейсов от приведенного расстояния получают эталонную производительность автосамосвалов. Показатели развития технологического автомобильного транспорта включают среднесписочное число автомобилей, грузоподъемность парка автосамосвалов и среднюю грузоподъемность одного среднесписочного автосамосвала. Существующие исследования

в области математического моделирования¹ [2-8] перемещения горной массы показывают использование различных методов расчета и программных комплексов.

При исследовании влияния эксплуатационных факторов на производительность парка автомобильного транспорта методом наименьших квадратов² определен коэффициент уравнения регрессии и разработаны однофакторные зависимости производительности от расстояния транспортирования, скорости движения автосамосвала и времени, затрачиваемого на погрузочно-разгрузочные операции, а также двухфакторные зависимости, влияющие на производительность карьера.

При описании диспетчерской модели³ экскаваторно-автомобильного

¹Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2004. – 573 с.

²Ахметова М.И. Комплексная оценка и способы повышения показателя качества эксплуатации карьерных автосамосвалов. / Дисс... (PhD). – Алматы: КазНУТУ. – 2019. – 132 с.

³Воронова А.Ю. Оптимизация показателей эксплуатационной производительности экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов. // Дисс... канд. техн. наук. – Кемерово: КузГТУ, 2015. – 185 с.

комплекса представлена программно-целевая модель для планирования погрузки и перевозок, где транспортный поток карьерных самосвалов обоснован тремя основными свойствами: неопределенность, конечность, зависимость расстояния от времени. Имитационное моделирование показало, что для описания вероятностно-распределенных временных параметров предпочтителен метод гамма-распределения.

В работе [9] при выполнении исследований использовались как общенаучные, так и специальные методы, включая научное обобщение, методы комплексной оценки технического уровня, математическое моделирование и аппарат линейного программирования. Решение задачи базируется на составлении дифференциального уравнения движения, для чего были использованы уравнения Лагранжа второго рода, а также соответствующие выражения кинетической, потенциальной энергии и диссипативной функции.

Для карьеров, которые достигли глубины 600 м и более, теоретически будет оптимальным изменение продольных уклонов (%) карьерных автодорог до максимальных возможностей имеющейся техники. Поскольку продольный уклон дороги и расстояние обратно пропорциональны друг другу, при увеличении продольного уклона уменьшается расстояние транспортирования, определяемое выражением:

$$i = H/L \times 1000,$$

где i – продольный уклон автодороги, %;

H – высота подъема, м;

L – протяженность автодороги, м.

Для эффективного решения задачи транспортирования горной массы с помощью большегрузных автосамосвалов из нижних горизонтов глубоких карьеров изменения только продольного уклона автодороги недостаточно. Необходимо составить оптимальный путь транспортирования, оптимальную схему передвижения карьерных автосамосвалов в глубоких горизонтах.

Для составления математической модели применены два метода решения транспортной задачи:

- метод потенциалов;
- симплекс-метод.

Таблица 1

Транспортная задача

Кесте 1

Көлік міндеті

Table 1

Transport task

Разрабатываемый забой, (Z)	Пункты назначения (РРК)				Запасы
	РРК1	РРК2	РРК3	РРКn	
Z1	$L_{1,1}$	$L_{1,2}$	$L_{1,3}$	...	100
Z2	$L_{2,1}$	$L_{2,2}$	$L_{2,3}$	...	75
Z3	$L_{3,1}$	$L_{3,2}$	$L_{3,3}$	...	80
Zn	$L_{n,1}$	$L_{n,2}$	$L_{n,3}$	...	n
Приемная способность	70	120	65	n	$\sum_{i=1}^n Z = \sum_{j=1}^n PPK$

Таблица 2

Пункты направления забоев при доставке в пункт приема

Кесте 2

Қабылдау пунктiне жеткізу кезінде кенжарларды жіберу пункттері

Table 2

Points of direction of the faces when delivered to the receiving point

Разрабатываемый забой (Z)	Пункты назначения (РРК)				Запасы
	РРК1	РРК2	РРК3	РРКn	
Z1	70 $L_{1,1}$	30 $L_{1,2}$	$L_{1,3}$	...	100
Z2	$L_{2,1}$	75 $L_{2,2}$	$L_{2,3}$	...	75
Z3	$L_{3,1}$	15 $L_{3,2}$	65 $L_{3,3}$	...	80
Zn	$L_{n,1}$	$L_{n,2}$	$L_{n,3}$	...	n
Приемная способность	70	120	65	n	$\sum_{i=1}^n Z = \sum_{j=1}^n PPK$

Наиболее приемлемым в данном случае является метод потенциалов.

В глубоких карьерах расстояние транспортирования может составлять от 3 км до 6-8 км, и более.

Рассмотрим математическую модель в виде интерпретации распределения горной массы от забоя до пункта приема. В карьере на разных глубинах имеется несколько забоев ($Z_{1...n}$), где экскаваторы выполняют выемочно-погрузочные работы с использованием автосамосвалов. Пусть, в карьере имеется несколько автомобильных дорог ($L_{1...n}$), почти все они ведут на поверхность. На поверхности карьера есть пункты назначения (РРК1...n) для разгрузки горной массы, транспортированной с нижних горизонтов.

Методы

Используемый метод расчета направлен на минимизацию расходов на транспортирование

с помощью составления оптимального плана перевозки. В табл. 1 даны значения «Запасы» и «Приемная способность», которые означают, что на $Z_{1...n}$ имеется определенный объем горной массы (m^3); РРК1-n имеет определенную приемную способность горной массы (m^3); $L_{1,1} - L_{n,3}$ – расстояния между разрабатываемыми забоями и пунктами назначения (км).

С использованием метода потенциалов выделены два этапа перевозки горной массы.

Первый предварительный этап:

- построение опорного (начального) решения;
- присвоение и расчет системы потенциалов;
- проверка первоначального плана на оптимальность.

Если план не является оптимальным, то переходят ко второму (общему) этапу.

Второй этап:

- улучшение плана перевозки;
- исправление системы потенциалов;
- проверка улучшенного плана на оптимальность.

Для решения задачи и получения оптимального плана перевозки необходимо по первому предварительному этапу построить опорное (начальное) решение (табл. 2): с использованием метода северо-западного угла строится начальный план перевозки, выполняемый в рекомендуемой последовательности.

Прежде всего выполняется распределение горной массы (m^3), имеющейся в разрабатываемых забоях, по методу северо-западного угла. Линии (табл. 2) показывают это распределение: т. к. $L_{1,1}$ является северо-западным углом таблицы, распределение горной массы начинается с этого момента (рис. 1.) и должно выполняться так, чтобы в пунктах назначения РПК не было нехватки горной массы или же лишнего груза, т. е., если приемная способность пункта назначения РПК $100 m^3$, то объем отправляемой горной массы из разных забоев не должен превышать $100 m^3$. Количество заполненных клеток (базисных) в первоначальном плане должно быть равным $m + n - 1$ (m – количество строк; n – количество столбцов).

После распределения горной массы и проверки правильности

заполнения опорной табл. 1 выполняется расчет математической функции по начальному плану.

Математическая модель расчета показывает, что целевая функция направлена к минимуму.

$$1. R = 70 \times L_{1,1} + 30 \times L_{1,2} + 75 \times L_{2,2} + 15 \times L_{3,2} + 65 \times L_{3,2} + \dots = x \rightarrow \min.$$

Для проверки оптимальности предлагаемого опорного плана выполняются следующие шаги. Создается опорная матрица расстояний $L_{1...n}$.

Опорная матрица C_1

$$\begin{matrix} L_{1,1} & L_{1,2} & L_{1,3} & Ln \\ L_{2,1} & L_{2,2} & L_{2,3} & Ln \\ L_{3,1} & L_{3,2} & L_{3,3} & Ln \\ Ln & Ln & Ln & Ln \end{matrix}$$

В опорной матрице все клетки L заполняются имеющимися данными.

Новая матрица X_1

$$\begin{matrix} L_{1,1} & L_{1,2} & 0 & Ln \\ 0 & L_{2,2} & 0 & Ln \\ 0 & L_{3,2} & L_{3,3} & Ln \\ Ln & Ln & Ln & Ln \end{matrix}$$

В новой матрице заполняются именно те клетки L , которые в табл. 2 приняты определенным объемом груза, а в остальных клетках ставится ноль. Далее рассчитываются потенциалы для опорной табл. 3 по составленной матрице X_1 :

$$\begin{matrix} 1. V_1 - U_1 = L_{1,1} & 6. V_2 - U_3 = L_{3,2} \\ 2. V_1 - U_2 = L_{2,1} & 7. V_3 - U_2 = L_{2,3} \\ 3. V_1 - U_3 = L_{3,1} & 8. V_3 - U_1 = L_{1,3} \\ 4. V_2 - U_1 = L_{1,2} & 9. V_3 - U_3 = L_{3,3} \\ 5. V_2 - U_2 = L_{2,2} & 10. Vn - Un = Ln \end{matrix}$$

По правилам данного метода один из потенциалов столбцов V приравнивается к нулю и производится расчет. После нахождения потенциалов выполняется расчет для тех клеток составленной новой матрицы X_1 , где поставлен ноль:

$$V_{1...n} - U_{1...n} = X_{1...n}$$

После расчета и заполнения пустых клеток новой матрицы X_1 опорное решение проверяется на оптимальность: определяют, отрицательны ли нарушения именно в тех клетках, где поставлен ноль:

$$\begin{matrix} l_{1,3} = V_3 - U_1 - L_{1,3} \leq 0; \\ l_{2,1} = V_1 - U_2 - L_{2,1} \leq 0; \\ l_{2,3} = V_3 - U_2 - L_{2,3} \leq 0; \\ l_{3,1} = V_1 - U_3 - L_{3,1} \leq 0; \\ l_{1,3} = V_3 - U_1 - L_{1,3} \leq 0; \\ ln = V_{1...n} - U_{1...n} - L_{1...n} \leq 0. \end{matrix}$$

При данном вычислении необходимо, чтобы неравенство выполнялось полностью.

$$L_{1...n} \leq 0.$$

Если в неравенстве имеются нарушения, то план перевозки неоптимален. Далее ведутся расчеты для составления более оптимального плана: если неравенство получилось примерно на клетке $l_{2,3}$, то в табл. 3 в клетке $L_{2,3}$ по правилу ставится знак (+). Чтобы столбец и строка были закрыты, в клетках, где есть распределенный груз, ставится знак (-), т. е. (-) ставится на $L_{3,3}$. Теперь столбец закрыт, но строка остается открытой, поэтому на клетку $L_{3,2}$ ставят (+), а на $L_{2,2}$ помещают (-): строки и столбцы таблицы становятся замкнутыми по знакам.

По методу расчета отрицательный знак (-) изначально ставили на клетку $L_{3,3} - L_{2,2}$, а распределенный груз в них (75:65). Выбирается меньший груз (65), выполняется новое распределение, т. к. в расчете матрицы имеется отрицательное число и план не является оптимальным. Из клеток $L_{3,3}$ и $L_{2,2}$ отнимается груз, равный 65, и добавляется в те клетки, в которых даны положительные значения – это $L_{2,3}$ и $L_{3,2}$. На основании изложенного получена новая таблица плана транспортирования горной массы (табл. 5), по которой составляется новая матрица расстояний L .

Забой, (Z)	Пункты назначения (РПК)				
	РПК1	РПК2	РПК3	РПКn	Запасы
Z1	70 $L_{1,1}$	30 $L_{1,2}$	$L_{1,3}$	...	100
Z2	$L_{2,1}$	75 $L_{2,2}$	$L_{2,3}$	...	75
Z3	$L_{3,1}$	15 $L_{3,2}$	65 $L_{3,3}$	...	80
Zn	$L_{n,1}$	$L_{n,2}$	$L_{n,3}$	...	n
Приемная способность	70	120	65	n	$\sum_{i=1}^n Z = \sum_{j=1}^n PPK$

Рис. 1. Распределение горной массы по методу северо-западного угла.

Сурет 1. Солтүстік-батыс бұрыш әдісі бойынша тау-кен массасын бөлу.

Fig. 1. Distribution of rock mass by the North-West angle method.

Матрица Y_i

$$\begin{matrix} L_{1,1} & L_{1,2} & 0 & L_n \\ 0 & L_{2,2} & L_{2,3} & L_n \\ 0 & L_{3,2} & 0 & L_n \\ L_n & L_n & L_n & L_n \end{matrix}$$

Проводится расчет потенциалов для табл. 5 по полученной матрице Y_i и заполняется новая таблица, где вставлено значение «ноль». Далее проверяется оптимальность нового плана по матрице Y_i с помощью вышеуказанного неравенства. Если оно удовлетворяет требованиям при ведении расчета, то полученный новый план является оптимальным. И для этого плана выполняется расчет целевой математической функции, которая показывает оптимальность выполненных планов.

$$\begin{aligned} 2. R &= 70 \times L_{1,1} + 30 \times L_{1,2} + 10 \times L_{2,2} + \\ &+ 65 \times L_{2,3} + 80 \times L_{3,2} + \dots = \\ &= x \rightarrow \min. \end{aligned}$$

Поскольку второй план оптимален ($x_2 < x_1$), то можно сделать вывод об отправке горной массы по нему (табл. 5), по применяемой методике оптимизируется выполняемая транспортная задача, которая является экономически выгодной.

Результаты

Из определения опорного плана вытекает, что существует оптимальный план, содержащий не более чем $n + m - 1$ положительных значений. Суть метода состоит в том, что опорный план находят последовательно за $n + m - 1$ шагов, на каждом из которых в транспортной таблице заполняют одну клетку⁴.

При построении опорного решения или при его улучшении количество клеток, занятых перевозками, может оказаться меньше, чем $n + m - 1$. В этом случае нельзя построить систему потенциалов, такой план называется вырожденным. Для решения этой задачи в клетку (или клетки) без перевозок проставляют фиктивную перевозку малого объема. При этом объемы перевозок⁵ добавляют в такие клетки, чтобы план не стал вырожденным, то есть количество заполненных клеток должно равняться $n + m - 1$.

Транспортная задача с учетом потенциалов

Таблица 3

Кесте 3

Әлеуетті ескере отырып, көлік міндеті

Table 3

Transport task taking into account potentials

Пункты назначения (РПК)					
РПК1	РПК2	РПК3	РПКn	Запасы	
70 $L_{1,1}$	30 $L_{1,2}$	0	...	100	U1
0	75 $L_{2,2}$	0	...	75	U2
0	15 $L_{3,2}$	65 $L_{3,3}$	...	80	U3
0	0	0	...	n	Un
70	120	65	n	$\sum_{i=1}^n Z = \sum_{j=1}^n PPK$	
V1	V2	V3	Vn		

Примечание: U1, U2, U3, Un – потенциалы строк; V1, V2, V3, Vn – потенциалы столбцов.

Таблица 4

Перераспределение груза

Кесте 4

Жүкті қайта бөлу

Table 4

Reallocation of cargo

Разрабатываемый забой (Z)	Пункты назначения (РПК)				
	РПК1	РПК2	РПК3	РПКn	Запасы
Z1	70 $L_{1,1}$	30 $L_{1,2}$	$L_{1,3}$	...	100
Z2	$L_{2,1}$	75 $L_{2,2}$ –	$L_{2,3}$ +	...	75
Z3	$L_{3,1}$	15 $L_{3,2}$ +	65 $L_{3,3}$ –	...	80
Zn	$L_{n,1}$	$L_{n,2}$	$L_{n,3}$	...	n
Приемная способность	70	120	65	n	

Таблица 5

Оптимальный план перевозки

Кесте 5

Оңтайлы тасымалдау жоспары

Table 5

Optimal transportation plan

Разрабатываемый забой (Z)	Пункты назначения (РПК)				
	РПК1	РПК2	РПК3	РПКn	Запасы
Z1	70 $L_{1,1}$	30 $L_{1,2}$	0	...	100
Z2	0	10 $L_{2,2}$ –	65 $L_{2,3}$ +	...	75
Z3	0	80 $L_{3,2}$ +	0 –	...	80
Zn	$L_{n,1}$	$L_{n,2}$	$L_{n,3}$	...	n
Приемная способность	70	120	65	n	$\sum_{i=1}^n Z = \sum_{j=1}^n PPK$

⁴Тюхтина А.А. Математические модели логистики: учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет, 2016. – 65 с.

⁵Резниченко С.С., Подольский М.П., Ашихмин А.А. Экономическо-математические методы и моделирование в планировании и управлении горным производством. – М.: Недра, 1991. – 429 с.

Выводы

Таким образом, разработка математической модели распределения автомобильного транспорта для транспортирования горной массы от забоя до пункта приема на глубоких горизонтах

карьера с учетом горнотехнических факторов (производительность автосамосвалов, уклон трассы, средняя скорость движения) позволит повысить производительность автосамосвала, улучшить выполнение маневров,

оптимизировать планирование работы карьерного автомобильного транспорта, а также оптимизировать транспортную задачу при условии оптимальности плана перевозки горной массы с нижних горизонтов карьера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вуейкова О.Н., Ларин О.Н. Вопросы повышения эффективности работы карьерного автотранспорта. // Вестник ОГУ. – 2011. – №10(129). – С. 26-33. (на русском языке)
2. Krause A. Моделирование систем карьерных экскаваторов с использованием модели ремонта машин. // Журнал Южно-Африканского института горного дела и металлургии. – 2007. – Т. 107. – С. 469-476. (на английском языке)
3. Журба А.В. Моделирование транспортного процесса на участке угольного разреза. // Труды КГТУ. – 2006. – №4. – С. 126-132. (на русском языке)
4. Салахиев Р.Г. Имитационное моделирование и автоматизированное управление горнотранспортными работами в карьерах. // Горный журнал. – 2012. – №1. – С. 82-85. (на русском языке)
5. Бахтурин Ю.А. Моделирование работы сложных транспортных систем карьеров. // ГИАБ. – 2011. – №1. – С. 82-90. (на русском языке)
6. Журавлев А.Г., Скороходов А.В. Моделирование параметров транспортных систем глубоких карьеров. // ГИАБ. – 2015. – №S56. – С. 336-349. (на русском языке)
7. Журавлев А.Г., Скороходов А.В. К вопросу обоснования производительности экскаваторно-автомобильных комплексов методом компьютерного моделирования. // Проблемы недропользования. – 2015. – №2(5). – С. 53-60. (на русском языке)
8. Ларин О.Н., Вуейкова О.Н. Факторный анализ производительности карьерного автотранспорта Сарбайского карьера. // Транспорт: наука, техника, управление. – 2011. – №1. – С. 29-32. (на русском языке)
9. Басс К.М., Куваев С.Н., Плахотник В.В., Кривда В.В. Плоскостное и пространственное математическое моделирование движения карьерного автотранспорта. // Научный вестник НГУ. – 2013. – №1(30). – С. 10-15. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Вуейкова О.Н., Ларин О.Н. Мансаптық автокөлік жұмысының тиімділігін арттыру мәселелері. // ОГУ Хабаршы. – 2011. – №10(129). – Б. 26-33. (орыс тілінде)
2. Krause A. Машиналарды жөндеу моделін қолдана отырып, карьерлік экскаватор жүйелерін модельдеу. // Оңтүстік Африка тау-кен және металлургия институтының журналы. – 2007. – Т. 107. – Б. 469-476. (ағылшын тілінде)
3. Журба А.В. көмір разрезі учаскесіндегі көлік процесін модельдеу. // ҚМТУ еңбектері. – 2006. – №4. – Б. 126-132. (орыс тілінде)
4. Салахиев Р.Г. Карьерлердегі тау-кен көлігі жұмыстарын имитациялық моделдеу және автоматтандырылған басқару. // Тау-кен журналы. – 2012. – №1. – Б. 82-85. (орыс тілінде)
5. Бахтурин Ю.А. карьерлердің күрделі көлік жүйелерінің жұмысын модельдеу. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2011. – №1. – Б. 82-90. (орыс тілінде)
6. Журавлев А.Г., Скороходов А.В. Терең карьерлердің көлік жүйелерінің параметрлерін модельдеу. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2015. – №S56. – Б. 336-349. (орыс тілінде)
7. Журавлев А.Г., Скороходов А.В. Компьютерлік модельдеу әдісімен экскаватор-автомобиль кешендерінің өнімділігін негіздеу мәселесіне. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері. – 2015. – №2(5). – Б. 53-60. (орыс тілінде)
8. Ларин О.Н., Вуейкова О.Н. Сарыбай карьерінің карьерлік автокөлігінің өнімділігін факторлық талдау. // Көлік: ғылым, технология, басқару. – 2011. – №1. – Б. 29-32. (орыс тілінде)
9. Басс К.М., Куваев С.Н., Плахотник В.В., Кривда В.В. Карьерлік автокөлік қозғалысын жазықтық және кеңістіктік математикалық модельдеу. // НМУ Ғылыми хабаршысы – 2013. – №1(30). – Б. 10-15. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Vu'eikova O.N., Larin O.N. Voprosy povysheniya e'ffektivnosti raboty kar'ernogo avtotransporta [Questions of improving the efficiency of quarry vehicles]. // Vestnik

- Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Orenburg State University. – 2011. – №10(129) – P. 26-33. (in Russian)*
2. Krause A. *Modelling open pit shovel-truck systems using the machine repair model. // The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2007. – Vol. 107. – P. 469-476. (in English)*
 3. Zhurba A.V. *Modelirovanie transportnogo processa na uchastke ugol'nogo razreza [Modeling of the transport process at the site of a coal mine]. // Trudy Krasnoyarskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta = Proceedings of the Krasnoyarsk State Technical University. – 2006. – №4. – P. 126-132. (in Russian)*
 4. Salakhiev R.G. *Imitacionnoe modelirovanie i avtomatizirovannoe upravlenie gornotransportnymi rabotami v kar'erax [Simulation modeling and automated management of mining transport works in quarries]. // Mining journal = Gornyy zhurnal. – 2012. – №1. – P. 82-85. (in Russian)*
 5. Bakhturin Yu.A. *Modelirovanie raboty slozhnykh transportnykh sistem kar'erov [Modeling of the work of complex transport systems of quarries]. // Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten' = Mining information and analytical Bulletin. – 2011. – №1. – P. 82-90. (in Russian)*
 6. Zhuravlev A.G., Skorokhodov A.V. *Modelirovanie parametrov transportnykh sistem glubokix kar'erov [Modeling of parameters of transport systems of deep quarries]. // Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten' = Mining information and analytical Bulletin. – 2015. – P. 336-349. (in Russian)*
 7. Zhuravlev A.G., Skorokhodov A.V. *K voprosu obosnovaniya proizvoditel'nosti e'kskavatorno-avtomobil'nykh kompleksov metodom komp'yuternogo modelirovaniya [On the issue of substantiating the productivity of excavator-automobile complexes by the method of computer modeling] // Problemy nedropol'zovaniya = Problems of subsurface use. – 2015. – P. 53-60. (in Russian)*
 8. Larin O.N., Vujejkova O.N. *Faktornyy analiz proizvoditel'nosti kar'ernogo avtotransporta Carbajskogo kar'era [Factor analysis of the performance of quarry vehicles of the Sarbaysky quarry]. // Transport: nauka, texnika, upravlenie = Transport: science, technic, management. – 2011. – №1. – P. 29-32. (in Russian)*
 9. Bass K.M., Kuvaev S.N., Plaxotnik V.V., Krivda V.V. *Ploskostnoe i prostranstvennoe matematicheskoe modelirovanie dvizheniya kar'ernogo avtotransporta [Planar and spatial mathematical modeling of the movement of mining trucks]. // Nauchnyy vestnik NGU = Scientific bulletin of national mining University magazine. – 2013. – №1(30). – P. 10-15. (in Russian)*

Сведения об авторах:

Наимова Р.Ш., д-р техн. наук, профессор кафедры «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), Sherzod.tash135@gmail.com; **ORCID** 0000-0002-2293-6059

Мавлонов Ш.М., начальник службы технологического транспорта Центрального рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината (г. Зарафшан, Узбекистан), hamrulltelov@gmail.com; **ORCID** 0000-0002-2293-6059

Юсупов Н.Б., начальник управления автомобильного транспорта Центрального рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината (г. Зарафшан, Узбекистан), mail; **ORCID** 0000-0002-8618-3703

Каримов Ш.В., докторант кафедры «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), karimov20-13@mail.ru; **ORCID** 0000-0002-8618-3703

Авторлар туралы мәлімет:

Наимова Р.Ш., техника ғылымдарының докторы, Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің «Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры (Ташкент қ., Өзбекстан)

Мавлонов Ш.М., Навои тау-кен металлургия комбинатының, Орталық кен басқармасының, технологиялық көлік қызметінің бастығы (Зарафшан қ., Өзбекстан)

Юсупов Н.Б., Навои тау-кен металлургия комбинатының, Орталық кен басқармасының, автомобиль көлігі басқармасының бастығы (Зарафшан қ., Өзбекстан)

Каримов Ш.В., Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университеті «Тау-кен ісі» кафедрасының докторанты (Ташкент қ., Өзбекстан)

Information about authors:

Naimova R.Sh., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Mining Department of the Tashkent State Technical University named Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

Mavlonov Sh.M., Head at the Technological Transport Service at the Central Mining Administration of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (Zarafshan, Uzbekistan)

Yusupov N.B., Head at the Automobile Transport Department at the Central Mining Administration of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (Zarafshan, Uzbekistan)

Karimov Sh.V., Doctoral Student at the Department of Mining of the Tashkent State Technical University named Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

Код МРНТИ 52.13.23

В.Ф. Демин, А.Б. Кыдрашов, С.В. Барсуков, М.Н. Жумабеков

Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРОЧНЕНИЯ ПОРОД КРОВЛИ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИМИ СОСТАВАМИ

Аннотация. В статье приведены результаты научных и экспериментальных работ, направленных на предотвращение образования неустойчивых вмещающих пород в лаве и их упрочнение в зоне обрушения кровли в сложных горнотехнических условиях разработки. Рекомендована технология по упрочнению неустойчивых пород в зоне обрыва кровли в лаве, которая позволит повысить устойчивость породных обнажений с учетом горно-геологических условий и горнотехнических факторов эксплуатации. При обоснованных параметрах упрочнения создаваемая укрепленная зона имеет более высокие прочностные характеристики, нежели приконтурные породы, расположенные за ее пределами, что дает возможность обеспечения ее устойчивости. При выборе типа крепи необходимо учитывать физические и механические свойства горных пород, а также другие факторы.

Ключевые слова: горные выработки, исследование деформационных процессов, параметры крепления, геомеханические процессы, проявления горного давления, технологические схемы, устойчивость породных обнажений, горнотехнические факторы, схемы развития горных работ, напряженно-деформированное состояние, лава, массив.

Тез қататын құрамдармен төбені нығайту технологияларын қолдану

Андатпа. Тау-кен қазбаларындағы тұрақсыз тау жыныстардың құлауын болдырмауға және оларды күрделі тау-кен жағдайында төбенің құлау аймағында нығайтуға бағытталған ғылыми-тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері келтірілген. Тау-кен геологиялық жағдайлары мен жұмыс істеудің техникалық факторларын ескере отырып, тау жыныстарының тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік беретін тұрақсыз тау жыныстарын төбеге орнықтыру технологиясы ұсынылады. Арнайы құраммен нығыздалған аймақтың параметрлері контур маңы сыртындағы аймағынан тыс жатқан тау жыныстарға караганда жоғары беріктік сипаттамаларына ие, бұл оның тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бекітпе таңдауына физикалық-механикалық касиеттері және басқа факторлар әсер етеді.

Түйінді сөздер: тау-кен қазбалары, деформация үрдістерді зерттеу, бекіту параметрлері, геомеханикалық үрдістер, тау қысымының көріністері, технологиялық сызбалар, тау жыныстарының ұңғу кезіндегі тұрақтылығы, тау-кен техникалық факторлары, тау-кен қазу жұмыстарының даму сызбанұсқалары, кернеулі-деформациялық күйі, лава, шынтас.

Application of technologies for hardening roofs with quick-hardening compounds

Abstract. The results of scientific and experimental work aimed at preventing the collapse of unstable host rocks in the longwall and their strengthening in the zone of roof collapse in difficult mining conditions are presented. A technology is recommended to strengthen unstable rocks in the zone of a roof cliff in a longwall, which will increase the stability of rock outcrops, taking into account mining and geological conditions and mining technical factors of operation. With reasonable hardening parameters, the created fortified zone has high strength characteristics than the boundary rocks located outside it, which makes it possible to ensure its stability. The physical and mechanical properties of rocks and other factors affect the choice of support.

Key words: mine workings, study of deformation processes, fastening parameters, geomechanical processes, manifestations of rock pressure, technological schemes, stability of rock out-crops, mining technical factors, mining development schemes, stress-strain state, longwall, massif.

Введение

Устойчивость горных выработок зависит от следующих факторов: характеристик вмещающих пород; вида и плотности крепления выработок; места заложения выработок и их ориентации в массиве к действующим напряжениям. Породы кровли в проводимых выработках имеют невысокую прочность (20-37 МПа) и относятся к классу неустойчивых; при обнажении более 1 м обрушаются. Породы почвы склонны к размоканию и пучению. В тектоническом отношении разрабатываемые пласты относятся к сложным. Господствующие формы разрывных нарушений – сбросы и взбросы.

Залегание пластов – от полого-наклонного до крутого. Система разработки пластов – длинные столбы по простиранию и падению. Широкое внедрение технологических схем бесцеликовой выемки пластов обусловило высокие затраты на поддержание выработок и необходимость проведения новых выработок вприсечку к выработанному пространству¹.

Материалы и методы исследования

Применение синтетических смол на шахтах Карагандинского угольного бассейна для заполнения куполов и пустот в закрепных пространствах позволяет не только перераспределить напряженное состояние

Таблица 1

Условия применения способов упрочнения пород кровли

Кесте 1

Төбенің тау жыныстарын нығайту әдістерін қолдану шарттары

Table 1

Conditions for the application of methods of strengthening roof rocks

Свойства укрепляемых пород	Целесообразные способы упрочнения	
	Нагнетание полиуретановых составов	Химическое анкерование
Мощность обрушающихся пород, $h_{обр}$, м	Более 0,8	Более 0,4
Группа пород по кусковатости	I и II	II, III и IV

¹Сидсмен Р. Обзор анкерного крепления на шахтах Караганды. / Арселор-Миттал. – 2010. – 35 с.

Таблица 2

Параметры способа упрочнения пород кровли нагнетанием полиуретановых составов

Кесте 2

Төбенің тау жыныстарын полиуретанды қосылыстармен айдау арқылы қатайту әдісінің параметрлері

Table 2

Parameters of the method of hardening roof rocks by injection of polyurethane compounds

Свойства управляемых пород		Угол подъема шпуров, град	Расстояние между шпурами, м	Расход состава на шпур, кг
Мощность обрушающихся пород $h_{обр}$, м	Группа пород по кусковатости			
Менее 1,5 м	I	10...15	2,5...3,0	100...140
	II	10...15	3,5...4,0	160...180
Более 1,5 м	I	15...20	3,0...3,5	160...200
	II	15...20	4,0...5,0	200...250

массива в проводимой выработке либо очистном забое, но и исключить вероятность скопления метана, а это значит, предотвратить создание аварийных ситуаций. Применение смол неоднократно подтвердило свои преимущества как материала, способствующего тушению и развитию окислительных процессов, происходящих в обработанных пространствах.

Упрочнение пород кровли производится нагнетанием полиуретановых составов и химическим анкерованием. При выборе способа упрочнения пород кровли быстро твердеющими составами главным критерием, в соответствии с которым выбираются способ и параметры технологической схемы упрочнения пород кровли, является их средняя кусковатость при обрушениях².

К первой (I) группе относятся породы, в которых при обрушении преобладают куски размером менее 0,1 м, ко второй (II) – 0,1...0,3 м, к третьей (III) – 0,3...0,5 м и к четвертой (IV) – более 0,5 м. Условия³, в которых применение каждого из способов упрочнения будет наиболее целесообразным, приведены в табл. 1. Кроме того, пласт, на котором производится упрочнение пород кровли быстродействующими составами, не должен быть подработан нижележащим пластом на расстоянии менее 12 м.

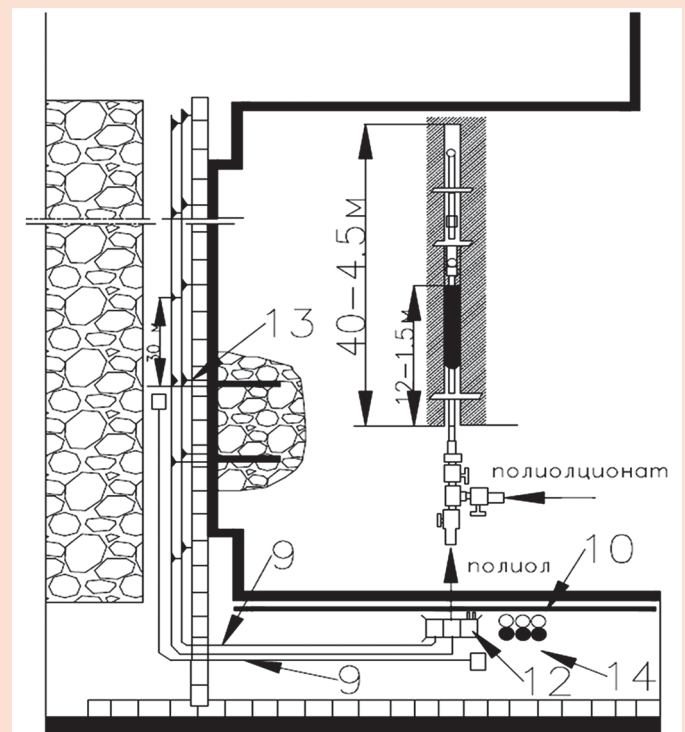
Технология упрочнения пород нагнетанием скрепляющих полиуретановых составов включает в себя: подготовительные операции, непосредственно работы по нагнетанию и заключительные операции⁴ (демонтаж смесительно-запорной арматуры, уборка средств бурения, промывка нагнетательной установки, демонтаж линии связи и другие).

Нагнетание полиуретановых составов проводится через шпуры диаметром 42...45 мм и длиной 4,0...4,5 м с герметизацией их на глубине 1,2...1,5 м при номинальном давлении нагнетания 2...5 МПа и темпом нагнетания 7...9 л/мин.

Угол подъема шпуров для нагнетания, расстояние между ними и расход состава на один шпур выбираются в соответствии с данными табл. 2.

Повторное выполнение работ по нагнетанию полиуретановых составов рекомендуется производить после

подвигания лавы на 3,5...4,0 м. Если при продвигании лавы на 2,0...2,5 м наблюдаются значительные обрушения пород, нагнетание следует повторить в шпуры в промежутках между первоначальными.



- 1 – тройник; 2 – шаровой кран; 3 – ниппель;
4 – лабиринтный смеситель; 5 – загрузочная трубка;
6 – герметизатор; 7 – удлинительные трубки; 8 – обратный клапан;
9 – высоконапорная магистраль; 10 – сжатый воздух;
11 – телефонная связь; 12 – нагнетательная установка;
13 – отводные шланги; 14 – емкости с компонентами

Рис. 1. Технологическая схема упрочнения пород кровли нагнетанием полиуретановых составов.
Сурет 1. Төбенің тау жыныстарын полиуретанды қосылыстар айдау арқылы нығайтудың технологиялық сызбасы.

Figure 1. Technological scheme of strengthening of roof rocks by injection of polyurethane compounds.

²Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах Кузбасса. – СПб.: ОАО «ВНИИМИ», 2011. – 150 с.

³Губер О. Разработка и поставка инструментов цифрового моделирования. / Коммерческое предложение. – Караганда, 2011. – 10 с.

⁴Қацаға Т.Я. Моделирование состояния выработок в проходке и в зоне влияния очистных работ FLAC 3D. / Коммерческое предложение (США). – Караганда, 2011. – 10 с.



Рис. 2. Схемы химического анкерования неустойчивых пород кровли.

Сурет 2. Төбениң тұрақсыз тау жыныстарын химиялық бекітуге арналған сызбалар.

Figure 2. Schemes for chemical anchoring of unstable roof rocks.

Работы по упрочнению пород кровли рекомендуется выполнять в ремонтно-подготовительную смену. Площадь упрочняемой зоны может достигать 100...140 м² кровли в смену, протяженность упрочняемого участка неустойчивой кровли по длине лавы – 20...35 м, количество обрабатываемых в смену шпуров – 6...8.

Технология упрочнения пород кровли способом химического анкерования

Сущность химического анкерования заключается в армировании массива пород стержнями (анкерами), закрепленными по всей длине шпура твердеющими химическими композициями, компоненты которых предварительно подаются в шпур в ампулах. После разрушения находящихся в шпуре ампул (путем вращения сверлом армирующего стержня), компоненты химической композиции смешиваются, заполняют пространство между поверхностью стержня и стенками шпура и вступают в реакцию полимеризации. В результате отверждения состава осуществляется не только армирование ослабленного породного массива жесткими стержнями, но и упрочнение его твердеющей химической композицией, проникающей в околоспуровые трещины [1].

В зависимости от места установки анкеров в породном массиве, а также от мощности обрушившихся пород и степени их нарушенности (группа по кусковатости) используются следующие модификации схем химического анкерования неустойчивых пород кровли в очистных забоях: однородная с механическими связями между стержнями по горизонтали; двухрядная с механическими связями между стержнями по вертикали; двухрядная с механическими связями между стержнями по вертикали и горизонтали; однородная без механических связей между стержнями (профилактическое анкерование) [2].

Анкерование по одной из первых трех схем осуществляется сразу же после обрушения пород кровли в лаве. Эти схемы можно назвать схемами первичного анкерования (рис. 2).

Профилактическое анкерование производится после первичного анкерования и подвигания лавы на расстояние, равное глубине первичного анкерования, при условии прекращения обрушения пород кровли. Под глубиной анкерования пород кровли в лаве

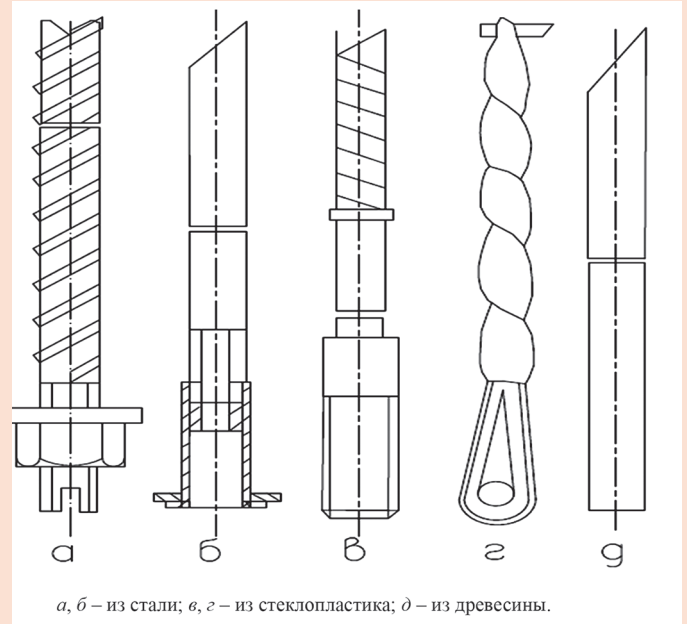


Рис. 3. Армирующие стержни для химического анкерования.

Сурет 3. Химиялық қарнаққа арналған арматуралық шыбықтар.

Figure 3. Reinforcing rods for chemical anchoring.

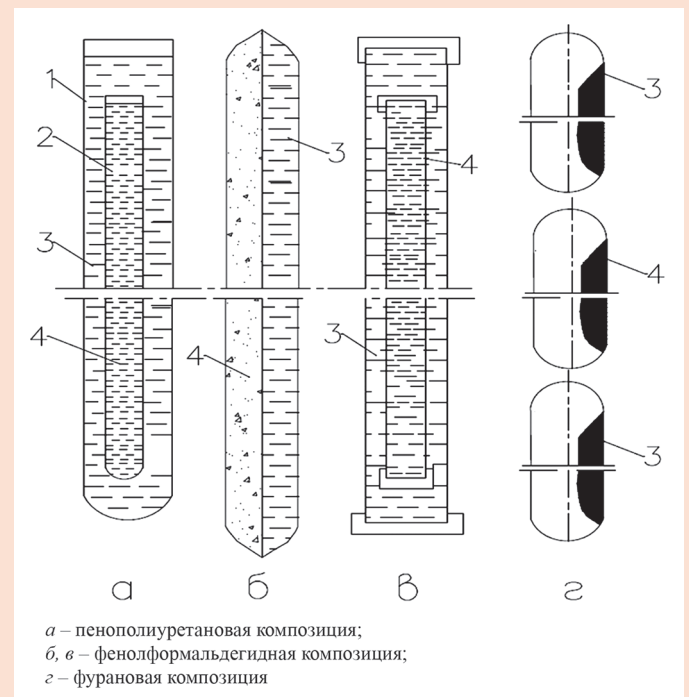


Рис. 4. Ампулы с различными химическими композициями.

Сурет 4. Әр түрлі химиялық құрамы бар ампулалар.

Figure 4. Ampoules with various chemical compositions.

Таблица 3

Шаг установки анкеров в ряду

Кесте 3

Қарнақты орнату қадамы

Table 3

Anchor installation step in a row

Технологическая схема химического анкерования	Шаг установки анкеров в группах обрушающихся пород по кусковатости		
	II	III	IV
Однорядная и двухрядная	0,5 м	0,7 м	0,9 м
Однорядная профилактическое анкерование	0,7 м перед каждым из первых двух циклов по выемке угля (после удержания кровли анкерованием) и 0,9 м перед каждым из двух последующих циклов по выемке угля	0,9 м перед каждым из первых двух циклов по выемке угля (после удержания кровли анкерованием)	Профилактическое не производится

подразумевается расстояние (в направлении подвигания лавы), на которое распространяется упрочнение от одного цикла анкерования [3].

Глубина первичного анкерования устанавливается экспериментальным путем и часто она равна ширине захвата комбайна или удвоенному шагу установки (передвижки) крепи при струговой выемке.

Глубина профилактического анкерования равна ширине захвата или шагу установки (передвижки) крепи при струговой выемке.

Армирующие стержни выполняются из стального проката, стеклопластика и древесины. Для укрепления массивов пород кровли в лавах применяются стальные стержни. Стержни из стеклопластика и древесины используют для укрепления угольных забоев в лавах методом химического анкерования на пластах мощностью более 2,5...3,0 м (рис. 3). Металлические армирующие стержни изготавливают из арматурной или гладкой стали диаметром 25 мм и 28 мм [4].

С целью гарантированного разрушения ампул и лучшего перемешивания химических компонентов концы металлических стержней выполняют в виде «ласточки хвоста» или срезают под углом 45°. Ампулы с химическими композициями выпускают диаметром

36...38 мм (под шпуров диаметром 42...44 мм) и длиной 300...350 мм (рис. 4). Ампулы представляют собой полиэтиленовую оболочку 1, заполненную полиэфиром 3, в которую помещается стеклянная пробирка 2, запечатанная пробкой.

Шаг установки анкеров (расстояние между анкерами) в ряду устанавливается по данным табл. 3. Приведенные в табл. 3 рекомендации распространяются на химическое анкерование пород кровли на сопряжениях лавы с подготовительными выработками [5, 6].

Заключение

Предложена технологическая схема упрочнения пород кровли нагнетанием полиуретановых составов и схемы химического анкерования неустойчивых пород кровли. С использованием смол были получены следующие результаты: замедлилась конвергенция в высоконагруженных выработках на 60-80%; снизились затраты на крепежные материалы до 20 тыс. тенге на 1 м выработки; повысилась безопасность работ в призабойном пространстве; достигнуто устойчивое состояние выработок.

При обоснованных параметрах упрочнения создаваемая укрепленная зона имеет более высокие прочностные характеристики, нежели приконтурные породы, расположенные за ее пределами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хямяляйнен В.А., Майоров А.Е. Новые способы цементационного упрочнения горных пород. // ГИАБ. – М.: Горная книга, 2010. – Семинар 19. – С. 212-217. (на русском языке)
2. Renliang Shan, Pengcheng Huang, Honghu Yuan, Chi Meng and Shupeng Zhang. Исследование полносекционного анкерного троса и С-образной трубчатой опоры проезжей части горных выработок на островных угольных забоях. // Журнал азиатской архитектуры и строительства. – 2021. – С. 1-13. – Идентификатор статьи 5593601. (на английском языке)
3. Aziz N., Rasekh H., Mirzaghobanali A., Yang G., Khaleghparast S., Nemcik J. Экспериментальное исследование характеристик сдвига полностью герметизированных канатных анкеров при испытании на одиночный сдвиг // Горная механика и горная инженерия. – 2018 (1 июля). – Т. 51. – Вып. 7. – С. 2207-2221. (на английском языке)
4. Chen J., Hagan P.C., Saydam S. Характеристики передачи нагрузки полностью залитых канатных анкеров, армированных в слабых породах, в условиях растягивающей нагрузки. // Журнал геотехнических испытаний. – 2016 (март). – Т. 39. – Вып. 2. – С. 252-263. (на английском языке)

5. Blanco Martín, Tijani M., Hadj-Hassen F. Новое аналитическое решение для определения механических свойств полностью залитых анкером анкерных болтов, подвергнутых испытаниям на вырыв. // *Строительство и строительные материалы*. – 2011 (февраль). – Т. 25. – Вып. 2. – С. 749-755. (на английском языке)
6. Freeman T.J. Поведение полностью скрепленных анкерных болтов в экспериментальном туннеле Килдера. // *Тоннели*. – 1978. – Т. 10. – Вып. 5. – С. 37-40. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. В.А. Хямяляйнен, А.Е. Майоров. Тау жыныстарын цементтеу арқылы қатаюдың жаңа әдістері // *Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені*. – М.: Тау кітабы, 2010. – Семинар 19. – Б. 212-217. (орыс тілінде)
2. Renliang Shan, Pengcheng Huang, Honghu Yuan, Chi Meng and Shupeng Zhang. Толық секциялы қанаттық қарнақты және аралдық көмір қабаттарындағы тау-кен қазбасының C-тәрізді құбырды ұстап тұру жүйесін зерттеу. // *Азия сәулет өнері және құрылыс инженері журналы*. – 2021. – Б. 1-13. – Мақала идентификаторы 5593601. (ағылшын тілінде)
3. Aziz N., Rasekh H., Mirzagherbanali A., Yang G., Khaleghparast S., Nemcik J. Толық инкапсуляцияланған қарнақ болттарының бір ығысу кезінде ығысу өнімділігі туралы эксперименттік зерттеу. // *Жартас механикасы және тау жыныстарының техникасы*. – 2018 (1 шілде). – Т. 51. – Шығ. 7. – Б. 2207-2221. (ағылшын тілінде)
4. Chen J., Hagan P.C., Saydam S. Кернеуді жүктеу жағдайында әлсіз жыныстарда нығайтылған толығымен ерітілген арқанды қарнақтарының жүкті беру тәртібі. // *Геотехникалық тестілеу журналы*. – 2016 (наурыз). – Т. 39. – Шығ. 2. – Б. 252-263. (ағылшын тілінде)
5. Blanco Martín, Tijani, M., Hadj-Hassen, F. Шығарылатын сыналған, толық дайындалған қарнақтардың механикалық сипаттамасына арналған жаңа аналитикалық шешім. // *Құрылыс және құрылыс материалдарының*. – 2011 (ақпан). – Т. 25. – Шығ. 2. – Б. 749-755. (ағылшын тілінде)
6. Freeman T.J. Киелдерлік тәжірибелік туннельдегі толық байланыстырылған қарнақтарының әрекеті. // *Туннельдер*. – 1978. – Т. 10. – Шығ. 5. – Б. 37-40. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Hiamialianen V.A., Maiorov A.E. Novye sposoby cementacionnogo uprochneniya gornyx porod [New methods of cementation hardening of rocks]. // *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' = Mining information and analytical bulletin*. – М.: Gornaya kniga = Mining Book, 2010. – Seminar 19. – P. 212-217. (in Russian)
2. Renliang Shan, Pengcheng Huang, Honghu Yuan, Chi Meng and Shupeng Zhang. Research on the full-section anchor cable and C-shaped tube support system of mining roadway in island coal faces. // *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. – 2021. – P. 1-13. – Article ID 5593601. (in English)
3. Aziz N., Rasekh H., Mirzagherbanali A., Yang G., Khaleghparast, S., Nemcik, J. An experimental study on the shear performance of fully encapsulated cable bolts in single shear test. // *Rock Mechanics and Rock Engineering*. – 2018 (July 1). – Vol. 51. – Issue 7. – P. 2207-2221. (in English)
4. Chen J., Hagan P.C., Saydam S. Load transfer behavior of fully grouted cable bolts reinforced in weak rocks under tensile loading conditions. // *Geotechnical Testing Journal*. – 2016 (March). – Vol. 39. – Issue 2. – P. 252-263. (in English)
5. Blanco Martín, Tijani, M., Hadj-Hassen, F. A new analytical solution to the mechanical behaviour of fully grouted rockbolts subjected to pull-out tests // *Construction and Building Materials*. – 2011 (February). – Vol. 25. – Issue 2. – P. 749-755. (in English)
6. Freeman, T.J. The behaviour of fully-bonded rock bolts in the kielder experimental tunnel. // *Tunnels and Tunnelling*. – 1978. – Vol. 10. – Issue 5. – P. 37-40. (in English)

Сведения об авторах:

Демин В.Ф., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), vladfdemin@mail.ru;

ORCID 0000-0002-1718-856X

Кыдрашов А.Б., магистр техн. наук, докторант, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), a.kydrashov@mail.ru; **ORCID** 0000-0002-1404-1589

Барсуков С.В., магистр техн. наук, докторант специальности «Горное дело» кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан) Sergey.com@mail.ru; **ORCID** 0000-0002-2448-6944

Жумабеков М.Н., старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), marat_zhumabekov@inbox.ru; **ORCID** 0000-0003-2551-7295

Авторлар туралы мәліметтер:

Демин В.Ф., техника ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Кыдрашов А.Б., техника ғылымдарының магистрі, докторант, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Барсуков С.В., техника ғылымдарының магистрі, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының «Тау-кен ісі» мамандығының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Жумабеков М.Н., «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Vladimir F. Demin, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Adilzhan B. Kydrashov, Master of Technical Sciences, PhD Student, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Sergey V. Barsukov, Master of Technical Sciences, PhD Student of the Specialty «Mining» at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Marat N. Zhumabekov, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)



Иновационные решения и доказанная эффективность

ME Elecmetal обладает знаниями, опытом и производственными мощностями, которые помогут вам внедрить эффективные технологии дробления и измельчения, увеличить производительность и повысить коэффициент использования оборудования.

Изнашиваемые детали для мельниц

Передовые решения конструкций футеровки для мельниц посусамозмельчения, самоизмельчения, шаровых и стержневых

- Стальные
- Резиновые
- Композитные

Мелющие тела

Кованые мелющие тела высочайшего качества для всех видов мельниц

- ME Super SAG®: 4" to 6.25"
- ME Ultra Grind®: 1.5" to 4"
- ME Performa® II: 0.88" to 4.0"

Износостойкие брони для дробилок

Изнашиваемые детали для первичного, вторичного и третичного дробления

- Гиравационные дробилки
- Щековые дробилки
- Конусные дробилки



Код МРНТИ 52.45.17

Ш.А. Телков¹, И.Ю. Мотовилов¹, А. Уйсимбек^{1,2}¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Товарищество с ограниченной ответственностью «Kaz Minerals Aktogay» (г. Алматы, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ НА ОБОГАТИМОСТЬ МАРГАНЦЕВОЙ РУДЫ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ КАРТОБАЙ

Аннотация. На пробе руды рудопроявления Картобай были выполнены исследования по определению обогатимости с целью разработки технологии ее переработки. Исследован характер распределения марганца и железа по классам крупности при сухом и мокром расसेве дробленной руды. Определена возможность получения марганцевых концентратов с использованием операций сухого и мокрого рассева. На основании результатов исследований ситовых составов руды выполнены исследования по отсадке классов $-50+10$ мм, $-10+2,5$ мм и $-2,5+0,63$ мм с целью определения возможных технологических показателей и режимов отсадки. На основании полученных результатов исследований разработана технологическая схема переработки марганцевой руды рудопроявления Картобай и определены возможные технологические показатели обогащения.

Ключевые слова: гранулометрический состав, ситовый анализ, гравитационная обогатимость, отсадка, концентрат, хвосты, содержание, извлечение, марганец, железо.

Картобай кен көрінісінің марганец кенін байытуға зерттеу

Аңдатпа. Авторлар Картобай кенінің сынамасында оны байыту технологиясын әзірлеу мақсатында зерттеулер жүргізді. Жұмыстың мақсаты – ұсақталған кендегі ірілік кластары бойынша марганец пен темірдің таралу сипатын зерттеу, сондай-ақ гравитациялық қасиеттерін анықтау және оны байыту технологиясын әзірлеу. Ұнтақталған кенді құрғақ және дымқыл себу кезінде марганец пен темірдің ірілік кластары бойынша таралу сипаты зерттелді. Құрғақ және дымқыл себу операцияларын қолдана отырып, марганец концентраттарын алу мүмкіндігі анықталды. Кеннің елек құрамдарын зерттеу нәтижелері негізінде ықтимал технологиялық көрсеткіштер мен тұндыру режимдерін айқындау мақсатында $-50+10$ мм, $-10+2,5$ мм және $-2,5+0,63$ мм кластарды тұндыру бойынша зерттеулер жүргізілді. Алынған зерттеу нәтижелері негізінде Картобай кен көрінісінің марганец кенін байытудың технологиялық схемалары әзірленді және байытудың ықтимал технологиялық көрсеткіштері анықталды.

Түйінді сөздер: гранулометриялық құрам, елек талдауы, гравитациялық байыту, тұндыру, концентрат, байыту қалдықтары, құрам, байыту, марганец, темір.

Research of manganese ore enrichment of Kartobay ore occurrence

Abstract. The ore from Kartobay deposit, crushed to 50 mm, was studied in order to determine the possibility of using gravitational concentration methods. The study allowed to prove the option of applying the jigging method. The process flowchart for concentration of ore with class size -50 to $+0,063$ mm has been developed based on jigging lumpy and fine fractions. The gravitational flowchart for handling and concentration of this ore allows to obtain the following manganese concentrates: concentrate of class size 50-10 mm, with yield 30,19%, manganese content 40,47%, manganese recovery 62,63 %; concentrate of class size 10-2,5 mm, with yield 2,60%, manganese content 38,08%, manganese recovery 5,07%; concentrate of class size 2,5-0,063 mm, with yield 1,86%, manganese content 38,64%, manganese recovery 3,63%.

Key words: ore, sieve analysis, gravity enrichment, jigging, concentrate, tailings, content, recovery, manganese, iron.

Введение

В настоящее время горно-металлургический комплекс является одной из базовых отраслей промышленности Республики Казахстан, играющей важную роль в формировании макроэкономических показателей страны. Поэтому от того, как в дальнейшем будет развиваться горно-металлургический комплекс, во многом будет зависеть поступательное развитие национальной экономики в целом [1, 2].

Республика Казахстан по запасам марганцевых руд занимает третье место в мире, при этом основные запасы их находятся в Центральном Казахстане и представлены месторождениями Атасуйского, Жездинско-Улытауского рудных районов¹ [3, 4]. В других регионах только единичные рудопроявления достигают размера мелких месторождений [5, 6]. Важно отметить, что на сегодняшний день из добываемых в мире 11 млрд т марганца на долю нашей республики приходится более 250 млн т, что обеспечивает ей 11 место в мире.

В Казахстане имеется более 100 месторождений и рудопроявлений. Государственным балансом учтено 19 месторождений, запасы руд которых по состоянию на 2006 г. составили: категорий А + В + С – 425158 тыс. т, категории С₂ – 198556 тыс. т. Около 60% учтенных в запасах руд содержит марганец в количестве от 10% до 20%, около 32% – от 20% до 30% и только 11%

имеют более 30% марганца [7]. Спрос на марганцевую продукцию продолжает расти. Казахские запасы заключены в окисных железомарганцевых и карбонатно-окисных марганцевых рудах. Доля подтвержденных запасов марганцевых руд по промышленным категориям составляет около 700 млн т, из них около 200 млн т пригодны для открытой разработки, 500 млн т – для подземной. Среднее содержание марганца – 19,4%, что ниже, чем в рудах большинства стран мира (30-50%).

Марганец представляет собой тяжелый металл серебристо-белого цвета. Превосходящий железо по твердости и хрупкости, он состоит в одной с ним группе черных металлов, так как находит широкое применение при выплавке чугуна и стали [8]. Современные методы обогащения марганцевых руд основаны на разнице плотности, смачиваемости, магнитных характеристик разнообразных химических элементов. Благодаря ей удается произвести очистку руды от посторонних примесей.

Гравитационные методы обогащения занимают ведущее место среди способов повышения концентрации полезного компонента в исходном материале – руде. Суть метода состоит в использовании неодинаковых физических характеристик. В данном случае – скоростей движения минеральных частиц в воздушной (пневматические процессы) или водной (гидравлические процессы) среде под воздействием гравитации или

¹Трубецкой К.Н., Чантурия В.А., Воробьев А.Е. и др. Марганец. – М.: Академия горных наук, 1999. – 271 с.

центробежных сил. Существуют специальные аппараты и технологии, позволяющие существенно увеличить содержание марганца в исходном сырье².

Добытая на месторождениях руда из-за наличия в ней посторонних веществ непригодна к металлургическому переделу и требует обогащения. После обязательной промывки сырье подвергается серии воздействий (гравитационных, магнитных, флотационных), последовательность и необходимость которых определяется его размерами и химическим составом [9].

Руды, подлежащие обогащению, содержат не менее 10% марганца. К концентратам, полученным из этих руд при помощи обогащения, предъявляются те же требования по соотношению марганца и железа, фосфора и марганца, как и к богатым рудам.

Основные требования к разрабатываемым технологиям и режимам для обогащения марганцевых руд заключаются в следующем:

- использование новейших достижений науки и техники в области технологии производства и оборудования, внедрение малоотходных схем переработки, экологически безопасных технологий и оборудования;
- возможность применения крупнокускового обогащения;
- адекватность технологическим свойствам перерабатываемого сырья;
- получение продукции высокого качества;
- минимальные технологические потери марганца с отходами производства;
- комплексное и рациональное использование ресурсов;
- оптимальная глубина обогащения;
- механизация и автоматизация основных и вспомогательных производственных переделов, автоматизация управления производством;
- безопасные условия труда;
- охрана окружающей среды и утилизация отходов производства.

Основными методами обогащения марганцевых руд являются: промывка, гравитация, магнитная сепарация, флотация, рентгенометрическая сепарация.

Известно, что одним из основных требований к используемым технологиям обогащения марганцевых руд является возможность применения крупнокускового обогащения, так называемые «щадящие технологии», предусматривающие максимальное сохранение кусковых фракций крупностью более 10 мм, что позволяет использовать данные концентраты в металлургических переделах без процесса окускования.

На основании изложенного авторами работы поставлена цель исследовать характер распределения марганца и железа по классам крупности в дробленной руде, а также определить гравитационную обогатимость и разработать технологию ее обогащения.

В качестве объекта исследования использована марганцевая руда рудопроявления Картобай³.

Методика и применяемые материалы

Для определения гранулометрического состава руды, поступившей на исследование, использовался набор сит КСМ (ГОСТ 9758-86) с размерами отверстий, мм: 60; 40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25 и 0,63. На исследуемой пробе руды выполнялся сухой и мокрый ситовые анализы.

Отсадка класса крупности –50+10 мм выполнялась при следующих оптимальных параметрах: частота пульсаций 60 кол./мин, амплитуда колебаний – 90-100 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50-0-50), высота естественной постели – 200 мм, удельная производительность 10 т/ч·м².

Отсадка класса крупности –10+2,5 мм выполнялась при следующих оптимальных параметрах: частота пульсаций – 70 кол./мин, амплитуда колебаний – 90-95 мм, цикл пульсаций – синусоидальный, высота естественной постели – 250 мм, производительность 10 т/ч·м².

Отсадка класса –2,5+0,63 мм выполнялась при следующих параметрах: частота пульсаций – 250 кол./мин, амплитуда колебаний – 6 мм, высота искусственной постели – 50-60 мм, производительность 6 т/ч·м².

Результаты исследований и их обсуждение

Первоначально на материале исследуемой пробы крупностью –80+0,0 мм выполнялся сухой ситовой анализ. Результаты анализа с распределением по классам крупности содержания марганца и железа приведены в табл. 1. По результатам расчета гранулометрического состава руды, полученного в результате сухого рассева, средневзвешенное содержание марганца и железа в пробе руды составило 19,95% и 3,72% соответственно.

Анализ результатов, полученных в результате сухого отсева, показывает, что выход классов крупности от 80 мм до 0,63 мм относительно невысокий. Наибольший выход соответствует классу крупности –80+40 мм и составляет 17,01%, постепенно понижаясь до 7,21%, соответствуя классу крупности –1,25+0,63 мм. Выход самого мелкого класса крупности –0,63+0,0 мм (шламы) составил 21,08%, он является самым большим относительно выхода всех других классов.

Практика переработки марганцевых и железомарганцевых руд показывает, что оптимальная крупность обогащаемых руд составляет –50+0,0 мм. На основании этого часть пробы руды для исследований по обогащению с использованием процесса отсадки была продроблена до 60 мм с дальнейшим определением гранулометрического состава дробленной руды (мокрый рассев). Результаты ситового состава руды дробленной до 50 мм приведены в табл. 2. Анализ результатов, приведенных в табл. 2, показывает, что выход всех классов крупности руды, дробленной до 50 мм, изменился незначительно по сравнению с выходом исходной руды крупностью –80+0,0 мм. Это объясняется тем, что количество додрабливаемого продукта крупностью более 50 мм было незначительным.

В результате отмывки наблюдается незначительное увеличение содержания марганца в классах крупности

²Султанбекулы Г.Д. Исследование гравитационной обогатимости и разработка технологии переработки лежалых марганцевых хвостов с получением концентрата с содержанием марганца не менее 38%. – 2019. – 83 с.

³Отчет ТОО «НМТ Групп» о НИР «Исследование на обогатимость марганцевой руды рудопроявления Картобай» (заключительный). – Алматы, 2008. – 49 с.

Таблица 1

Сухой ситовый анализ исходной руды

Кесте 1

Бастапқы кеннің құрғақ елеуіш құрамы

Table 1

Dry sieve analysis of the primary ore

Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание Mn, %	Содержание Fe, %	Извлечение Mn, %	Извлечение Fe, %
– 80+40	17,01	45,10	1,45	38,45	6,63
– 40+20	13,68	31,18	2,90	21,38	10,67
– 20+10	12,75	20,02	3,52	12,79	12,07
– 10+5	11,77	13,62	4,28	8,03	13,55
– 5+2,5	8,88	10,02	4,80	4,46	11,46
– 2,5+1,25	7,62	9,24	5,25	3,53	10,76
– 1,25+0,63	7,21	8,51	5,26	3,07	10,20
– 0,63+0,0	21,08	7,85	4,35	8,29	24,66
Итого (руда)	100,0	19,95	3,72	100,0	100,0

Таблица 2

Ситовый состав руды, дробленной до 50 мм

Кесте 2

50 мм дейін ұнтақталған кеннің елеуіш құрамы

Table 2

Sieve analysis of ore crushed to 50 mm

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание Mn, %	Содержание Fe, %	Извлечение Mn, %	Извлечение Fe, %
– 50+40	15,98	45,26	1,34	36,96	5,46
– 40+20	11,76	31,47	2,20	18,91	6,60
– 20+10	11,06	19,30	2,42	10,91	9,64
– 10+5	10,16	16,31	4,01	8,47	10,39
– 5+2,5	7,65	13,76	4,56	5,38	8,89
– 2,5+1,25	6,95	12,13	5,00	4,31	8,87
– 1,25+0,63	7,06	10,75	5,38	3,88	9,68
– 0,63+0,0	29,38	7,45	5,40	11,18	10,47
Итого (руда)	100,0	19,57	3,92	100,0	100,0

от 80 мм и до 10 мм. Так, содержание марганца в классе крупности – 80+40 мм после промывки составило 45,60% (до промывки – 45,10 %), повысилось на 0,50%. В классе – 40+20 мм – 31,70% (31,18% до промывки), повысилось на 0,52% и в классе – 20+10 мм – 20,57% (20,02% до промывки), т. е. повысилось всего на 0,53%. При этом можно отметить, что содержание марганца в классах крупности мельче 10 мм после отмывки увеличилось на 1,5-3,0%.

Выход самого тонкого класса крупности – 0,63+0,0 мм составил 26,53%, т. е. увеличился на 5,45%. При этом содержание марганца в нем понизилось на 1,04% и составило 6,81%, а содержание железа повысилось на 1,23% и составило 5,58%, т. е. стало практически равным содержанию марганца.

Наибольшее извлечение марганца происходит в классе крупности – 50+10 мм, в связи с чем данный класс крупности (машинный класс) наиболее целесообразно подвергать обогащению. Также, согласно распределению металлов по классам крупности и практике обогащения аналогичных руд, другими машинными

классами являются классы крупности – 10+2,5 мм и – 2,5+0,63 мм. Класс крупности – 0,63+0,0 мм подвергать обогащению нецелесообразно.

Обобщенные результаты исследований, полученные при отсадке машинных классов (– 50+10 мм, – 10+2,5 мм и – 2,5+0,63 мм) дробленной марганцевой руды, приведены в табл. 3. На основании полученных результатов исследований рекомендуется принять за основу технологические показатели, полученные при отсадке машинных классов – 50+10 мм, – 10+2,5 мм и – 2,5+0,63 мм и технологическую схему, приведенную на рис. 1.

Выводы

На основании полученных результатов исследований можно сделать следующие основные выводы:

- определено, что при сухом отсеивании дробленной до 80 мм руды в классах крупности – 80+40 мм и – 40+20 мм концентрируется значительное количество марганца и минимальное количество железа. По содержанию марганца и железа класс крупности – 80+20 мм является товарным концентратом с содержанием марганца порядка 39-40% и железа 1,5-2,8%;

Таблица 3

Технологические показатели по гравитационной схеме обогащения руды

Кесте 3

Кенді байытудың гравитациялық схемасы бойынша технологиялық көрсеткіштер

Table 3

Technological indicators for the gravity scheme of ore enrichment

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
		Mn	Fe	Mn	Fe
Концентрат марганцевый – 1 (–50+10 мм)	13,59	51,05	0,93	35,56	3,18
Концентрат марганцевый – 2 (–50+10 мм)	16,60	31,82	2,95	27,07	12,29
Общий концентрат (–50+10 мм)	30,19	40,47	2,04	62,63	15,47
Концентрат марганцевый (–10+2,5 мм)	1,86	38,64	5,41	3,68	2,54
Концентрат марганцевый (–2,5+0,63 мм)	8,61	9,10	4,31	4,01	9,31
Итого общий марганцевый концентрат (–50+0,63 мм)	34,65	40,20	2,30	71,38	20,0
Хвосты (–50+10 мм)	8,61	9,10	4,31	4,01	9,31
Хвосты (–10+2,5 мм)	15,21	9,87	4,50	7,70	17,18
Хвосты (–2,5+0,63 мм)	12,15	8,03	5,19	5,0	15,85
Общие хвосты (–50+0,63 мм)	35,97	9,06	4,68	16,71	42,34
Шламы (–0,63+0,0 мм)	29,38	7,91	5,10	11,91	37,66
Руда	100,0	19,51	3,98	100,0	100,0

■ выяснено, что при использовании операций сухого или мокрого рассева содержание марганца в классах крупности менее 20 мм не превышает 20,0% и колеблется в пределах 20-11%, а железа 4-6%; в связи с чем для получения из них марганцевых концентратов необходимо использовать гравитационные методы обогащения, в частности, отсадку;

■ доказано, что при обогащении классов крупности –50+10 мм, –10+2,5 мм и –2,5+0,63 мм возможно получение качественных марганцевых концентратов с содержанием марганца 50-38% и железа 1-4%;

■ на основании результатов исследований разработана технологическая схема переработки руды рудопроявления Картобай;

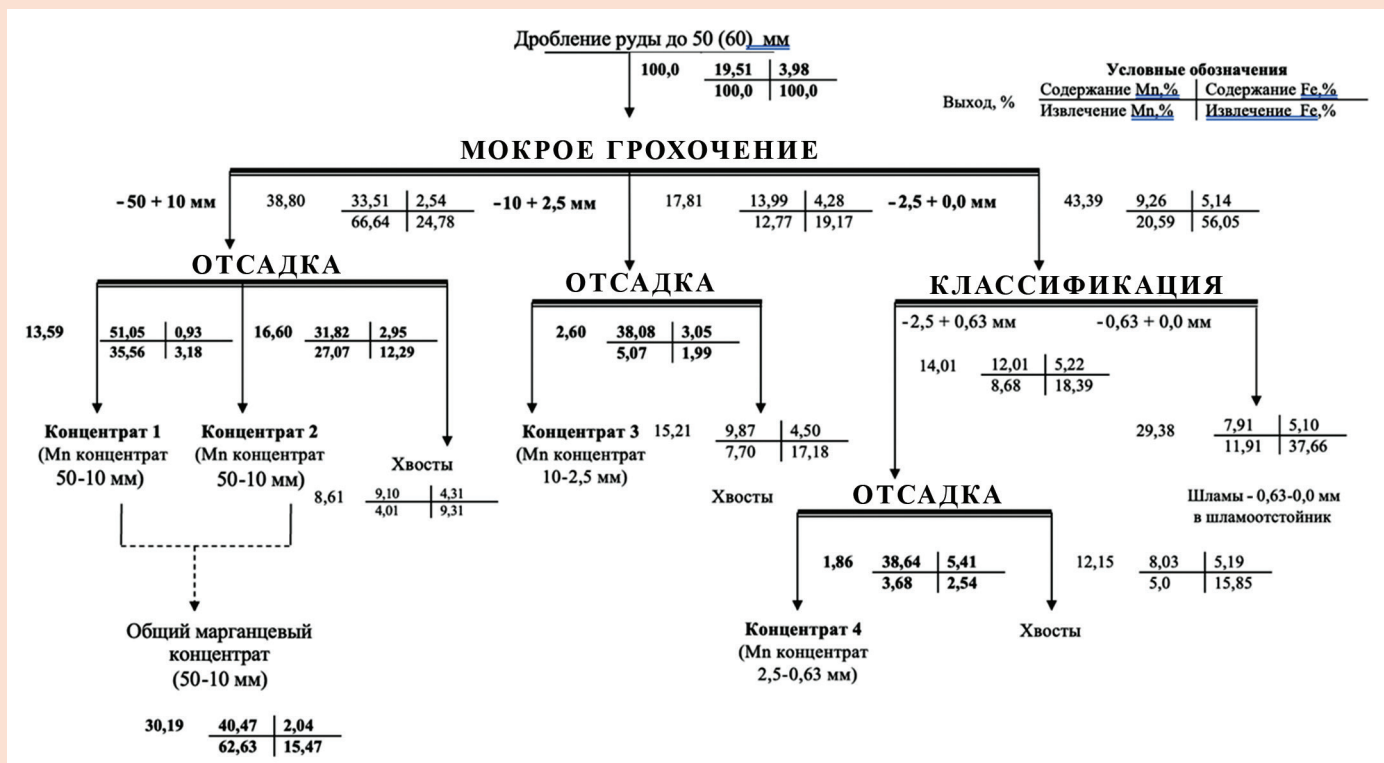


Рис. 1. Рекомендуемая технологическая схема обогащения.
 Сурет 1. Ұсынылған байытудың технологиялық схемасы.
 Figure 1. Recommended technological scheme of enrichment.

▪ технологическая схема переработки включает в себя операции отсадки классов крупности – 50+10 мм, – 10+2,5 мм и – 2,5+0,63 мм с получением марганцевых концентратов с содержанием марганца 38-51%.

Общий выход марганцевого концентрата по данной схеме составил 34,65% со средним содержанием марганца 40,20% и железа 2,30% при общем извлечении марганца 71,38%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Толымбеков М.Ж. Марганцеворудная отрасль Казахстана. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2007. – № 2. – С. 2-5. (на русском языке)
2. Битимбаев М.Ж., Маулямбаев Т.И. Становление главной сырьевой базы черной металлургии Казахстана. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2007. – №6. – С. 2-6. (на русском языке)
3. Surowiak A. Оценка результатов процесса отсадки угля. // Веб-конференции. – 2017. – №157. – С. 345-365. (на английском языке). doi: 10.1051/e3sconf/201712301030
4. Студенцов В.В. Клец А. Вопросы теории и практики обогащения руд. / Кн. 2. Горно-металлургический комплекс Республики Казахстан. // Анализ, запасы, технологии. – Алматы: Информационно-аналитический центр геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, 1997. – С. 56-78. (на русском языке)
5. Акылбеков С.А. Марганец Казахстана. // Известия НАН РК. Серия геологическая. – 2019. – №1. – С. 42-53. (на русском языке)
6. Каренов Р.С. Проблемы становления рынка черных металлов в Казахстане. // Вестник Карагандинского государственного университета. Серия Экономика. – 2016. – №4(48). – С. 9-25. (на русском языке)
7. Кокетаев А., Мейрманова А., Жактаева Р., Артыкбаев К., Тамабаева С. Стратегические ориентиры развития горно-металлургического комплекса. // Промышленность Казахстана. – 2009. – №4(55)-5(56). – С. 31-34. (на русском языке)
8. Niedzielski B.J., Wittkop Ch., Fralick Ph.F. Оценка механизмов обогащения марганца. // Северо-Центральная секция – 54-е ежегодное совещание. – 2020. – №159. – С. 45-76. (на английском языке). doi: 10.1130/abs/2020NC-348062
9. Nikiforova L.V., Matveev A.I., Sleptsova E.S., Yakovlev B. V. Математическое моделирование процесса отсадки при переработке полезных ископаемых. // Обработка материалов III Международной конференции по строительству и строительному инжинирингу (Iconbuild). – 2017. – С. 234-298. (на английском языке). doi: 10.1063/1.5012659

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Толымбеков М. Ж. Қазақстанның марганец кені саласы // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2007. – №2. – Б. 2-5. (орыс тілінде).
2. Битимбаев М.Ж., Маулямбаев Т.И. Қазақстанның қара металлургиясының басты шикізат базасының қалыптасуы. // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2007. – №6. – Б. 2-6. (орыс тілінде)
3. Surowiak A. Тұндыру процесінің нәтижелерін бағалау. // Веб-конференциялар. – 2017. – №157. – Б. 345-365. (ағылшын тілінде). doi: 10.1051/e3sconf/201712301030
4. Студенцов В.В. Клец А. Кендерді байыту теориясы мен практикасының мәселелері. / Кітап 2. Қазақстан Республикасының тау-кен металлургия кешені. // Талдау, қорлар, технологиялар. – Алматы: Қазақстан Республикасының геология, экология және табиғи ресурстар ақпараттық-талдау орталығы, 1997. – Б. 56-78. (орыс тілінде)
5. Ақылбеков А. Қазақстан марганеці. // ҚР ҰҒА жаңалықтары. Геологиялық сериясы. – 2019. – №1. – Б. 42-53. (орыс тілінде)
6. Каренов Р.С. Қазақстандағы қара металдар нарығының қалыптасу мәселелері. // Қарағанды мемлекеттік университетінің хабаршысы. Экономика сериясы. – 2016. – №4(48). – Б. 9-25. (орыс тілінде)
7. Кокетаев А., Мейрманова А., Жактаева Р., Артыкбаев К., Тамабаева С. Тау-кен металлургия кешенін дамытудың стратегиялық бағдарлары. // Қазақстан өнеркәсібі. – 2009. – №4(55)-5(56). – Б.31-34. (орыс тілінде)
8. Niedzielski B.J., Wittkop Ch., Fralick Ph.F. Марганецті байыту механизмдерін бағалау. // Солтүстік-Орталық – Секция-54-ші жыл сайынғы жиналыс. – 2020. – №159. – Б. 45-76. (ағылшын тілінде). doi: 10.1130/abs/2020NC-348062
9. Nikiforova L.V., Matveev A.I., Sleptsova E.S., Yakovlev B. V. Пайдалы қазбаларды өңдеу кезіндегі шөгудің процесін математикалық модельдеу. // Құрылыс және құрылыс инжинирингі бойынша 3-ші Халықаралық конференцияның материалдарын өңдеу (Iconbuild). – 2017. – Б. 234-298. (ағылшын тілінде). doi: 10.1063/1.5012659

REFERENCES

1. Tolymbekov M.Zh. *Margancevorudnaja otrasl' Kazahstana [Manganese ore industry of Kazakhstan]*. // *Gornyj zhurnal Kazahstana = Mining Magazine Kazakhstan*. – Almaty, 2007. – №2. – P. 2-5. (in Russian)
2. Bitimbaev M.Zh., Mauljanbaev T.I. *Stanovlenie glavnoj syr'evoj bazy chernoj metallurgii Kazahstana [Formation of the main raw material base of the ferrous metallurgy of Kazakhstan]*. // *Gornyj zhurnal Kazahstana = Mining Magazine Kazakhstan*. – Almaty, 2007. – №6. – P. 2-6. (in Russian)
3. Surowiak A. *Evaluation of the results of coal jigging process*. // *Web of Conferences – 2017*. – №157. – P. 345-365. (in English). doi: 10.1051/e3sconf/201712301030
4. Studencov V.V. Klec A. *Voprosy teorii i praktiki obogashhenija rud [Problems of theory and practice of ore enrichment]*. / Kn. 2. *Gorno-metallurgicheskij kompleks Respubliki Kazahstan = Book 2. Mining and metallurgical complex of the Republic of Kazakhstan*. // *Analiz, zapasy, tehnologii = Analysis, inventory, technologies*. – Almaty: *Informacionno-analiticheskij centr geologii, jekologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan = Department of geology, ecology and ecology of the Republic of Kazakhstan information and analytical center of Natural Resources*, 1997. (in Russian) – P. 56-78.
5. Akylbekov S.A. *Marganec Kazahstana [Manganese Of Kazakhstan]*. // *Izvestija NAN RK. Serija geologicheskaja = News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Geological series*. – 2019. – №1. – P. 42-53. (in Russian)
6. Karenov R.S. *Problemy stanovlenija rynka chernyh metallov v Kazahstane [Problems of formation of the ferrous metals market in Kazakhstan]*. // *Vestnik Karagandinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya E'konomika = Bulletin of Karaganda State University. Economy series*. – 2016. – №4(48). – P. 9-25. (in Russian)
7. Koketaev A., Mejrmanova A., Zhaktaeva R., Artykbaev K., Tamabaeva S. *Strategicheskie orientiry razvitija gorno-metallurgicheskogo kompleksa [Tau-Ken strategic guidelines for the development of the metallurgical complex]*. // *Promyshlennost' Kazahstana = Industry of Kazakhstan*. – 2009. – №4(55)-5(56). – P. 31-34. (in Russian)
8. Niedzielski B.J., Wittkop Ch., Fralick Ph.F. *Evaluating mechanisms for manganese enrichment*. // *North-Central Section – 54th Annual Meeting*. – 2020. – №159. – P. 45-76. (in English). doi: 10.1130/abs/2020NC-348062
9. Nikiforova L.V., Matveev A.I., Sleptsova E.S., Yakovlev B. V. *Mathematical modeling of the jigging process in mineral processing*. // *Processing of the 3rd international conference on construction and building engineering (Iconbuild)*. – 2017. – P. 234-298. (in English). doi: 10.1063/1.5012659

Сведения об авторах:

Телков Ш.А., канд. техн. наук, профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), naukaty@mail.ru; ORCID 0000-0001-6641-4802

Мотовилов И.Ю., PhD, ассистент-профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), motovilov88@inbox.ru; ORCID 0000-0002-0716-402X

Үйсімбек А.А., магистрант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), техник-технолог отдела металлургов Товарищества с ограниченной ответственностью «Kaz Minerals Aktogay» (г. Алматы, Казахстан), a.uisimbek@stud.satpayev.university; ORCID 0000-0002-5399-4331

Авторлар туралы мәліметтер:

Телков Ш.А., техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Мотовилов И.Ю., PhD, Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының ассистент-профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Үйсімбек А.А., Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының магистранты (Алматы қ., Қазақстан), «Kaz Minerals Aktogay» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі металлургтер бөлімінің техник-технологы (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Shamil A. Telkov, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Igor Yu. Motovilov, PhD, Associate Professor at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Akboppe A Uisimbek, Master's Student at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), Technician-Technologist of the Metallurgists' Department of the Limited Liability Partnership «Kaz Minerals Aktogay» (Almaty, Kazakhstan)

Код МРНТИ 36.23.21

Е.Е. Бегимжанова¹, Ы. Жакыпбек¹, С.В. Турсбеков²¹Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан),²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы қ., Қазақстан)

ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАР ПОЛИГОНЫН ҚАШЫҚТЫҚТАН ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫМЕН БАҚЫЛАУ

Андатпа. Мақалада қатты тұрмыстық қалдықтарды көму нысандарын бақылауда ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану мүмкіндіктері қарастырылған. Сонымен қатар, ұшқышсыз ұшу аппараттарына орнатылған фото- және видеокамераның көмегімен полигонды пайдалану жағдайына бақылау жасап, заңсыз қоқыс тастау көздерін анықтау, қоқыс полигондарындағы төтенше жағдайлардың алдын-алу сияқты іс-шараларды жүргізу артықшылықтары келтірілген. Белгілі-бір ара-қашықтықтан нысанның түсірісін алу қалдықтардың заңсыз үйінділерін анықтауда, полигон құрылымының тұтастығын бақылауда және олардың жану ошақтарын іздестіруде тиімділігімен ерекшеленеді. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолданудың басты артықшылығы нысан аумағындағы жағдай жөнінде жедел ақпарат алып, жер бетілік зерттеулерде мүмкін бола бермейтін күрделі бақылауларды жүргізу болып табылады.

Түйінді сөздер: қатты тұрмыстық қалдықтар, полигон, ұшқышсыз ұшу аппараты, бақылау, сиретілген нүктелер бұлты, қозғалыс арқылы құрылым алу.

Контроль полигона твердых бытовых отходов дистанционными беспилотными летательными аппаратами

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования беспилотных летательных аппаратов для управления объектами захоронения твердых бытовых отходов. Кроме того, преимущества таких мер, как наблюдение за работой полигона с помощью фото- и видеокамер, установленных на беспилотных летательных аппаратах, выявление источников незаконного захоронения, предотвращение чрезвычайных ситуаций на полигонах. Визуализация объекта на определенном расстоянии эффективна для обнаружения незаконных свалок, контроля целостности конструкции полигона и поиска источников их возгорания. Основным преимуществом использования беспилотных летательных аппаратов является возможность оперативно получать информацию о ситуации и проводить комплексные наблюдения, невозможные при наземных съемках.

Ключевые слова: твердые отходы, полигон, беспилотный летательный аппарат, контроль, разреженное облако точек, структура от движения.

Remote control of the tbo landfill with the help of unmanned aerial vehicles

Abstract. The article discusses the possibility of using unmanned aerial vehicles for the management of solid waste disposal facilities. In addition, the advantages of such measures as monitoring the operation of the landfill using photo and video cameras installed on unmanned aerial vehicles, identifying sources of illegal burial, and preventing emergencies at landfills. Visualization of an object at a certain distance is effective for detecting illegal landfills, monitoring the integrity of the landfill structure and searching for sources of ignition. The main advantage of using unmanned aerial vehicles is the ability to receive operational information about the situation on the site and conduct comprehensive observations that are impossible with ground surveys.

Key words: solid waste, landfill, unmanned aerial vehicle, control, sparse point cloud, structure from motion, aerial platform, payload, Global Position System, aerial photograph.

Экономикалық өсу, кіріс көлемінің, халық санының артуы, жылдам урбанизациялану және тауар мен қызметке деген сұраныстың артуы сияқты факторлар қатты қалдықтардың қалыптасуын күшейтіп отыр [1]. Қатты тұрмыстық қалдықтар полигондары қоршаған орта компоненттеріне, соның ішінде, су, топырақ және ауаға потенциалды қауіп төндіруде. Сондықтан, халықаралық заңдар бойынша бұл полигондардың қолданылуы және қолданыстан шыққан кезінде де, 20 жыл көлемінде мониторинг жұмыстарын жүргізуге кеңес беріледі. Жоспарлау, басқару және шешім қабылдау үшін қалдықтар полигонын бағалау жұмыстары бастапқы мәліметтер ретінде қолданылады [2]. Қатты тұрмыстық қалдықтарды жоюдың бірқатар түрлері бар. Солардың ішінде, көптеген мемлекеттерде кең тарағаны – ашық қоқыс тастау орындары. Оның негізгі зардабы-жер телімінің ластануы, қоқыстардың иісі және жарылыстар болып табылады. Сонымен қатар, қоқыстардың тұщы су көздерімен, яғни өзендер және көлдермен әрекеттесуі барлық жақын жердегі организмдерге қауіп төндіріп отыр. Қоқыстарды ашық түрде сақтағаннан, жабық зоналарда, яғни көму арқылы сақтаған жөн [3]. Бүгінгі таңда қалдықтарға қатысты зерттеулердің көбісі оларды азайтып, өңдеуге бағытталған. Алайда, алдағы он жылдықтарда қалдықтардың полигондары болары анық. Себебі, қалдықтарды жоюдың басқа әдістерінің оларды полигондарда сақтағанға қарағанда тиімділігі азырақ.

Әрине, қоқыс полигондарын дұрыс пайдалану олардың қоршаған ортаға деген потенциалды қауіпін

азайтуы мүмкін. Бірақ, кез-келген күтпеген жағдайда потенциалды түрден шынайы қауіпке ауысуы ықтимал.

Қалдықтарды көму полигондарының мониторингісін ұйымдастыру жүйелі және кешенді тәсілді талап етеді. Полигондардың мониторингісі келесідей іс-әрекеттер жүйесінің мәліметтерін қолдану арқылы жүргізіледі:

- нысанды инженерлік қорғау элементтерінің тұтастығы. Олардың жұмыс істеу тиімділігі полигонның қоршаған орта компоненттеріне әсер ету дәрежесін анықтайды. Мәселен, қорғаныш бөгеттерінің бүтіндігі, қалдықтар массиві беткейлерінің тұрақтылығы жатады;

- полигон аумағында қалдықтарды орналастыру барысында техникалық іс-әрекеттердің орындалуын қадағалау (техниканың қызметі, полигон массивіндегі қалдықтардың нығыздалуы, оларды оқшаулау және карта бойынша үлестіру);

- заңсыз қоқыс тастау көздерін анықтау.

Полигондардың мониторингісі үшін дәстүрлі әдістер қолайлы болмауы мүмкін. Техникалық кемшіліктерімен қатар бұл зерттеулер көп уақытты талап етеді және қауіпті. Себебі, тексеруші тікелей қатты қалдықтармен әрекеттеседі. Ұшқышсыз ұшу аппараттарының қол жетімділігі, салмағы және ауқымына байланысты ықшамдылығы, аз биікте ұшуы, күрделі аймақтардан мәліметтер алу мүмкіндігі, әртүрлі бұрышпен түсіріс алуы арқасындағы аймақты толық бейнелеуі және автоматтандырылуы оның қолданылуын неғұрлым қолайлы етеді. Оның кемшіліктерінің бірі-ұшу барысындағы мәлімет таратуындағы болжамсыздық.

Бірақ, оңтайлы түсіріс уақытын жоспарлау арқылы бұл мәселені шешуге болады.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары қалдықтарды көму полигондарының аумағында келесідей проблемаларды шешу мақсатында қолданылуы мүмкін. Олар: полигонның жұмыс картасының оңтайлы толтырылуы; қолданыс карталарының белсенді тексерілуі; рекультивациялық жұмыстардың жүргізілу мониторингісін жасау және қалпына келтірілген территориялардағы өсімдік жамылғысының жағдайын бақылау; полигон массивінің шөгуін анықтау және тексеру; қол жетімсіз аумақтарды визуалды бақылауды қамтамасыз ету; полигон аумағындағы қалдықтардың жану ошақтарын табу және заңсыз қоқыс тастаушыларды анықтау, т. б.

Бұл ретте, жоғары дәлдіктегі ортофотоплан мен көму нысандарының үш өлшемді үлгілерін құрастыру нысандарды визуализациялауға, полигон картасының тиімді толтырылуына толық бағалау жасауға, полигондардың қоршаған ортаға әсерін азайту мақсатында басқарушылық шешімдерді уақытында қабылдауға мүмкіндік береді [4]. Өртүрлі уақыт кезеңіндегі қатты тұрмыстық қалдықтар полигонының жер бедерінің сандық үлгілері полигонның масса көлемінің арту жылдамдығын анықтайды [5].

Полигондағы ауа, су, топырақ мониторингісі белгілі-бір уақыт аралығында жүргізіліп отырылуы керек. Ол үшін полигон аумағында бақылау нүктелері орнатылады. Оларда полигон аумағындағы судың, ауаның, топырақтың, ауадағы ластаушы заттардың құрамы туралы мәліметтер жинақталады. Полигондардағы ауаны ластайтын компоненттер жарылыс қауіпі бар газдар, улы және қауіпті, сасық иісті және зиянды шығарындылар жатады. Мемлекет аумағында қатты тұрмыстық қалдықтар полигондарындағы азот, көмірқышқыл газы, метан және басқа да органикалық құраушылар тоқсан сайын тексеріліп отырылады. Сонымен қатар, мониторинг жұмыстарының жиілігі газды шығарудың төменгі тиімділікті жүйесі бар және қалдықтармен жанасатын жыныстары борпылдақ болып келетін полигондарда арттырылуы керек. Жоғарыда аталған газдар қалдықтар полигонының түбіне жинақталып, жарылу қауіпі бар немесе зиянды шоғырлануға айналуы мүмкін. Қоқыс полигондарындағы өрттер қатты қалдықтардың жанып, таралуының салдарынан пайда болады. Егер көмілген қатты қалдықтар күнделікті жабылмаса, биологиялық ыдыраудың әсерінен температура артып, қалдықтардың өздігінен өрттенуіне алып келеді. Бұл жағдайларды болдырмау мақсатында полигонның жайкүйін тұрақты түрде бақылап отыру керек.

Бақылау жұмыстары белгілі-бір тәртіпте орындалуы тиіс. Олар:

- қоршаған ортаға әсерін анықтау;
- ластау көзін, көлемін және шығарылу дәрежесін анықтау;
- тазарту бойынша жүргізіліп жатқан жұмыстардың тиімділігін бағалау.

Қатты тұрмыстық қалдықтар полигонының аумағындағы мониторинг екі процессті өзара ұштастыру арқылы орындалуы мүмкін. Олар: аэрофотограмметрия және

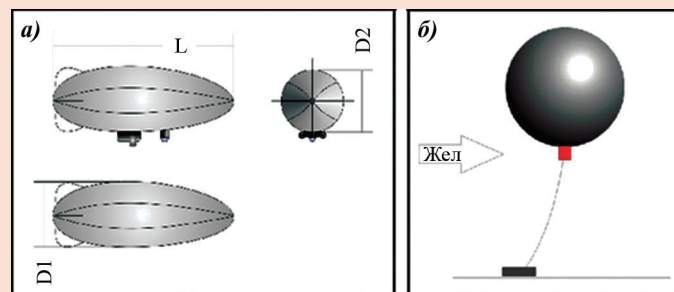
жербетілік геодезиялық өлшеу жұмыстары. Бүгінгі таңда, тәжірибе ретінде дамыған мемлекеттерде арнайы мониторинг жұмыстарында екі құрамдас бөліктен тұратын ұшқышсыз ұшу аппараттары қолданылуда. Олар: әуе платформасы және пайдалы жүктеме. Әуе платформасы-ұшқышсыз ұшу аппараты. Ол екі түрлі болуы мүмкін: шағын дирижабль және байламалы әуе шары (сурет 1). Біріншісі үлкен территорияларды қысқа уақыт аралығында, екіншісі шағын аймақтарды ұзақ уақыт аралығында зерттеуге арналған.

Пайдалы жүктеме екі элементтен тұрады. Олар: инфрақызыл камера және ауаның параметрлерін анықтауға арналған қабылдағыштар және қосымша түрде көмекші құралдар қолданылуы мүмкін (мәселен, GPS-қабылдағыш, мәліметтерді арақашықтықтан жіберу және өңдеу үшін арналған GSM модем немесе Wi-Fi желісі).

Инфрақызыл камера электромагниттік спектрдің инфрақызыл диапазонындағы сәулеленуді анықтайды және оның бейнесін құрады. Қара дененің сәулелену заңына сәйкес, барлық нысандар инфрақызыл сәулеленуді өзінің температурасына байланысты жиілікте шығарады. Сәулелену шамасы температура артқан сайын ұлғая түседі. Инфрақызыл камера арқылы қараған кезде жылы нысандар суық нысандардың аясында анық түрде көрінеді.

Пайдалы жүктеменің тағы бір құрамдас бөлігі болып табылатын-қабылдағыштар жылулық шығарылыстарды анықтауға (өрттердің алдын-алу және тұтану көздерін локализациялауға), химиялық және физикалық параметрлерді (CO , O_3 , CH_4 , ауа температурасы, салыстырмалы ылғалдылығы және т. б.) табуға мүмкіндік береді [6].

Ұшқышсыз ұшу аппараттары арқылы алынған аэрофототүсірістер зерттеу аумағын реконструкциялау, ал жербетілік бақылау нүктелерін орнату олардың координаталары туралы ақпарат ала отырып, зерттеудің жербетілік бөлігін орындау үшін қолданылады. SfM (қозғалыс арқылы құрылым алу) процессінде қолдану үшін тірек нүктелерін өлшеу барысында GNSS қабылдағыштары қолданылады. Abdullah Harun Inceкаға-ның зерттеуінде мониторинг жұмысын жасау үшін қатты тұрмыстық қалдықтардың полигоны таңдалынып алынып екі жыл көлемінде бақылау



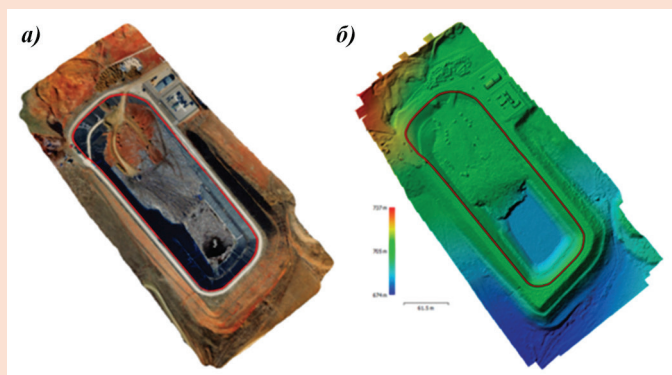
Сурет 1. Шағын дирижабль (а) және байламалы әуе шары (б).

Рис. 1. Мини-дирижабль (а) и привязанный к приборам аэростат (б).

Figure 1. Mini UAV LTA configuration (a) and Instrumented Tethered Balloon (b).

жүргізілген. Ұшулардың аралығы 181-206 тәулікті құраған. Аэрофототүсірістерді алу үшін қымбат емес DJI Phantom 3 Professional-ұшқышсыз ұшу аппараты қолданылған. Аппараттың ғаламдық жайғастыру жүйелерін қолдауы оны жеке, мемлекеттік мекемелерде инженерлік жобалар үшін қолдануға мүмкіндік береді.

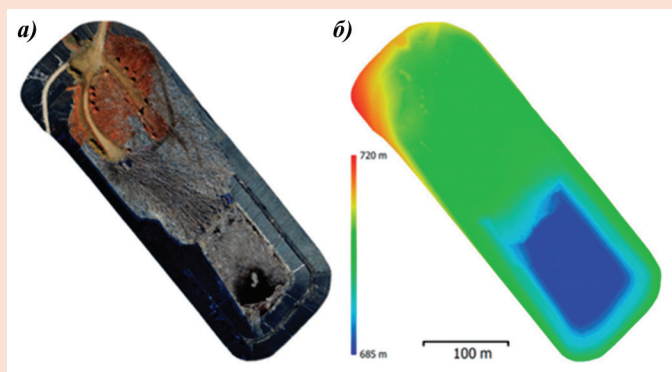
Зерттеу территориясы бойынша барлығы жеті тірек нүктесі орнатылған. Олар максималды түрде аумақтың топографиясын сипаттайды. Тірек нүктелерінің координаталары шынайы уақыт ағымындағы кинематика әдісімен анықталған. Барлық тірек нүктелері сақтау зонасының айналасындағы жолдардың бойында орнатылған. Әрбір ұшу арқылы шамамен 100 фототүсіріс алынып отырған. Түсіру биіктігі-70 м, камераның фокустық қашықтығы 3,61 мм. Ол салыстырмалы түрде үлкен аэротүсірістер алуға мүмкіндік береді. Камера пикселінің қадамы-1,56 мкм болуына байланысты үлгінің жерден қашықтығы (GSD)-3 см құраған. Сақтау орнының фотограмметриялық өнімдері



Сурет 2. Мозайкалық үлгіде (а) және сәйкес жер бедерінің сандық үлгісіндегі сыртқы шекара (б).

Рис. 2. Внешняя граница на мозаичной модели (а); внешняя граница на соответствующей матрице высот (б).

Figure 2. Outer boundary on the tiled model (а); outer boundary on the corresponding DEM (b).



Сурет 3. Тек сақтау орнынан тұратын кесілген үлгі (а); кесілген үлгінің биіктік матрицасы (б).

Рис. 3. Вырезанная модель, состоящая только из места для хранения (а); матрица высот вырезанной модели (б).

Figure 3. Clipped tiled model which includes only the storage area (а) clipped DEM corresponding to the clipped tiled model (b).

Sfm әдісі арқылы алынған [7]. Sfm классикалық үш өлшемді фотограмметрияның принциптарын ғана емес, компьютерлік көру негіздерін де қолданады [8]. Шоғырды теңестіру үшін бір-бірін жабатын фототүсірістер қолданылған [9].

SfM процесі үшін Agisoft PhotoScan бағдарламалық қамтамасыздандыруы қолданылған. Сиретілген нүктелер бұлты аэрофототүсірістерді біріктіру барысында алынған. Фототүсірістердің ортақ нүктелерін анықтау арқылы әрбір түсіріс үшін камераның орны бағаланған. Камераның орнын оңтайландыру үшін тірек нүктелерін сәйкес фототүсірістермен біріктірген. Бұл операция неғұрлым жетілдірілген үлгіні алу мақсатында орындалады. Тірек нүктелерінің сәйкес фототүсірістердегі орналасуы тексеріліп, олардың үш өлшемді координаталары бағдарламаға импортталған. Камераның орны және тірек нүктелерінің негізінде тығыз нүктелер бұлты байланыстырушы нүктелерді тығыздандыру арқылы құрылды. Репроекциялау қатесі 0,523-тен 0,543 пиксель аралығында өзгерген. Тірек нүктелерінің негізіндегі XY, Z координаталарының максималды қателігі 16,08 см және 29,07 см құраған [7]. Қателердің мәні барлық тірек нүктелерінің далалық координаталары және теңестіру арқылы алынған үлгінің координаталарының арасындағы айырмашылықты қолдану арқылы анықталған. Дәлдікті бағалау үшін қолданылатын формулалар төменде келтірілген [10, 11]:

$$RMSE_X = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (X_{i_{model}} - X_{i_{GNSS}})^2 \right] / n}; \quad (1)$$

$$RMSE_Y = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (Y_{i_{model}} - Y_{i_{GNSS}})^2 \right] / n}; \quad (2)$$

$$RMSE_{XY} = \sqrt{(RMSE_X)^2 + (RMSE_Y)^2}; \quad (3)$$

$$RMSE_Z = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (Z_{i_{model}} - Z_{i_{GNSS}})^2 \right] / n}; \quad (4)$$

$$RMSE_{Total} = \sqrt{RMSE_{XY}^2 + RMSE_Z^2}, \quad (5)$$

мұндағы:

$RMSE$ – орташа квадраттық қателік;

n – тірек нүктелерінің саны;

$X_{i_{model}}$ – i -нүктесінің X осіндегі тіректік координата;

$Y_{i_{model}}$ – i -нүктесінің Y осіндегі тіректік координата;

$RMSE_{XY}$ – горизонтальды дәлдік;

$Z_{i_{model}}$ – i -нүктесінің Z осіндегі тіректік координата;

$RMSE_Z$ – вертикальды дәлдік;

$RMSE_{Total}$ – ортақ дәлдік.

Релевантты емес нүктелерді қолмен өшіргеннен кейін жер бедерінің сандық үлгісі құрылды. Олардың рұқсаттылығы 10,1 см/пиксельден 12,5 см/пиксель аралығында ауытқыды. Бұл өзгеріс нүктелер бұлтының тығыздығы арасындағы айырмашылықтың әсерінен қалыптасқан. Сыртқы шекараның негізінде биіктік матрицасы кесіп алынып, соның негізінде тұрақты түрде қатты тұрмыстық қалдықтар жинақталатын сақтау орны алынған. 2 және 3 суретте мозайкалық үлгіде және сәйкес жер бедерінің сандық үлгісіндегі сыртқы шекара көрсетілген.

Көлемдік есептеулерді орындау мақсатында әрбір үлгінің жоғарғы бөлігіне базалық жазықтық орнатылған. Барлық есептеулер үшін базалық жазықтықтың биіктігі өзгеріссіз қалған. Әрбір есептеудегі қатты қалдықтар

мен базалық жазықтық арасындағы көлем мәні сақтауға қолжетімді көлімді көрсеткен. Оның мәндерінің арасындағы айырмашылық өзгеріске баға беру арқылы, мониторинг жасауға мүмкіндік берген.

Соңғы жылдары SfM қосымшаларында қымбат емес ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану күнделікті құбылысқа айналды. Алайда, ол зерттеулер ұшқышсыз ұшу аппараттарының дәлдігін басқа түсіріс әдістерімен салыстыруға бағытталды. Ал, әртүрлі уақыт аралығында жасалған түсірістердің көмегімен қоқыс полигонындағы қалдықтардың көлемінің өзгеруіне болжау жасау зерттеудің бұл саласын бір сатыға алдыға жылжытты [1].

Сонымен қорыта келгенде бұл жүйе:

- тек бір ғана камераның көмегімен әртүрлі биіктіктен көрініс алу арқылы бақыланатын аумақты ұлғайтады;

- көрінбейтін аномалияларды қысқа және ұзақ уақыт аралығында анықтайды;

- мониторингтің кешенді әдісін қамтамасыз етеді (алдын-алу-басқару-дабыл қағу);

- қоқыс орындарындағы жұмыстар кешеніне минималды түрде әсер ету арқылы мониторинг жүргізеді;

- жер, су, ауадағы әртүрлі ластаушы заттар мен шығарылыстарды анықтайды.

- ластану үлгісін (ластау көзі-3D-үлгісі-бағыты-нысаны) жылдам анықтауға мүмкіндік береді.

Бұл жүйені еліміздің аумағындағы қатты тұрмыстық қалдықтар полигондарында пайдалану қалдықтардың әсерінен болатын апатты жағдайлардың алдын-алуға ғана емес, жалпы бақылау жұмыстарын кешенді және тиімді түрде жүргізуге мүмкіндік берері сөзсіз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Islam K.M.N. Бангладештегі қалалық метаболизмге арналған қатты тұрмыстық қалдықтарды басқарудың әртүрлі стратегияларымен байланысты жылыжай ізі мен көміртегі ағыны. // Ормандар. – 2017. – №8. – Б. 755-769. (ағылшын тілінде)
2. Manzo C., Mei A., Zampetti E., Bassani C., Paciucci L., Manetti P. Полигондардағы қоршаған ортаны бақылау үшін спутниктен жер үсті роверіне төмен түсу тәсілі. // Қоршаған орта туралы ғылым. – 2017. – Т. 584-585. – Б. 1333-1348. (ағылшын тілінде)
3. Mohee R., Mauthoor S., Bundhoo Z.M.A., Somaroo G., Soobhany N., Gunasee S. Шағын аралдық дамушы елдердегі қатты қалдықтарды басқарудың қазіргі жағдайы: шолу. // Қалдықтарды басқару. – 2015. – №43. – Б. 539-549. (ағылшын тілінде)
4. Слюсарь Н.Н., Коротаев В.Н., Куликова Ю.В. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалана отырып, қалдықтарды көму объектілерін көзбен шолып бақылау. // Пермь ұлттық зерттеу политехникалық университетінің хабаршысы. Қолайлы экология. Қала құрылысы. – 2017. – №4. – Б. 25-36. (орыс тілінде)
5. Gasperini D., Allemand P., Delacourt C., Grandjean P. Муниципалды полигондарда отыруды бақылау үшін ҰҰА пайдалану мүмкіндіктері мен шектеулері. // Экологиялық технологиялар мен менеджменттің халықаралық журналы. Пермь ұлттық зерттеу политехникалық университетінің хабаршысы. Қолайлы экология. Қала құрылысы. – 2014. – Т. 17. – №1. – Б. 1-13. (ағылшын тілінде)
6. Lega M., Napoli R.M.A. Қатты тұрмыстық қалдықтар полигондарының ауа мониторингіне жаңа көзқарас. // Экология және қоршаған орта бойынша тапқыр еңбектер. – 2008. – Т. 109. – Б. 193-199. (ағылшын тілінде)
7. Abdullah Harun Incekara, Ahmet Delen, Dursun Zafer Seker and Cigdem Goksel. Полигонның уақытша мониторингі кезінде арзан ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу. // ISPRS халықаралық геоақпараттық журналы. – 2019. – Т. 8. – №22. – Б. 1-16. (ағылшын тілінде)
8. Martínez-Espejo Zaragoza I., Caroti G., Piemonte A., Riedel B., Tengen D., Niemeier W. Қауіпті жағдайда 3D құжаттама үшін қолданылатын жылжымалы (SfM) ҰҰА кескіндерін өңдеу құрылымы және жердегі лазерлік сканерлеу комбинациясы. // Геоматика, табиғи қауіптер мен қауіптер. – 2017. – Т.8. – №13. – Б. 1492-1504. (ағылшын тілінде)
9. Mlambo R., Woodhouse I., Gerard F., Anderson K. Дамушы елдердегі ормандардан парниктік газдар шығарындыларын бақылаудың арзан әдісі ретіндегі дрон деректері арқылы алынатын қозғалысқа негізделген құрылымның фотограмметриясы (SfM). // Ормандар. – 2017. – Т. 8. – №68. – Б. 1-20. (ағылшын тілінде)
10. Liu Y., Zheng X., Ai G., Zhang Y., Zuo Y. ҰҰА суреттері негізінде жоғары дәлдіктегі сандық ортофото-карта жасау. // ISPRS халықаралық геоақпараттық журналы. – 2018. – Т. 7. – №333. – Б. 4-8. (ағылшын тілінде)
11. Martínez-Carricondo P., Agüera-Vega F., Carvajal-Ramírez F., Mesas-Carrascosa F.-J., García-Ferrer A., Pérez-Porrás F.-J. ҰҰА-н фотограмметриялық картаға түсіру дәлдігін жердегі бақылау нүктелерінің өзгеруі бойынша бағалау. // Халықаралық қолданбалы бақылаулар және геоақпарат журналы. – 2018. – Т. 72. – Б. 1-10. (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Islam K.M.N. Парниковый след и поток углерода, связанный с различными стратегиями управления твердыми отходами для городского метаболизма в Бангладеш. // *Леса*. – 2017. – №8. – С. 755-769. (на английском языке)
2. Manzo C., Mei A., Zampetti E., Bassani C., Paciucci L., Manetti P. Нисходящий подход от спутника к наземному роверу для мониторинга окружающей среды на свалках. // *Наука об окружающей среде*. – 2017. – Т. 584-585. – С. 1333-1348. (на английском языке)
3. Mohee R., Mauthoor S., Bundhoo Z.M.A., Somaroo G., Soobhany N., Gunasee S. Текущее состояние управления твердыми отходами в малых островных развивающихся государствах: обзор. // *Управление отходами*. – 2015. – №43. – С. 539-549. (на английском языке)
4. Слюсарь Н.Н., Коротаев В.Н., Куликова Ю.В. Визуальное обследование объектов захоронения отходов с использованием беспилотных летательных аппаратов. // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. – 2017. – №4. – С. 25-36. (на русском языке)
5. Gasperini D., Allemand P., Delacourt C., Grandjean P. Возможности и ограничения использования БПЛА для мониторинга проседания на муниципальных свалках. // *Международный журнал экологических технологий и менеджмента*. – 2014. – Т. 17. – №1. – С. 1-13. (на английском языке)
6. Lega M., Napoli R.M.A. Новый подход к воздушному мониторингу полигонов твердых бытовых отходов. // *Транзакции WIT по экологии и окружающей среде*. – 2008. – Т. 109. – С. 193-199. (на английском языке)
7. Abdullah Harun Incekara, Ahmet Delen, Dursun Zafer Seker and Cigdem Goksel. Исследование возможностей использования недорогих беспилотных летательных аппаратов при временном мониторинге полигона. // *Международный геоинформационный журнал ISPRS*. – 2019. – Т. 8. – №22. – С. 1-16. (на английском языке)
8. Martínez-Espejo Zaragoza I., Caroti G., Piemonte A., Riedel B., Tengen D., Niemeier W. Структура обработки движущихся (SfM) изображений БПЛА и комбинация с наземным лазерным сканированием, применяемая для 3D-документации в опасной ситуации. // *Геоматика, природные опасности и риски*. – 2017. – Т.8. – №13. – С. 1492-1504. (на английском языке)
9. Mlambo R., Woodhouse I., Gerard F., Anderson K. Фотограмметрия структуры на основе движения (SfM) с данными дронов: недорогой метод мониторинга выбросов парниковых газов из лесов в развивающихся странах. // *Леса*. – 2017. – Т. 8. – №68. – С. 1-20. (на английском языке)
10. Liu Y., Zheng X., Ai G., Zhang Y., Zuo Y. Создание высокоточной цифровой ортофото-карты на основе изображений с БПЛА. // *Международный геоинформационный журнал ISPRS*. – 2018. – Т. 7. – №333. – С. 4-8. (на английском языке)
11. Martínez-Carricondo P., Agüera-Vega F., Carvajal-Ramírez F., Mesas-Carrascosa F.-J., García-Ferrer A., Pérez-Porrás F.-J. Оценка точности фотограмметрического картирования БПЛА по вариации наземных опорных точек. // *Международный журнал прикладных наблюдений за Землей и геоинформации*. – 2018. – Т. 72. – С. 1-10. (на английском языке)

REFERENCES

1. Islam K.M.N. Greenhouse gas footprint and the carbon flow associated with different solid waste management strategy for urban metabolism in Bangladesh. // *Forests*. – 2017. – №8. – P. 755-769. (in English)
2. Manzo C., Mei A., Zampetti E., Bassani C., Paciucci L., Manetti P. Top-down approach from satellite to terrestrial rover application for environmental monitoring of landfills. // *Science of the Total Environment*. – 2017. – Vol. 584-585. – P. 1333-1348 (in English)
3. Mohee R., Mauthoor S., Bundhoo Z.M.A., Somaroo G., Soobhany N., Gunasee S. Current status of solid waste management in small island developing states: A review. // *Waste Management*. – 2015. – №43. – P. 539-549. (in English)

4. *Slyusar N.N., Korotaev V.N., Kulikova Yu.V. Visual inspection of waste disposal facilities using unmanned aircraft. // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied ecology. Urban studies. – 2017. – №4. – P. 25-36. (in Russian)*
5. *Gasperini D., Allemand P., Delacourt C., Grandjean P. Potential and limitation of UAV for monitoring subsidence in municipal landfills. // International Journal of Environmental Technology and Management. – 2014. – Vol. 17. – №1. – P. 1-13 (in English)*
6. *Lega M., Napoli R.M.A. A new approach to solid waste landfills aerial monitoring. // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2008. – Vol. 109. – P. 193-199. (in English)*
7. *Abdullah Harun Incekara, Ahmet Delen, Dursun Zafer Seker and Cigdem Goksel. Investigating the Utility Potential of Low-Cost Unmanned Aerial Vehicles in the Temporal Monitoring of a Landfill. // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2019. – Vol. 8. – №22. – P. 1-16. (in English)*
8. *Martínez-Espejo Zaragoza I., Caroti G., Piemonte A., Riedel B., Tengen D., Niemeier W. Structure from motion (SfM) processing of UAV images and combination with terrestrial laser scanning, applied for a 3D-documentation in a hazardous situation. // Geomatics, Natural Hazards and Risk. – 2017. – Vol. 8. – №13. – P. 1492-1504. (in English)*
9. *Mlambo R., Woodhouse I., Gerard F., Anderson K. Structure from Motion (SfM) Photogrammetry with Drone Data: A Low Cost Method for Monitoring Greenhouse Gas Emissions from Forests in Developing Countries. // Forests. – 2017. – Vol. 8. – №68. – P. 1-20. (in English)*
10. *Liu Y., Zheng X., Ai G., Zhang Y., Zuo Y. Generating a High-Precision True Digital Orthophoto Map Based on UAV Images. // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2018. – Vol. 7. – №333. – P. 4-8. (in English)*
11. *Martínez-Carricondo P., Agüera-Vega F., Carvajal-Ramírez F., Mesas-Carrascosa F.-J., García-Ferrer A., Pérez-Porras F.-J. Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points. // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2018. – Vol. 72. – P. 1-10. (in English)*

Авторлар туралы мәліметтер:

Бегімжанова Е.Е., Satbayev University, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан), 20089527@mail.ru; **ORCID** 0000-0003-2833-5622

Жақыпбек Ы., Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан), y.zhakupbek@satbayev.university; **ORCID** 0000-0002-2474-9927

Турсбеков С.В., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «География, жерге орналастыру және кадастр» кафедрасының профессор м. а. (Алматы қ., Қазақстан), naiman1913@mail.ru; **ORCID** 0000-0001-7320-5689

Сведения об авторах:

Бегімжанова Е.Е., PhD докторант кафедрасы «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Жақыпбек Ы., доцент кафедрасы «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Турсбеков С.В., и.о. профессора кафедрасы «География, землеустройство и кадастр» Казахского национального университета им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан)

Information about the authors:

Begimzhanova Y.Y., PhD Doctoral Student at the Department of Surveying and Geodesy of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Zhakupbek Y., Associate Professor at the Department of Surveying and Geodesy of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Tursbekov S.V., Acting Professor at the Department of Geography, Land Management and Cadastre of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan)

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

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

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

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

Дополнительные рубрики:

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

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

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, 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 с помощью специальной программы (например, www.text.ru);
- необходимо указать одно из научных направлений, которому в наибольшей степени соответствует тематика статьи.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

К статье прилагаются сведения на английском языке:

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

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

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

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

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

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой казахско-русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированным (следовать логике описания результатов в статье, кратко отображая основные мысли, содержащиеся в ее структурных частях – от проблемы, цели и методов до результатов исследований, предложений и главных выводов);
- быть написанным качественным английским языком;
- объемом не менее 700, но не более 900 знаков, включая пробелы.

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

4. Стоимость публикации.

Стоимость публикации статьи в издании с 1 апреля 2021 года составляет 10000 тенге. В стоимость входит восемь экземпляров журнала с опубликованной статьей и присвоение DOI. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги.

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

ufi
Approved
Event

Mining Week

KAZAKHSTAN '2021

22-24
июня 2021

КАРАГАНДА
СТАДИОН «ШАХТЕР»



Представительство
«TNT EXPO, LLC» в Казахстане

тел. +7 727 250 19 99

факс +7 727 250 55 11

e-mail: mintek@tntexpo.com



www.miningweek.kz