

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

Издается с января 2003 г.

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

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

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

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

minmag.kz

Представители журнала:

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

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

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

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

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

Подписано в печать **25.09.2020 г.**

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

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



INTERRIN

Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

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

Специалист по связям с общественностью

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

Помощник редактора

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,

Professor of Mining Engineering

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

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

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

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

А.А. Бекботаева, PhD

А.А. Бектыбаев, канд. техн. наук

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

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

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

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

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

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

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

В.Г. Загайнов, канд. техн. наук

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

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

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

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

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

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

В.С. Музгина, д-р техн. наук

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

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

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

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

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

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Р.Р. Ходжаев, д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

3 Колонка главного редактора

4 В Altyntau Kokshetau используют современные технологии для обеспечения безопасности горных работ [®]

Геотехнология

6 *Х.А Юсупов, А.К. Омиргали, Х.Х. Абен*
Применение механической активации промывочного раствора сорбента при скважинном выщелачивании урана

Геомеханика

10 *Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ., Жайсанбаев Н.А., Замалиев Н.М.*
Жойылған көмір шақтыларының газ жинағыштарының көлемі мен орналасуын анықтау

Металлургия

16 *Абишева А.К., Акишев А.Х.*
Низкотемпературные процессы в материалах с хлорсодержащими связующими и их влияние на спекание огнеупорных изделий

Горные машины

23 *Саидова Л.Ш.*
Исследование влияния параметров глубоких карьеров на выбор технологических схем при транспортировании горной массы автосамосвалами

Геоинформатика

28 *Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Утешов Е.Т., Текенова А.Т.*
Концепция технологической платформы позиционирования и связи в условиях открыто-подземного освоения месторождений полезных ископаемых

Качество продукции

34 *Калашиников В.А., Головки Л.Г., Дырда В.И., Агальцов Г.Н., Калганков Е.В.*
Новые достижения в области дезинтеграции железных руд в барабанных мельницах с резиновой футеровкой

Геоэкология

41 *Рысбеков К.Б., Усен К., Муканова Г.А., Жакыпбек Ы.*
Результаты исследования степной растительности и фитомелиорация отвалов

50 *Букаев Е.З., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К.*
Исследование применения солнечной энергии в производстве изготовления строительных изделий из отходов известняка-ракушечника

56 *Жубанова А.А., Тастамбек К.Т., Шерелхан Д.К., Зиябекова М.У.*
Конструирование микс-консорциума на основе зоомикробного сообщества и бурых углей

62 Требования к оформлению статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Дорогие читатели!

Уважаемые коллеги!

Продолжая тему истощения запасов полезных ископаемых, находимых и добываемых из месторождений, названных таковыми традиционно по определению, остановимся на эпохальном событии в жизни человечества, случившемся 28 июля 2020 г.

В этот день во Франции было начато строительство первого в мире термоядерного реактора ИТЭР, созданного усилиями ученых и инженеров России, США, Китая, Евросоюза, Индии, Японии и Южной Кореи. Начиная с 2000 года, десятки тысяч человек беспрестанно работали, отработывая на практике созданную теоретическую базу, создавая контуры будущего реактора и его окружения, конструируя сложнейшее оборудование. Были специально созданы новые материалы и сплавы, изготовлены уникальные, неповторяющиеся нигде больше и не применявшиеся доселе приборы и детали новых конструкций числом более 11000. Наконец, было принято совместное решение, и первый в мире термоядерный промышленный реактор для получения электроэнергии и пара будет пущен в работу ровно через пять лет, в 2025 г.

Это такая же победа человеческого разума, как, начиная с древнейших времен, получение огня, создание каменных орудий труда, зерна из семени, плавка меди и железа, создание бумаги, рычагов, паровых машин, электрического генератора, расщепление ядра химических элементов, полет в космос, повсеместное внедрение в жизнь информационных технологий.

Что сулит нам термоядерная управляемая реакция (подумать только, что в «шнуре» плазмы температура достигает более 100 млн °С, т. е. в 16-17 раз больше, чем на поверхности Солнца)? Мы получим столько электроэнергии и пара, сколько нам будет нужно, без использования дров, торфа, угля, газа, нефти, процесс будет самым безопасным, источник получения энергии будет бесконечным, стоимость электроэнергии будет гораздо дешевле, чем мы имеем сейчас (правда, если нам не будут мешать посредники, как в Казахстане).

Наступает «час истины», новая эра в жизни человечества, когда наряду с транспортом на электроприводе, роботизированными комплексами во всех сферах жизни, начиная с домашнего обихода и заканчивая сложными производственными процессами, когда человек, достигнув вершин технического прогресса, будет, казалось бы, абсолютно доволен (я не говорю «счастлив», ибо это разные понятия). Но будет ли так?!

Как говорит профессор Еврейского университета в Иерусалиме Юваль Ной Харари, уже в 20-х годах человечество столкнется с проблемами, представляющими реальную угрозу для его существования:

- 1) «беспольные» люди на фоне сплошной автоматизации;
- 2) неравенство между странами;
- 3) цифровая диктатура;
- 4) власть алгоритмов.

Как он говорит, технологии разрушат не только экономику, политику и жизненную философию, но и наше биологическое устройство.

Сказав «а», следует сказать и «б», т. е. зная о реальных угрозах и о том, что сила технологий может оказаться не только полезной, но и разрушительной, и что мы уже не сможем остановить технический прогресс, необходимо эти угрозы убирать наряду с опасностью ядерной войны и экологического кризиса. Мы еще можем конкретно, своевременно и действенно повлиять на складывающуюся обстановку, которая еще раз подтверждает правоту Карла Маркса, который 150 лет назад сказал, что мир развивается на борьбе единства и противоположностей.

В этой огромной совместной работе правительств, общественных организаций и мирового бизнеса в первую очередь необходимо снять все противоречия между национализмом и глобализмом, чтобы не оказаться в джунглях давно неремонтируемого дома.

Я бы сюда добавил не такую очевидную сегодня угрозу полного истощения запасов полезных ископаемых на используемых ныне традиционных месторождениях, создав новое поле для мирового развития цивилизации, которое не может существовать без добычи и переработки минерального сырья.

Формула жизнеспособности человечества в этом контексте звучит так: «Формирование минерально-сырьевой базы полезных ископаемых полным, комплексным и управляемым использованием массива недр Земли с валовой сплошной выемкой».

Создание такой идеологии недропользования не за горами, потому что запасов традиционных месторождений осталось на 50-70 лет, учитывая непрерывный рост потребления на индивидуума, непрерывный рост населения Земного шара и обязательное достижение равенства всех людей планеты по уровню благополучия.

Мы должны жить в эпоху созидательного недропользования, обеспечивающего:

- неисчерпаемость на сроки существования цивилизации;
- сохранность природного равновесия массива недр и безотходность.



В АЛТЫНТАУ КОКСШЕТАУ ИСПОЛЬЗУЮТ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ

На открытом месторождении Altyntau Kokshetau пристальное внимание уделяется устойчивости склонов карьеров. Это значительно повышает безопасность производства.

Однако качественно проведенные работы не исключают обрушения горных пород. Мировой опыт показывает, что небольшие движения или изменения в наблюдаемой части бортов карьера почти всегда происходят за несколько часов до их обрушения. Поэтому в Altyntau Kokshetau ведутся работы по определению оптимальных параметров бурения, производится мониторинг сейсмического воздействия взрывных работ при помощи аппаратуры канадской компании InstanTel с использованием сейсмостанций MinimatePro. На карьере применяются самые современные средства гидрогеологического и геотехнического мониторинга GeoMoS компании Leica, проводятся ежедневные визуальные обследования карьера и отвалов.

Для более надежного обеспечения безопасных условий труда и эксплуатации техники необходимо было

организовать комплексный геотехнический мониторинг, одним из важных элементов которого является радарная система, позволяющая обнаружить малейшие деформации бортов и откосов и заблаговременно предупредить о возможном обрушении.

В Altyntau Kokshetau тестирование георадаров проводилось с 2017 года. А с 2019 года на постоянной основе установлена система мониторинга из двух радаров IBIS ArcSAR-360Performance итальянской компании IDS с программным обеспечением FPM-360, которая круглосуточно следит за всем периметром карьера в режиме реального времени. Для качественного мониторинга к радару подключается целая метеорологическая станция, определяющая скорость ветра, температуру, влажность и давление воздуха. Это позволяет значительно снизить возможную опасность неожиданного обрушения.



Контроль устойчивости бортов

Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»



Зиракс - производство, маркетинг и продажа специализированных химических продуктов и решений на их основе

UniPell™ кальций хлористый гранулированный

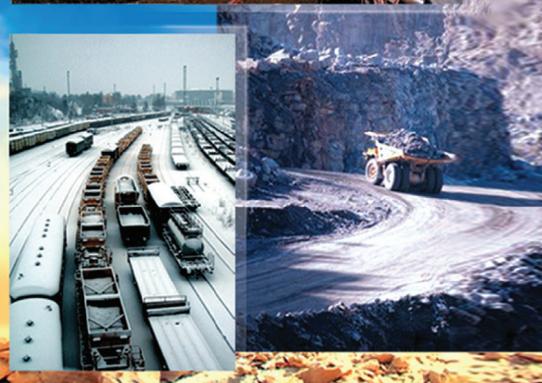
ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЮ И БОРЬБЕ СО СМЕРЗАНИЕМ

Пылеподавление на карьерах, местах проведения работ, на дорогах и при погрузке-выгрузке продукции

- Снижение капитальных затрат по ремонту техники
- Увеличение скорости и объемов переработки продукции
- Благоприятные условия труда

Борьба со смерзанием

- Защита угля, руды и других сыпучих материалов от смерзания
- Увеличение скорости и объемов переработки продукции
- Снижение затрат на хранение и перевалку
- Снижение капитальных затрат
- Снижение потерь продукции



www.zirax.ru

ООО "Зиракс", 404171, Волгоградская обл., р.п. Светлый Яр, мкрн. 4, д.6
Тел.: +7 (8442) 494-999, факс +7 (8442) 499-444, e-mail: sales@zirax.com

ME *elecmetal*



ME FITSYSTEM.

Офис тел.: +1-763-201-1879
Моб. тел.: +1-778-875-7525
Email: russia@meglobal.com
www.me-elecmetal.com

**ПОСЕТИТЕ НАШ СТЕНД C5037 НА ВЫСТАВКЕ
«MINING WORLD RUSSIA 2020»
А21-23 АПРЕЛЯ 2020
МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»**

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ И ДОКАЗАННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

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

ИЗНАШИВАЕМЫЕ ДЕТАЛИ ДЛЯ МЕЛЬНИЦ

Инновационные решения футеровки для мельниц полусамоизмельчения, самоизмельчения, шаровых и стержневых

- Стальные
- Резиновые
- Композитные

МЕЛЮЩИЕ ТЕЛА

Кованные мелющие шары высочайшего качества для мельниц полусамоизмельчения, самоизмельчения, шаровых и стержневых

- 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 52.13.19

Х.А Юсупов, А.К. Омиргали, Х.Х. Абен
Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПРОМЫВОЧНОГО РАСТВОРА СОРБЕНТА ПРИ СКВАЖИННОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА

Аннотация. Технологическая схема переработки продуктивных растворов, получаемых способом подземного скважинного выщелачивания урана, включает в себя применение ионообменных химических процессов (сорбция и десорбция) извлечения урана. В процессе сорбции применяют синтетические ионообменные смолы, а для эффективной десорбции используют растворы нитратов. Для регенерации сорбента в исходную форму, пригодную для повторного использования, в процессе сорбции проводят промывку (денитрацию) ионообменной смолы. В настоящее время на некоторых рудниках степень промывки ионообменной смолы явно недостаточна. Это приводит к ухудшению сорбционных свойств ионообменной смолы по урану, расходу нитрат-ионов и, как следствие, сверхнормативному расходу аммиачной селитры. Для повышения степени промывки ионообменной смолы предложена технология промывки с механической активацией раствора. Ранее проведенными лабораторными работами на смоделированной денитрационной установке установлена степень активации реагента в 4 минуты, что снижает содержание нитрата в смоле по сравнению с традиционно используемой схемой от 17,0% до 33,7% в зависимости от концентрации серной кислоты.

Ключевые слова: подземное скважинное выщелачивание, сорбция и десорбция, промывка смолы, активация раствора, реагент, нитраты.

Уранды жерасты скважинамен сілтілеу барысында сорбентті механикалық белсендірілген ертіндімен жуу

Андапта. Уранды скважинамен жерасты сілтілеуде өнімді ертінділерді өңдеудің технологиялық сұлбасы сорбция және десорбция үрдістерін қамтиды. Сорбция үрдісінде ионалмастыру смаласын, ал десорбция тиімді болу үшін нитраттар қолданады. Сорбция үрдісінде қайта қолдану үшін, смоланы жуады (денитрация). Қазіргі кезде, кей кеніштерде жуу дәрежесі орта есеппен 43%-ды құрайды, яғни денитрация дәрежесі анық жеткіліксіз. Бұл смоланың уранды сорбциялау қасиетін төмендетуге, нитрат-иондардың жоғалымына және аммиак селитрасының көп шығынына әкеліп соғады. Жуу дәрежесін арттыру үшін смоланы жууға механикалық белсендірілген ертіндіні қолдану ұсынылған. Моделденген зертханалық кодьғыда зертханалық жжмыстар жүргізу барысында, ертіндіні белсендіру дәрежесі 4 минут болғанда, смоладағы нитраттың құрамы базалық технологияға карағанда, күкірт жықшылының концентрациясына байланысты 17,0% дан 33,7%-ға дейін азаятыны анықталған.

Түйінді сөздер: жерасты скважинамен сілтілеу, сорбция және десорбция, смоланы жуу, ертіндіні белсендіру, реагент, нитраттар.

Mechanical activation of the solution for washing the sorbent during the uranium in-situ leaching

Abstract. The technological scheme for the processing of pregnant solutions obtained by the method of uranium underground in-situ leaching includes the use of ion-exchange chemical processes (sorption and desorption) during the uranium recovery. Synthetic ion-exchange resins are used in the process of sorption of uranium, and nitrate solutions are used for effective desorption. In order to regenerate the sorbent to its original state, suitable for reuse in the sorption process, the ion-exchange resin is washed (denitrated). Currently, in some mines, the efficiency of washing of ion-exchange resin is on average 43%, i.e. the degree of denitration is clearly insufficient. This leads to a deterioration in the sorption properties of the ion-exchange resin, consumption and loss of nitrate ions and, as a consequence an excessively increasing consumption of ammonium nitrate. For increase in the degree of washing of the ion-exchange resin, a technology of washing the resin with mechanical activation of the solution is proposed. Previously, laboratory work on a simulated denitration plant has shown that the degree of activation of the reagent achieved in 4 minutes reduces the nitrate content in the resin in comparison with the base technology traditionally used from 20,0% to 36,2%, depending on the initial concentration of sulfuric acid.

Key words: uranium, well, leaching, sorption, desorption, sorbent, resin washing, solution activation, reagent, nitrates, denitration.

Введение

Ведущие мировые аналитические и маркетинговые компании, специализирующиеся в области уранового рынка, прогнозируют устойчиво растущий спрос на уран в долгосрочной перспективе. Так, согласно сценарию развития мировой атомной энергетики, реакторные потребности в уране к 2030 г. возрастут с текущих 73 тыс. т/г. до 86-88 тыс. т/г. С 2024 г. спрос на уран начнет превышать предложение и дефицит составит более 18 тыс. т к 2030 г., а при агрессивном сценарии развития атомной энергетики¹ достигнет 48 тыс. т/г. [1].

Республика Казахстан занимает 2 место по объему запасов и 1 место по добыче урана в мире. Предполагается, что к 2025-2030 гг. объем добычи урана в Казахстане составит 32% от мирового объема добычи. Около 74% всех запасов урана в стране пригодны к разработке методом подземного скважинного выщелачивания [2, 3]. Конечной продукцией, производимой на производственных площадках урановых месторождений, являются закись-окись урана, химический концентрат природного

урана или как его еще называют «желтый кек», получаемый при химическом осаждении урана из товарных десорбатов. Поэтому после процесса выщелачивания полученный продуктивный раствор поступает в цех переработки для последующей его гидрометаллургической переработки путем применения сорбционных и десорбционных процессов.

Технологическая схема переработки продуктивных растворов, полученных при подземном скважинном выщелачивании урана, включает в себя гидрометаллургические приемы: сорбцию урана на ионообменных смолах и десорбцию урана из ионообменных смол²⁻⁴.

В процессе сорбции применяют ионообменную смолу, а для эффективной десорбции урана используют нитраты. Для регенерации сорбента в первоначальное состояние, пригодное для повторного использования в процессе сорбции, проводят промывку (денитрацию) смолы.

Денитрация смолы производится в колоннах, представляющих собой цилиндрические массообменные аппараты сорбционного типа с вертикальной системой

¹Дерек М. Инсайт: Уран находится в режиме ожидания. // Бюллетень сырья. – 2015. – 8 с.

²Технологический регламент добычи и переработки урана (рудник подземного скважинного выщелачивания урана месторождения Центральной Мынкудук – перерабатывающий комплекс). – Алматы: ТОО «ДП «ОРТАЛЫК», 2014. – 51 с.

³Волков В.П. Сорбционные процессы действующих производств. – М.: Руда и металлы, 2014. – 160 с.

⁴Оптимизация параметров в десорбции и денитрации с целью снижения расхода аммиачной селитры на уранодобывающем предприятии ТОО «ДП «ОРТАЛЫК». // Отчет о научно-исследовательской работе. – Алматы: Товарищество с ограниченной ответственностью «Институт высоких технологий», 2018. – 34 с.



Рис. 1. Лабораторная установка для денитрации смолы.
Сурет 1. Смоланы денитрациялау үшін зертханалық қондырғы.
Figure 1. Laboratory setup for resin denitration.

дренажа оборотных растворов. Для переработки имеющегося объема десорбированного ионита производством предусмотрено использование в модульном режиме денитрационных колонн, функционирующих в следующем режиме: подача исходного денитрирующего раствора в донную часть колонны; вывод маточника денитрации из колонны в узел приготовления десорбирующих растворов; выгрузка денитрированного сорбента из колонны на дальнейшую технологическую операцию.

В среднем, после десорбции концентрация нитратов в смоле составляет от 5,27 г/л до 11,2 г/л. Промывку ионообменной смолы производят раствором с концентрацией серной кислоты от 18 г/л до 35 г/л. При этом степень промывки (денитрации) в среднем составляет 43%, т.е. она явно недостаточна, что приводит к ухудшению сорбционных свойств смолы по урану, потере нитрат-ионов и, как следствие, повышенному расходу аммиачной селитры. Существуют различные способы повышения степени денитрации сорбента, такие как повышение температуры промывочного раствора, изменение конструкции денитрационной колонны, использование для промывки дистиллированной воды. Эти известные технологические способы требуют значительных материальных и трудовых затрат.

Для повышения эффективности процесса денитрации предлагается изменение реологических свойств денитрирующего раствора путем механической активации (кавитации) перед подачей его в промывочную колонну сорбента^{5, 6} [4]. Активация выщелачивающего раствора – это повышение химической активности раствора после его обработки в кавитационной установке.

Гидродинамическая кавитация возникает в тех участках потока, где давление понижается до некоторого критического значения. Присутствующие в жидкости пузырьки газа или пара, двигаясь с потоком жидкости и

попадая в область давления меньше критического, приобретают способность к неограниченному росту. После перехода в зону пониженного давления рост прекращается, и пузырьки начинают уменьшаться. Если пузырьки содержат достаточно много газа, то при достижении ими минимального радиуса, они восстанавливаются и совершают несколько циклов затухающих колебаний, а если мало, то пузырек схлопывается полностью в первом цикле. Сокращение кавитационного пузырька происходит с большой скоростью и сопровождается звуковым импульсом, тем более сильным, чем меньше газ содержит пузырек. Если степень развития кавитации такова, что возникает и захлопывается множество пузырьков, то явление сопровождается сильным шумом со сплошным спектром от несколько сотен герц до сотен килогерц. При захлопывании содержащаяся в пузырьке парогазовая смесь адиабатически (не успевая обменяться теплом с окружающей средой) сжимается до давления 3 МПа и нагревается до температур порядка нескольких тысяч градусов. Весь процесс увеличения и захлопывания пузырьков происходит в течение нескольких миллисекунд. Давление внутри пузырьков и в воде достигает сотен мегапаскаль, а температура – нескольких тысяч градусов, что вызывает распад молекул воды и образование радикалов с высокой химической активностью.

Исходя из изложенного, целью настоящей работы является исследование влияния механической активации промывочного раствора на степень промывки синтетического ионообменного сорбента. Задачами исследования являются: разработка методики проведения лабораторной работы; проведение лабораторных работ; обработка данных лабораторных работ и выводы.

Методика исследования

С целью установления влияния механической активации (кавитации) раствора на эффективность промывки

⁵Пирсол И. Кавитация. / Пер. с англ. Ю.Ф. Журавлева под ред. Л.А. Эштейна. – М.: Мир, 1975. – 96 с.

⁶Кнэп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. – М.: Мир, 1974. – 678 с.

(денитрацию) смолы были проведены лабораторные работы. Смола после десорбции была отобрана из рудника; в лабораторных условиях определена концентрация нитрата, составившая 186,03 г/л. Смола для денитрации была разделена на навески весом по 50 г. Лабораторные работы были проведены с концентрацией серной кислоты 25 г/дм³ и 20 г/дм³, соотношение Ж/Т – 1,8; время промывки составляло 120 мин, время активации – 4,6 мин, 8 мин и 120 мин. Вначале лабораторные работы проводились без активации раствора, затем с активацией в течение 4,6 мин и 8 мин. После промывки смолы денитрированная смола отправлялась в лабораторию для определения остаточной концентрации нитрата. Для проведения лабораторных работ была смоделирована лабораторная установка (рис. 1), состоящая из насоса, колонны для денитрации, емкости для раствора.

Результаты

Результаты лабораторных работ, проведенных на модельной установке по денитрации, приведены в табл. 1. Как видно из таблицы, при промывке смолы без активации раствора с концентрацией серной кислоты 20 г/л и 25 г/л и времени промывки в течение 120 мин, остаточное содержание нитрата снизилось с 186 г/л до 137,8 г/л и 68,9 г/л, соответственно, на 25,9% и 62,9%. Активация раствора в течение 4 мин с концентрацией серной кислоты 20 г/л привела к снижению содержания нитрата в среднем на 36,2% – больше, чем при традиционной технологии, а дальнейшее повышение активации раствора до 8 мин – к снижению содержания нитрата в смоле по сравнению с традиционной на 33%.

При повышении концентрации серной кислоты до 25 г/л и времени промывки в течение 120 мин, активация раствора 4 мин привела к снижению содержания нитрата по сравнению с традиционной технологией

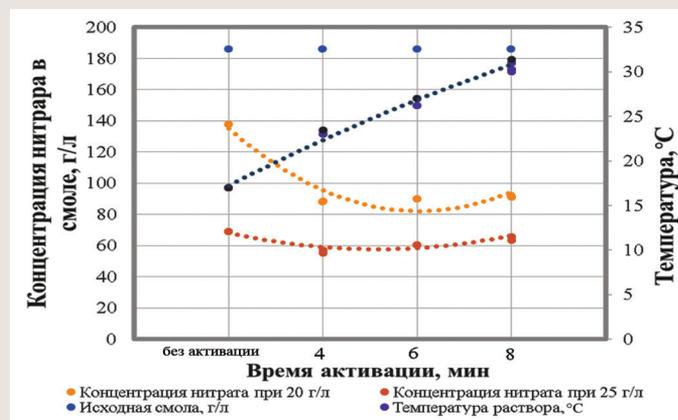


Рис. 2. Изменение содержания нитрата в смоле после промывки от времени активации при концентрации серной кислоты 20 г/л и 25 г/л.

Сурет 2. Күкірт қышқылының мөлшері 20 г/л және 25 г/л болғанда смоланы белсендірілген ертіндімен жуғаннан кейін ондағы нитрат құрамының және температурасының өзгеруі.

Figure 2. Change in the nitrate content in the resin and the temperature of the solution after washing from the time of activation of the solution at a sulfuric acid concentration of 20 g/l and 25 g/l.

Таблица 1
Результаты лабораторных работ на модельной установке денитрации

Кесте 1
Модельді денитрация қондырғысында жасалған зертханалық жұмыстардың нәтижесі

Table 1
Results of laboratory work on a model denitration unit

Время активации, мин	Концентрация H_2SO_4 , г/л	Время промывки, мин	Концентрация нитрата, г/л
без активации	20	120	137,8
4	20	120	88,6
4	20	120	87,8
6	20	120	89,9
8	20	120	92,0
8	20	120	91,3
без активации	25	120	68,9
4	25	120	55,1
4	25	120	57,2
6	25	120	60,4
8	25	120	65,8
8	25	120	63,3

в среднем на 20%, а дальнейшее повышение времени активации привело к незначительному снижению содержания нитратов в смоле и составило 8,1%. При обработке данных табл. 1 получены изменения содержания нитрата в смоле от времени активации и промывки при концентрации серной кислоты 20 г/л и 25 г/л (рис. 2).

Обсуждение результатов

Предлагаемая технология промывки ионообменной смолы предварительно активированным раствором повышает степень денитрации за счет высокой химической активности промывочного раствора вследствие гидродинамического воздействия на него. Проведенными лабораторными работами на смоделированной денитрационной установке установлена необходимая степень активации реагента 4 мин, что снижает содержание нитрата в смоле по сравнению с базовой технологией от 20,0% до 36,2% в зависимости от концентрации серной кислоты.

Снижение степени денитрации смолы с увеличением времени активации раствора объясняется нагревом и испарением реагента при ее активации.

Преимуществом предлагаемой технологии промывки смолы с механически активированным раствором являются незначительные капитальные затраты, легкая интегрируемость в существующую систему, работа в автоматическом режиме и экологическая безопасность.

В дальнейшем необходимо проведение опытно-промышленных испытаний непосредственно на рудниках, добывающих уран методом подземного скважинного выщелачивания.

Заклучение

Предлагаемая технология промывки активированным раствором повышает степень денитрации,

сохраняет сорбционные свойства ионообменной смолы по урану и, как следствие, снижает потери нитрат-ионов и расход аммиачной селитры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Назарова З.М., Овсейчук В.А., Лемент О.Ю. Рынок урана: современное состояние, проблемы и перспективы его развития. // Проблемы современной экономики. – 2016. – №2. – С. 159-161. (на русском языке)
2. 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)
3. Бойцов А. Перспективы ПСВ для добычи урана в мире: презентация. // Материалы международного симпозиума по урановому сырью для ядерного топливного цикла: разведка, добыча, производство, спрос и предложение, экономика и экология (URAM-2014). – Вена: МАГАТЭ, 2014 (23-27 июня). – С. 1-23. (на английском языке)
4. 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. Назарова З.М., Овсейчук В.А., Лемент О.Ю. Урана базары: қазіргі күй, мәселелер және оның дамуының болашақтары. // Қазіргі экономиканың мәселелері. – 2016. – №2. – Б. 159-162. (орыс тілінде)
2. Суходолов А.П. Уранның дүниежүзілік қорларлары: атом энергетикасын шикізатпен қамсыздандыруының болашақтары. // Иркутск мемлекеттік экономика академиясының хабаршысы. – 2010. – №4(72). – Б. 166-169. (орыс тілінде)
3. Бойцов А. Дүние жүзінде уранды ҰЖС өндіру болашағы: таныстырылым. // Уран шикізатының ядролық отынның топтамасы үшін Халықаралық симпозиум материалдары: іздеу, игеру, сұраныс және ұсыныс, экономика және экология (URAM-2014). – Вена: МАГАТЭ, 2014 (23 -27 маусым). – Б. 1-23. (ағылшын тілінде)
4. Абен Е.Х., Рустемов С.Т., Бахмагамбетова Г.Б., Ахметханов Д. Сілтілеу ертіндісін белсендіру негізінде темір шығымын жоғарылату. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2019. – №12. – Б. 169-179. (орыс тілінде)

REFERENCE

1. Nazarova Z.M., Ovseichuk V.A., Lementa O. Yu. Uranium market: current state, problems and prospects of its development. // Problems of modern economy. – 2016. – №2. – P. 159-162. (in Russian)
2. Sukhodolov A.P. World reserves of uranium: prospects for the supply of raw materials for nuclear energy. // Bulletin of the Irkutsk State Economic Academy. – 2010. – №4(72). – P. 166-169. (in Russian)
3. Boytsov 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). – P. 1-23. (in English)
4. Aben E.Kh., Rustemov S.T., Bakhmagambetova G.B., Akhmetkhanov D. Increase of metal extraction based on the activation of the leaching solution. // Mining Information and Analytical Bulletin. – 2019. – №12. – P. 169-179. (in Russian)

Сведения об авторах:

Юсупов Х.А., д-р техн. наук, профессор Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), yusupov_kh@mail.ru

Омиргали А.К., докторант Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), armanbek@inbox.ru

Абен Х.Х., доктор PhD Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), abencl@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Юсупов Х.А., техника ғылымдарының докторы, Сәтбаев Университеті профессоры (Алматы қ., Қазақстан), yusupov_kh@mail.ru

Өмиргали А.К., Сәтбаев Университеті докторанты (Алматы қ., Қазақстан), armanbek@inbox.ru

Абен Х.Х., Сәтбаев Университеті PhD докторы (Алматы қ., Қазақстан), abencl@mail.ru

Information about authors:

Yusupov Kh.A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), yusupov_kh@mail.ru

Omirgali A.K., Doctoral Student of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), armanbek@inbox.ru

Aben Kh.Kh., PhD of the Satbayev University, (Almaty, Kazakhstan), abencl@mail.ru

Код МРНТИ 52.35.29

Н.А. Дрижд¹Р.Қ. Қамаров¹Н.А. Жайсанбаев²Н.М. Замалиев¹¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан),²О.А. Байқонуров атындағы Жезқазған университеті (Жезқазған қ., Қазақстан)

ЖОЙЫЛҒАН КӨМІР ШАҚТЫЛАРЫНЫҢ ГАЗ ЖИНАҒЫШТАРЫНЫҢ КӨЛЕМІ МЕН ОРНАЛАСУЫН АНЫҚТАУ

Аннотация. Мақалада келесі мәліметтер келтірілген: тау жыныстарының сырғуы мен көмір тақталарын газдық динамикасы тұрғысынан айқындағандағы газ жинағыштардың қуыстарын және олардың көлемдерін анықтау бойынша зерттеу әдісі жөнінде; кен-геологиялық және кентехникалық жағдайларды талдаудың негізінде құрылған, сондай-ақ, жойылған шақтыларда газбен толтырылған жарықшақтар мен қуыстардың пайда болу үлгісі жөнінде; көмір шақтыларының кен алынған кеңістігінде тау жыныстарының сырғу механизмі жөнінде. Даярланған және үсті алынған көмір тақталарының жылжу механизмін талдаудың нәтижелері келтірілген. Жойылған шақтының газ жинағыш қуыстарының көлемін есептеу моделі ұсынылды. Өндірілген көмірге қатысты қуыстықтың үлесі анықталды. Жойылған шақтының метан қалдығын пайдалануға негізделі техника-экономикалық игеруге негіз болып саналатын нәтижелер дәлелденген және негізделген. Демек, бұл жаңа энергетикалық тасымалдаушының ірі ресурстарын аймақтың отын-энергетикалық балансына тартуға және атмосфераға метанның лақтырысын азайту арқылы экологиялық жағдайды жақсартуға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: метан, қалдырылған қорлар, десорбциялау, газ жинағыштар, метанды шығару, өнеркәсіптік пайдалану.

Установление объемов и местонахождения газовых коллекторов ликвидированных угольных шахт

Аннотация. В статье приведены следующие сведения: о методе исследования по установлению наиболее вероятных полостей-коллекторов газа и их объемов с позиций движения горных пород и газовой динамики угольных пластов; о модели образования пустот и трещин, заполненных газом в ликвидированных шахтах, построенной на основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий; о механизме движения горных пород в выработанном пространстве угольных шахт. Приведены результаты анализа механизма движения подработанных и наработанных угольных пластов. Предложена модель расчета объема полостей газа после ликвидации шахты. Установлена доля пустотности по отношению к добытому углю. Доказаны и обоснованы результаты, которые являются основой для разработки технико-экономического обоснования утилизации метана ликвидированных шахт, что позволит вовлечь в топливно-энергетический баланс региона большие ресурсы нового энергоносителя и улучшить экологическую обстановку за счет сокращения выбросов метана в атмосферу.

Ключевые слова: метан, оставленные запасы, десорбция, коллекторы газа, извлечение метана, промышленное использование.

Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines

Abstract. The article provides the following information: about the method of research to determine the most likely cavities-gas collectors and their volumes from the position of rock movement and gas dynamics of coal seams; about the model of formation of voids and cracks filled with gas in liquidated mines, built on the basis of analysis of mining-geological and mining conditions; about the mechanism of rock movement in the developed space of coal mines. The results of the analysis of the mechanism of movement of under-worked and over-worked coal seams are presented. A model for calculating the volume of gas cavities after the mine is liquidated is proposed. The proportion of voidness in relation to the extracted coal is established. The results have been proved and justified, which are the basis for developing a feasibility study for methane utilization of liquidated mines, which will allow to involve large resources of new energy carrier in the fuel and energy balance of the region and improve the environmental situation by reducing methane emissions into the atmosphere.

Key words: methane, abandoned reserves, desorption, methane recovery, method of research, cavities-gas collectors, coal seams, dynamic, mechanism, industrial use.

Мәселені дұрыс жолға қою

Қазақстандағы экономиканың нақты секторын дамыту энергия қорларының өндірілуін кең көлемде ұлғайтуды талап етеді, ал көмір энергиясы бұл ретте маңызды рөл атқарады. Қазіргі кезде пайдалы қазбалардың едәуір қорлары кен-геологиялық күрделі жағдайларда оларды игерудің мақсатсыздығына байланысты жер қойнауларында қалдырылуы арқасында жоғалуда. Мысалы, Қарағанды көмір бассейнінің шақтыларында есептелмеген көмірдің қорлары 16 млрд тоннаны құрайды, жойылған шақтылар бойынша қалдырылған қорлар 900 млн тоннадан асады.

Қарағанды бассейнінің аумағында залалды шақтылардың жабылуларына байланысты жойылған шақтылардың қатарларына газбөлгіштігі біршама жоғары Өнеркәсіптік және Саран учаскелерінің шақтылары

жатқызылды, олардағы оңашаланған метанның көлемі шамамен 1,6 млрд м³ құрады.

«Қарағандагипрошахт» институтының мәліметтері бойынша Өнеркәсіптік учаскенің жойылған 10 шақтылардың алаптарында q_{10} және q_{12} тақталары бойынша оқпандар астындағы кентіректерде, штректер қасындағы кентіректерде және тазартпа жұмыстарының аудандары бойынша шамамен 194 млн т көмірлер қалдырылды (q_{12} тақтасы бойынша 138 млн т, ал q_{10} тақтасы бойынша 56 млн т). Толығымен жойылған шақтылардың оңашаланған метан көлемдері метан-ауа қоспаларының үлкен көлемдерін құрайтын газ жинағыштарға айналады. Газ жинағыштардан метан жоғары қысыммен жер бетіне еніп, төтенше жағдайлардың пайда болу қаупін тудырады. Метанның бөлінісін азайту бойынша жүргізілетін жұмыстар болашақта ауа райының өзгеру деңгейіне айтарлықтай өзгерістер туғызады^{1,2} [1].

Шешілмеген мәселені белгілеу

Соңғы жылдары көмір метанына деген қызығушылықтың артуына байланысты бірқатар зерттеушілер жойылатын және жойылған көмір шақтыларына метанды жер ауасына эмиссиялаудың көздері және осы дәстүрлі емес қорларға отын мен шикізат ретінде көңіл аударуда. Өкінішке орай, жарияланымдардың аз бөлігі осы тақырыпқа арналған, ал қол жетімді жұмыстар негізінен метан қорларын анықтауға және оларды бағалаудың әдіснамалық тәсілдеріне арналған.

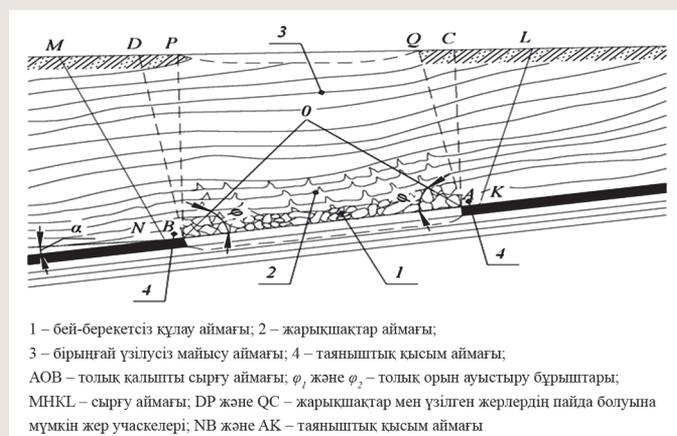
Жойылған шақтылардың алаптарындағы метанның қорларын бағалаудың әдістемелеріне арналған әдебиеттерді талдау бұл мәселені шешуге қарама-қайшы көзқарастарды мәлімдейді. Демек, шақты метанының қорларын игерудің бұл аспектісін кеңейте зерттеудің және ұлғайтудың қажеттілігін көрсетеді.

Жалпы мәселенің бұрын шешілмеген бір бөлігін белгілеу

Тазартпа қазбасының әсер ету аймағында жанас жыныстардың сипаты мен өзгерістілік дәрежесінің айырмашылықтары бойынша әртүрлі аймақтар құрылады. Жер бетіндегі ғимараттар мен құрылыстарды қорғау, тау соққысына қарсы күрес әдістерін жасау, көмір мен газдың кенеттен лақтырысына, қазып алынатын тақталардың нөкерлерінде тау-кен қазбаларының сақталуына қатысты жылжу үдірісі жөнінде, сондай-ақ, әртүрлі кернеулік-өзгерістік күйдің аймақтарының өлшемдері мен саны жөнінде айналысқан зерттеушілердің арасында бірыңғай пікір жоқ.

Сонымен қатар, шақты метанының көшіп-қонуын бақылаудың қолданыстағы әдістемесінің ешқайсысы мыналарды қамтамасыз етпейді [2]:

- техногендік метан жинаушыларды және жер бетімен фильтрациондық байланыстың пайда болу



Сурет 1. Тазартпа қазбасының қоршаған шыңтасқа әсер ету аймақтары.

Рис. 1. Зоны влияния очистной выработки на окружающий массив.

Figure 1. Zones of influence of treatment workings on the surrounding array.

мүмкіндігін анықтау үшін жойылған шақтыларда жыныстар опырылымдарының күмбездерін зерттеуді;

- метанның жер бетіне көшіп-қонуына қосымша табиғи бағыттары ретінде қарастыруға болатын геодинамикалық аймақтарды қарастыруды.

Жұмыстың мақсатын тұжырымдау

Қазақстанда жойылған шақтылардың метаның кәдеге жарату тәжірибесі аз, бірақта басқа елдердің тәжірибесін ескере отыра, осы бағыттағы зерттеулердің болашағы зор болады деп күтуге болады.

Егерде бұрын жойылған және қысқа мерзімде жойылатын болашақ көмір шақтыларын ескеретін болсақ, онда жойылған кәсіпорындардың кен иеліктеріндегі шақтының метаның өнеркәсіптік өндірілуін ұйымдастыру үшін дәрменді объектілердің жалпы саны едәуір артуы мүмкін. Бұл саланың сәтті дамуы газ жинаушы қуыстардың және олардың көлемін тау-кен жыныстарының жылжуы мен көмір тақталарының газ динамикасы тұрғысынан қарастырғанда ең мүмкіндікті анықтау бойынша жаңа әдісті құру болып табылады.

Негізгі материалдың мазмұндамасы

Тазартпа қазбасының әсер ету аймағында жанас жыныстардың сипаты мен көлем өзгерісінің дәрежесі бойынша әртүрлі аймақтар құрылады. Төбенің толық құлауын басқару кезінде тазартпа қазбасының қоршаған шыңтасқа әсер ету аймағында кем дегенде төрт аймақты анықтауға болады (1 сурет): құлау, жарықшақтар, бірыңғай үзілусіз майысу және таяныштық қысым аймақтары.

Құлау аймағы деп негізінде тазартпа қазбасының үстіндегі аймақты түсінуге болады. Құлау аймағынан жоғары жатқан жыныстар тау қысымы күштерінің әсерінен майысып тұтастығын жоғалтады және оларда жаңа табиғи жарықшақтар пайда болады.

Жыныстардың қазба үстінде ілінуі және майысуының арқасында тазартпа қазбасының айналасында жоғары (таяныштық) қысым аймағы пайда болады. Осының арқасында жыныстар сығылады. Таяныш қысымының әсері 100 м аралық аймаққа дейін таралады. Таяныш қысымының максималды нүктесі қазбаның шекарасы бойынша тақтаның алу қуатынан 3-6 м аралықта орналасады³.

Тау-кен қазбасының әсерінен өзгерістерге және орын ауыстыруларға ұшыраған тау жыныстар шыңтасының бөлігі **тау жыныстарының сырғу ауданы** деп аталады, ал сырғу мен өзгерістерге ұшыраған жер беті учаскесінің бөлігі **сырғу ойысы** деп аталады. Жер бетіндегі сырғу ойысының шекарасы шектеу бұрыштарымен анықталынады.

Шектеу бұрыштары β_o , γ_o , δ_o (2, 3 суреттер) деп қазбаның шекараларын сырғу ойысының шекаралас нүктелерімен байланыстыратын, сондай-ақ, жазық сызықтармен және сызықтармен толықтай үстемелеп қазу кезінде ойыстың негізгі қималары бойынша тік жармаларда қалыптасқан қазымдалған кеңістікке қатысты сыртқы бұрыштарды атайды.

¹Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ. Қарағанды бассейнінің шақтыларында метан қауіпсіздігінің әдістерін бағалау: монография. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2019. – 191 б. (қазақ тілінде).

²Қамаров Р.Қ., Жайсанбаев Н.А. Көмір саласының кешенді дамуын қамтамасыз етуде газсыздандыру жұмыстарын зерттеу және жетілдіру жолдары: монография. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2016. – 167 б. (қазақ тілінде).

³Дрижд Н.А., Замалиев Н.М., Ахматнуров Д.Р., Шмидт-Федотова И.М., Мусин Р.А. Қарағанды бассейнінің жойылған көмір шақтыларының алаптарындағы метанды өндірудің жағдайы мен болашағы: монография. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2017. – 274 б. (орыс тілінде).

Кесте 1

Қарағанды бассейнінің жағдайлары үшін сырғу бұрыштарының сандық мәні

Таблица 1

Численные значения углов сдвига для условий Карагандинского бассейна

Table 1

The numerical values of displacement angles for the conditions of Karaganda basin

Бұрыштар	β	γ	δ	φ_1	φ_2	O
Мәндер	$70^\circ - 0,6\alpha$	70°	70°	$55^\circ - 0,4\alpha$	$55^\circ + 0,4\alpha$	$90^\circ - 0,4\alpha$

мұндағы α – тақтаның құлама бұрышы, град.

Шөгудің барша бұрышы O деп тазартпа қазбасының ортасын шөгудің барша нүктесімен байланыстыратын, сондай-ақ, жазық сызықтармен және сызықтармен тақтаның созылым қиысына басты сырғу ойысы қимасындағы тік жарнамада пайда болған тақтаның құлама жағындағы бұрышты атайды.

Толық сырғу бұрыштары деп қазбаның шекарасын ойыстың жайпақ түбінің шекарасымен байланыстыратын, сондай-ақ, тақтаның жазықтығымен және сызықтармен сырғу ойысының басты қималарындағы тік жарнамаларда пайда болған қазымдалған кеңістікке қатысты ішкі бұрыштарды атайды. Толық сырғу бұрыштары келесідей ажыратылады: φ_1 – қазбаның төменгі шекарасындағы бұрыш; φ_2 – қазбаның жоғарғы шекарасындағы бұрыш; φ_3 – тақтаның созылымы бойынша қазбаның шекарасындағы бұрыш.

Жер бетінің барша шөгуді төменгі формула бойынша есептеледі:

$$\eta_m = q_o m \cos \alpha N_1 N_2, \quad (1)$$

мұндағы:

$q_o = 0,75$ – үстемелеп қазылмаған қыртыс үшін;

$q_o = 0,85$ – үстемелеп қазылған қыртыс үшін;

m – тақтаның алу қуаты, м;

$N_1, N_2 = 0,3$ – лава ұзындығының жұмыс тереңдігіне қатынасына байланысты анықталған коэффициенттер.

Үстемелеп қазылатын және біршама дәрежеде шала қазылымдалатын жыныс қатпаршаларының майысуы кезінде жыныс қатпарларының қуыстары пайда болады және олар белгілі бір жағдайларда жартылай жеңілдетілген көмір тақталарынан шығарылған газбен толтырылуы мүмкін.

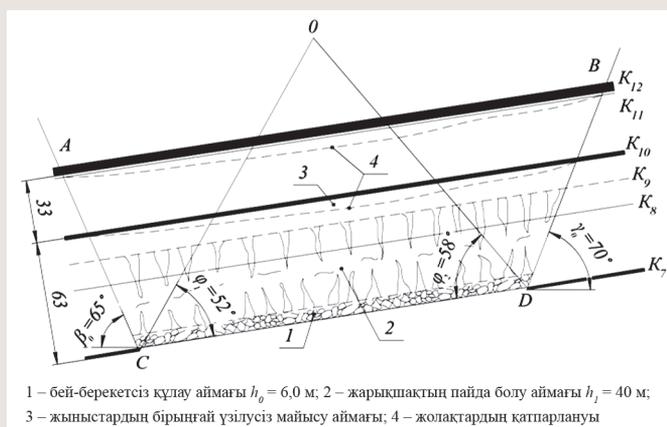
Жерасты шақтыларында газды жинақтаушылар болып қалдырылған, даярлық және басқа да жойылмаған таукен қазбалары саналуы мүмкін.

Көмір тақталарының сырғу механизмі жөнінде түсінік ала отырып, Қарағанды бассейнінің Өнеркәсіптік учаскесінде k_7 тақтасын қазымдаудың жағдайы үшін газ жинаушылардың пайда болу орындарын талдау жұмыстары жүргізілді. Ол үшін көмір тақталарының геологиялық жатыс жағдайлары және көмірліжыныс қыртыстарының сырғу бұрыштары бойынша созылым және созылым қиыстарына сәйкес жармалар салынды. Сонымен қатар, төменгі k_7 тақтасының қазымдалған, ал k_{10} и k_{12} тақталары бойынша көмір кентіректерін қалдыру нұсқасы карастырылды. 3 суретте жоғарыда келтірілген мәліметтер бойынша сырғу аймақтарының бұрыштары мен өлшемдері анықталған, сондай-ақ, үстемелеп қазылатын көмірліжыныс қыртыстарының жармалары көрсетілген. Есептеулер мен талдау көрсеткендей, k_7 тақтасы үшін жөнсіздік

құлау аймағының биіктігі 6,0 м құрайды, және оған көмір тақталары мен жұқа тақталар (қатпаршалар) кірмейді.

Биіктігі 40 м жарықшақтардың пайда болған аймағына k_8 және k_9 жұқа тақталары кіреді, ал k_7 тақтасы бойынша лаваның қазымдалған кеңістігіне метанның бөлінісі жүзеге асырылады. k_{10} , k_{11} және k_{12} тақталары қатпарлардың бірыңғайлығы (тұтастығы) бұзылмайтын майысу аймағына кіреді. Бұрыштардың толық сырғу аймағындағы шөгудің ең үлкен шамасы лаваның ортасында орналасқан.

Сырғу аймағына кіретін үстемелеп қазылған k_{10} және k_{12} тақталары тау қысымынан түсіріледі және қазымдалған кеңістіктің жағына қарай майысады. k_{10} және k_{12} тақталарының төбе жыныстары қаттылығының (қаттылық коэффициенті сәйкес 5,2 және 4,5 құрайды) көмір тақталарының қаттылығынан әдәуір жоғары болғандықтан, көмір тақта-жыныс қатпарларының түйіскен жерлерінде қатпарлардың майысуы кезінде қатпарлану қуыстары пайда болады. Пайда болған қуыстарға метанның толтырылу көздері болып тақадан оның қуатынан 50-60 еселік қашықтыққа табан тұста орналасқан жыныстар болуы мүмкін, ал метанның техногендік жинағышқа шығуы (десорбция) және сүзілуі тау-кен жұмыстарының шебінен 2 км қашықтыққа дейін байқалуы мүмкін. Техногендік жинағыштан шақтылық метанды алудың жылдамдығы оны құрайтын жыныстардың өткізгіштігімен және десорбцияға байланысты жинағыштың сүзгілеу көлемінің метанмен толтырылу шапшаңдылығымен анықталынады [3].

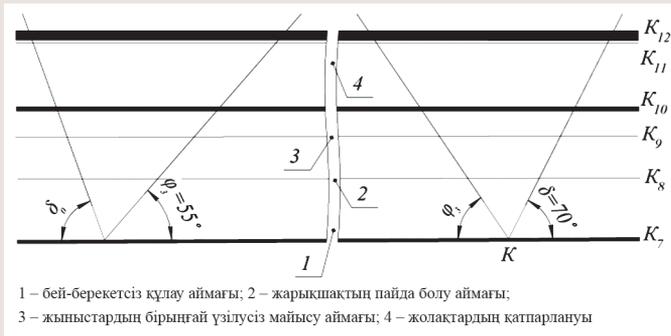


1 – бей-берекетсіз құлау аймағы $h_0 = 6,0$ м; 2 – жарықшақтың пайда болу аймағы $h_1 = 40$ м; 3 – жыныстардың бірыңғай үзілуісіз майысу аймағы; 4 – жолақтардың қатпарлануы

Сурет 2. Тақтаның құламасы және өрлемесі бойынша кен шыңтасының сырғуы.

Рис. 2. Сдвигение горного массива по падению и восстанию пласта.

Figure 2. Movement of the mountain range by the fall and rise of the seam.



Сурет 3. Тақтаның созылымы бойынша кен шыңтасының сырғуы.

Рис. 3. Сдвигение горного массива по простиранию пласта.

Figure 3. Movement of the mountain range along of the seam.

Техногендік жинағыштың кеңістіктік шамашарттары оның қабыршағының координаттарымен анықталынады, ал сандық сипаттамасы ретінде $K < 1$ мД шарты болуы мүмкін, мұндағы K – А.А. Ханиннің мәліметі бойынша «іс жүзінде өткізбеуші» сияқты белгілі жыныстар-жинағыштарының классификациясымен анықталған газ өткізгіштің коэффициенті. Қуыс пен қабыршықтың арасындағы жыныстардың газдылығы іс жүзінде кен орнының қорларын анықтағандай анықталынады, ал олардың өткізгіштігі – оны пайдаланудың орындылығын анықтайды [4].

Егерде қазымдалған қатпарларда жарық орын алмаса және олар қазымдалған кеңістіктің тұсына бірыңғайлығы бұзылмай майысатын болса, онда көмір-жыныс қабаттарының түйіскен жерінде метанмен толтырылған қатпарлама қуыстар пайда болады.

Демек, даярланған және үсті алынған көмір тақталардың сырғу механизмін талдаудың нәтижесінде, жойылған шақтыларда метанды өндіру тұрғысынан қарағанда газ жинаушылар ретінде мыналар саналуы мүмкін:

- қазу учаскесінің ортасында орналасқан, шыңтастың бірыңғайлығы бұзылмайтын жыныстардың майысу аймағына түсетін, сондай-ақ, көмір-жыныс қатпарларымен түйіскен қатпарлану қуыстары;

- сырғу аймағындағы қазу учаскелерінің шекараларында пайда болған, сондай-ақ сырғудың ішкі бұрыштарымен шектелген қуыстар;

- жер бетімен және жоғарыда орналасқан тау-кен қазбаларымен байланысы жоқ тоқтатылған даярлық және басқа да жойылмаған тау-кен қазбалары.

Жойылған шақтыларда жүргізілген зерттеулер газ қуыстарының көлемін есептеу үлгісін жасауға мүмкіндік берді [5]. Қазымдалған кеңістіктегі газ қуыстарының жалпы көлемі мына мәндердің қосындыларын құрайды:

$$V = V_1 + V_2 + V_3, \text{ м}^3, \quad (2)$$

мұндағы:

V – қазуға даярланған және бір қазымдалған дінгектің шегіндегі қуыстың жалпы көлемі, м^3 ;

V_1 – қазбалардың қазымдалған алабының көмкеруіндегі шекараларда пайда болған қуыстардың көлемі, м^3 ;

V_2 – жыныстардың қатпарлануының түйіспесінде пайда болған қуыстардың көлемі, м^3 ;

V_3 – қалдырылған даярлық қазбаларда пайда болған қуыстардың көлемі, м^3 .

V_1 мәнін төменгі формула бойынша анықтауға болады:

$$V_1 = (0,3...0,5)SP, \quad (3)$$

мұндағы:

S – көмкеруші қазбалардың көлденең қимасының орташа ауданы, м^2 ;
 P – қазымдалған кеңістіктің периметрі, м .

V_2 мәнін төменгі формула бойынша анықтауға болады:

$$V_2 = \eta_{cp} l_2 l_1, \quad (4)$$

мұндағы:

η_{cp} – жыныстардың қатпарлануының (майысуының) орташа ені, м ;

l_1 – тақтаның созылымы бойынша қуыстың өлшемі, м ;

l_2 – тақтаның созылым қиысы бойынша қуыстың өлшемі, м .

Қатпарлану қуыстары бұрыштардың толық сырғуынан пайда болғандықтан, l_1 және l_2 мәндерің төменгі өрнектерден табуға болады:

$$l_1 = L - 2hi \text{ctg } \phi_3, \quad (5)$$

$$l_2 = l_{\text{л}} - hi (\text{ctg } \phi_1 + \text{ctg } \phi_2), \quad (6)$$

мұндағы:

L – тақтаның созылымы бойынша қазу алабының ұзындығы, м ;

h_i – қазылатын тақтадан даярланған тақтаға дейінгі қалыптылық қашықтық, м ;

l – лаваның ұзындығы, м .

Жыныстардың қатпарлануының (майысуының) орташа ені төмендегідей анықталады:

$$\eta_{cp} = E_n - E_y, \quad (7)$$

мұндағы:

$E_n = f(\sigma_{\text{раст.н}})$ – беріктігі төмен жыныстардың майысуы, м ;

$E_y = f(\sigma_{\text{раст.у}})$ – қаттылығы жоғары жыныстардың майысуы, м .

Жер бетінің максималды отыруының шамасы (1) формула бойынша анықталады.

Қалдырылған қазбалардағы қуыстардың көлемін V_3 шамамен төменгі формула бойынша табуға болады:

$$V_3 = 0,4S_0 l_m, \quad (8)$$

мұндағы:

S_0 – қалдырылған қазбаның бастапқы көлденең қимасының ауданы, м^2 ;

l_m – тұйық даярлау қазбасының ұзындығы, м .

Жойылған шақтыдағы қуыстардың жалпы көлемі

$$V_{\text{ш}} = \sum_i^n (V_1 + V_2) + \sum_j^k V_3, \quad (9)$$

мұндағы:

n – шақты алабының ішіндегі қазымдалған қазу дінгектерінің саны;

k – қалдырылған тұйық даярлық қазбалардың саны.

Мысал ретінде, төменде «Тамаша» κ_7 тақтасын қазымдау кезінде пайда болатын газ жинағыштары қарастылады. Қазымдалған κ_7 тақтасының жоғары тұсында одан сәйкес 63 м және 99 м тең ара қашықтықта κ_{10} және κ_{12} тақталары жатады. Қазу алабының ұзындығы 2000 м құрайды, тақтаның алу қуаты 1,7 м тең. Лаваның ұзындығы – 200 м.

Астыңғы дінгекті даярлау үшін ұзындығы 2000 м және көлденең қимасының ауданы 15 м^2 конвейер штрегі өтілген. Мүмкіндігінше жойылған шақтының газ жинағыштары ретінде саналатын қуыстықтардың көлемін анықтау қажет.

Біз (3) формула бойынша қазу алабын жиектеуші қазбалардан пайда болған қуыстардың көлемін анықтаймыз:

$$V_1 = (0,3...0,5)SP = 0,4 \times 15 \times 4400 = 26400 \text{ м}^3.$$

Біз (5) және (6) формулалары бойынша даярланған κ_{10} және κ_{12} тақталары үшін созылым және созылым қиысы бойынша қуыстардың мөлшерін есептейміз:

а) κ_{10} тақтасы:

$$l_1 = 2000 \times 2 \times 63 \times \text{ctg } 55^\circ = 1912 \text{ м};$$

$$l_2 = 200 - 63(\text{ctg } 52^\circ + \text{ctg } 58^\circ) = 111 \text{ м};$$

б) κ_{12} тақтасы:

$$l_1 = 2000 - 2 \times 99 \times 0,7 = 1861 \text{ м};$$

$$l_2 = 200 - 99(0,78 + 0,63) = 60 \text{ м}.$$

Ойыс шамасы мынаны құрайды:

$$\eta = 0,75 \times 1,7 \times 0,98 \times 0,3 \times 0,3 = 0,1 \text{ м.}$$

Онда бұл тақталардың қуыстарының көлемін мынаған тең болады:

$$V_{2K_{10}} = 0,1 \times 1912 \times 111 = 21223 \text{ м}^3;$$

$$V_{2K_{12}} = 0,1 \times 1861 \times 60 = 11166 \text{ м}^3.$$

Өтілген конвейер штрегінің қуыстарының көлемін мынаны құрайды:

$$V_3 = 0,5 \times 2000 \times 15 = 15000 \text{ м}^3.$$

Қуыстардың жалпы көлемдерінің қосындылары мынаған тең болады:

$$V = 26400 + 21223 + 11166 + 15000 = 73789 \text{ м}^3.$$

Қазу алабында өндірілген көмірдің мөлшері $2000 \times 200 \times 1,7 \times 1,4 = 952000$ т тең болғанда, өндірілген көмірдің 1 тоннасына қатысты қуыстықтың сыбағасы мынаны құрайды.

Демек, жүргізілген аналитикалық зерттеулер мен есептеулер келесі шешімдерді жасауға мүмкіндік берді:

▪ жойылған шақтыларда тау жыныстарының сырғуын және көмір тақталарын газдық динамикасы

тұрғысынан айқындаған жағдайда газ жинағыштардың қуыстары анықталды;

▪ газ жинағыштардың көлемін есептеу әдісі ұсынылды;
▪ өндірілген көмірге қатысты қуыстықтың үлесі анықталды. Ол шамамен 8% құрайды.

Қорытындылар және бағыттың даму болашағы

Кенгеологиялық жағдайлары ірі дөңес пішінді және күмбезді қатпарлармен шектелген жойылған шақтылардан метанды алу өте ұтымды. Мұндағы жыныстардың жоғары көлемдегі жарықшақтығы олардың өткізгіштігіне және үлкен аумақты қазымдалған кеңістікке метанның бөлінуіне себепкер болады. Үстемелеп қазылатын қыртыста жақын орналасқан көмір тақталарының және қатпаршалардың көптігі шақтының қазымдалған кеңістігіне метанның өте қарқынды және ұзақ бөлінуіне әкеледі [6].

Жойылған көмір шақтыларының газ жинағыштарының көлемі мен орналасуын анықтауда алынған нәтижелер метанды кәдеге жаратудың техника-экономикалық негіздемесін жасауға негіз болып табылады [7].

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дрижд Н.А., Камаров Р.Қ., Жайсанбаев Н.А. Қарағанды бассейнінің шақтыларында метан қауіпсіздігін бағалау жөнінде жалпы мәлімет. // «Адам капиталы – бұл қоғам дамуының іргелі негізі және төртінші өнеркәсіптік революцияның қозғаушы күші» Халықаралық XVIII Байқоңыр оқулары материалдарының жинағы. – Жезқазған: «ЖезУ» АҚ, 2018. – Б. 135-138. (қазақ тілінде)
2. Гринев В.Г., Кузнецова Л.Д., Волошина Н.И., Сергиенко А.И., Подрухин А.А. Донецк облысының жерасты көмір шақтыларындағы шақтының метан қорларын зерттеу. // Тау-кен өндірісінің физика-техникалық мәселелері. – 2012. – №15. – С. 135. (орыс тілінде)
3. Шашенко А.Н., Кухарев Е.В., Гапеев С.Н., Еременко А.Ю. Газ жинағыш ретінде даярланған көмір-жыныс шыңтасының шамашарттарын кезең-кезеңімен бағалау. // ҰМУ ғылыми хабаршысы. – Д.: ДҰМУ, 2014. – №6. – Б. 32-39. (ағылшын тілінде)
4. Шашенко А.Н., Кухарев Е.В., Логунова А.О., Еременко А.Ю. Жанас көмір-жыныс шыңтасының геомеханикалық сипаттамалары бойынша техногендік газ кен орнының кеңістіктік және жинағыштық шамашарттарын бағалау. // ҰМУ ғылыми хабаршысы. – Д.: ДҰМУ, 2014. – №1. – Б. 34-40. (ағылшын тілінде)
5. Дрижд Н.А., Замалиев Н.М., Шмидт-Федотова И.М., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А. Қазымдалған кеңістіктен жер бетіне метанның шығарылуын зерттеу. // Университеттің еңбектері. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2017. – №3. – С. 40-43. (орыс тілінде)
6. Дрижд Н.А., Замалиев Н.М., Шмидт-Федотова И.М., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А. Көмір өзектерінің су және газ сіңіргіштіктерін зерттеу. // Университеттің еңбектері. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2017. – №2. – С. 51-55. (орыс тілінде)
7. Дрижд Н.А., Ахматнуров Д.Р., Шмидт-Федотова И.М., Захаров А.М. Жойылған шақтылардың метан қорлары және олардың ел экономикасындағы рөлі. // «Елдің индустриалды-инновациялық дамуындағы тау-кен ғылымы» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының еңбектері. – Алматы, 2015. – Т. 87. – Б. 316-322. (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Жайсанбаев Н.А. Общие сведения об оценке безопасности метана на шахтах Карагандинского бассейна. // «Человеческий капитал – фундаментальная основа развития общества и движущая сила Четвертой промышленной революции»: сборник материалов Международных XVIII Байконуровских чтений. – Жезказған: АО «ЖезУ», 2018. – С. 135-138. (на казахском языке)
2. Гринев В.Г., Кузнецова Л.Д., Волошина Н.И., Сергиенко А.И., Подрухин А.А. Изучение ресурсов шахтного метана закрытых угольных шахт Донецкой области. // Физико-технические проблемы горного производства. – 2012. – №15. – С. 135. (на русском языке)
3. Шашенко А.Н., Кухарев Е.В., Гапеев С.Н., Еременко А.Ю. Пошаговая процедура оценки параметров подработанного углеродного массива как газового коллектора. // Научный вестник НГУ. – Д.: ДНГУ, 2014. – №6. – С. 32-39. (на английском языке)
4. Шашенко А.Н., Кухарев Е.В., Логунова А.О., Еременко А.Ю. Оценка пространственных и коллекторских параметров техногенно газового месторождения по геомеханическим

характеристикам вмещающего углеородного массива. // Научный вестник НГУ. – Д.: ДНГУ, 2014. – №1. – С. 34 - 40. (на английском языке)

5. Дрижд Н.А., Замалиев Н.М., Шмидт-Федотова И.М., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А. Исследование эмиссии метана из выработанного пространства на дневную поверхность // Труды Университета. – Караганда: КарГТУ, 2017. – №3. – С. 40-43. (на русском языке)
6. Дрижд Н.А., Замалиев Н.М., Шмидт-Федотова И.М., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А. Исследование гидропроницаемости и газопроницаемости угольных кернов. // Труды Университета. – Караганда: КарГТУ, 2017. – №2. – С. 51-55. (на русском языке)
7. Дрижд Н.А., Ахматнуров Д.Р., Шмидт-Федотова И.М., Захаров А.М. Запасы метана ликвидированных шахт и их роль в экономике страны. // Труды Международной научно-практической конференции «Горные науки в индустриально-инновационном развитии страны». – Алматы, 2015. – Т. 87. – С. 316-322. (на русском языке)

REFERENCES

1. Drizhd N.A., Katarov R.K., Zhaysanbayev N.A. General information about the assessment of methane safety in the mines of the Karaganda basin. // «Human capital – the fundamental basis for the development of society and the driving force of the fourth industrial revolution». Collection of materials of the International XVIII Baikonur readings. – Zhezkazgan: JSC «Zhezu», 2018. – P. 135-138. (in Kazakh)
2. Grinev V.G., Kuznetsova L.D., Voloshina N.I., Sergienko A.I., Podrukhin A.A. Study of coal mine methane resources of closed coal mines in Donetsk region. // Physical and technical problems of mining production. – 2012. – №15. – P. 135. (in Russian)
3. Shashenko A.N., Kukharev E.V., Gapeev S.N., Eremenko A.Yu. Step-by-step procedure for evaluating the parameters of a sub-worked coal-bearing array as a gas collector. // Scientific Bulletin of NSU. – Donetsk: DNSU, 2014. – №6. – P. 32-39. (in English)
4. Shashenko A.N., Kukharev E.V., Logunova A.O., Eremenko A.Yu. Assessment of spatial and reservoir parameters of a technogenic gas field based on biomechanical characteristics of the host Carboniferous massif. // Scientific Bulletin of NSU. – Donetsk: DNSU, 2014. – №1. – P. 34-40. (in English)
5. Drizhd N.A., Zamaliyev N.M., Schmidt-Fedotova I.M., Akhmatnurov D.R., Musin R.A. Investigation of methane emission from the worked-out space to the daytime surface. // Proceedings of the University. – Karaganda: KSTU Publishing house. – 2017. – №3. – P. 40-43. (in Russian)
6. Drizhd N.A., Zamaliyev N.M., Schmidt-Fedotova I.M., Akhmatnurov D.R., Musin R.A. Investigation of water permeability and gas permeability of coal cores. // Proceedings of the University». – Karaganda: KSTU Publishing house. – 2017. – №2. – P. 51-55. (in Russian)
7. Drizhd N.A., Akhmatnurov D.R., Schmidt-Fedotova I.M., Zakharov A.M. Methane reserves of liquidated mines and their role in the country's economy. // Proceedings of the International scientific and practical conference «Mining science in the industrial and innovative development of the country». – Almaty, 2015. – Vol. 87. – P. 316-322. (in Russian)

Авторлар туралы мәліметтер:

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

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

Жайсанбаев Н.А., техника ғылымдарының кандидаты, О.А. Байқоңуров атындағы Жезқазған университеті «Тау-кен ісі және металлургия» кафедрасының профессоры (Жезқазған қ., Қазақстан), niyazgali_1940@mail.ru

Замалиев Н.М., PhD, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), nailzamaliev@mail.ru

Сведения об авторах:

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

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

Жайсанбаев Н.А., канд. техн. наук, профессор кафедры «Горное дело и металлургия» Жезказганского университета им. О.А. Байқоңурова (г. Жезказған, Казахстан), niyazgali_1940@mail.ru

Замалиев Н.М., PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), nailzamaliev@mail.ru

Information about authors:

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

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

Zhaysanbaev N.A., Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department «Mining and metallurgy» of the Zhezkazgan University named after O.A. Baikonurov (Zhezkazgan, Kazakhstan), niyazgali_1940@mail.ru

Zamaliyev N.M., PhD, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), nailzamaliev@mail.ru

Код МРНТИ 31.15.27

А.К. Абишева¹, А.Х. Акишев²¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (г. Алматы, Казахстан),
²Институт проблем горения (г. Алматы, Казахстан)

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В МАТЕРИАЛАХ С ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ СВЯЗУЮЩИМИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СПЕКАНИЕ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Низкотемпературные дообжиговые процессы в огнеупорных материалах оказывают значительное влияние на процессы спекания изделий. К таким факторам относятся химические и физико-химические явления термораспада соединений или их образования, в результате которых нарушаются межконтактные связи в материалах с возникновением напряжений в структуре огнеупора. В значительной степени это зависит от связующих веществ и их способности к минимальному разупрочнению при низкотемпературном дообжиговом процессе. Высокотемпературный режим обжига активизирует воздействие солянокислых и хлормagneзиевых составляющих связующих компонентов на процессы спекания периклазовых материалов. Установлены оптимальные концентрации водных солянокислых и хлормagneзиевых связующих компонентов с низкой степенью разупрочнения изделий при термообработке и их обжиге.

Ключевые слова: огнеупорная масса, структура, зерновой состав, начальная прочность, наноразмерные частицы, начальная стадия, процесс, разложение, аморфизация, диспергация, гидроксосоли, термообработка.

Хлорқұрамды байланыстырғыш материалдардағы төменгі температуралы процестер және олардың откатөзімді бұйымдардың күйдірілуіне әсері

Анатпа. Төмен температуралы күйдіргенге дейінгі процестер отқа төзімді материалдарда бұйымдарды күйдіру процесіне айтарлықтай әсер етеді. Мұндай факторларға отқа төзімді материал құрылымында кернеудің туындауы салдарынан материалдардағы контакт аралық байланыстардың бұзылуы, қосылыстардың термомыдырауы немесе түзілуі кезіндегі химиялық және физико-химиялық құбылыстардың орын алуы жатады. Ауқымды дәрежеде ол байланыстырғыш заттарға және олардың төменгі температуралы күйдіргенге дейінгі процестерге минималды түрде беріктілігінің босансуына байланысты. Күйдірудің жоғары температуралы режимі тұз қышқылды және хлормagneзилі құрамдастардың периклаз материалдарының күйдіру процесіне әсер етуін белсенді етеді. Төменгі дәрежелі босансу бұйымдарының сулы тұзқышқылды және хормagneзилі байланыстырғыш компоненттерінің бұйымдарды өңдеу кезіндегі оптималды концентрациялары белгіленіп, анықталынды.

Түйінді сөздер: отқа төзімді масса, құрылымы, астық құрамы, бастауыш беріктігі, наноөлшемді бөлшектер, бастауыш сатысы, процесс, жіктеу, аморфизация, диспергация, гидроксотұздар, термоөңдеу.

Low-temperature processes in materials with chlorine-containing binders and their influence on sining of refractory products

Annotation. Low-temperature pre-firing processes in refractory materials have a significant impact on the sintering of products. Such factors include chemical and physico-chemical phenomena of thermal decomposition of compounds or their formation, as a result of which intercontact contacts are broken in materials with the occurrence of stresses in the structure of the refractory. To a large extent, this depends on the binders and their ability to minimize softening during the low-temperature pre-firing process. The high-temperature firing regime activates the effect of hydrochloric and chloromagnesium constituents of the binder components on the sintering processes of periclase materials. The optimal concentrations of aqueous hydrochloric and chloromagnesium binders with a low degree of softening of products during heat treatment and their firing are established.

Key words: refractory mass, structure, grain composition, initial strength, nanosized particles, initial stage, process, decomposition, amorphization, dispersion, hydroxosalts, heat treatment.

Введение

На процессы спекания огнеупорных изделий значительное влияние оказывают твердофазовые обменные взаимодействия, предшественниками которых являются изменения фазового состава с образованием промежуточных активных соединений при низко- и высокотемпературном обжиге [1]. Для активации процесса спекания установлено, что степень дефектности поверхности частиц материала зависит от механической активации ультрадисперсных наноструктурных порошков [2]. Показано, что газообменные реакции межзерновых граничных промежуточных изделий при применении связующих компонентов оказывают значительное влияние на процессы спекания и свойства керамики [3].

В работе [4] указывается, что аморфность частиц способствует развитию фазовых реакций и превращений. При разложении солей магния [5] процессы распада сопровождаются переходными промежуточными образованиями гидроксосолей, которые расщепляются прослойками толщиной менее 4 нм, и формированием наноразмерных частиц, зависящих от исходного состояния вещества.

Для повышения физико-химических свойств [6] необходимы процессы наноструктурирования составляющих фаз огнеупорных изделий, представленной матрицей материала. Связующие компоненты оказывают значительное влияние на процессы упрочнения огнеупорных изделий путем повышения межзерновых связей материала и сближения их в процессе прессования и последующего обжига [4-6].

Активация процессов твердофазового спекания значительно увеличивается при введении в контактную зону зерен огнеупорного материала связующих веществ, обладающих диспергацией и повышением дефектности кристаллов материала [5, 6].

Использование органических связующих (карбоновые кислоты и многоатомные спирты), при разложении которых образуются высокомолекулярные газы, способствуют ускорению диффузионных процессов переноса вещества [7].

При разложении некоторых соединений магния наблюдается появление микроискажений кристаллической решетки периклаза, что позволяет значительно снизить температуру при обжиге изделий. Этому

способствует распад паров воды и производных ее разложения, ускоряющий диффузионный перенос материала вдоль границ поверхности зерен оксида магния. Экспериментально установлены характерные температуры (от 900°C до 1200°C), при которых спекание периклаза значительно улучшается при его образовании из химических соединений магния [5-7].

Проведенный анализ факторов, влияющих на процессы спекания огнеупоров, показывает, что на основу диффузионного переноса вещества и его скорость влияют дисперсность, газовая фаза, связующие компоненты, образование промежуточных соединений и получаемая при этом активность компонента, повышающаяся при использовании связующих на основе соединений, при разложении которых образуется необходимая газовая фаза и достигается дисперсность твердой фазы, граничащая с проявлениями формирования наноразмерных частиц материала [1, 6, 7].

Методы исследования, результаты

Целью исследований является влияние хлорсодержащих связующих на низкотемпературные процессы упрочнения материала и последующее диффузионное спекание изделий с повышением температуры обжига.

В качестве сырья использовали порошки периклаза, полученные дроблением обожженных периклазовых изделий, содержащие 94% оксида магния с небольшим количеством примесей оксидов кремния, кальция и железа. Периклазовые порошки для проведения исследований измельчали в шаровых мельницах до размера зерен менее 0,063 мм.

Для исследования масс тонкомолотые периклазовые порошки увлажняли: в первом варианте – водным раствором, приготовленным из 30% соляной кислоты с концентрацией от 5% до 70%; во втором применяли водные растворы порошкового хлористого магния от 5% до 70% концентрации. Влажность масс составляла от 8% до 15% в зависимости от реакционной способности растворов и формируемости материала. Соляная кислота, содержащаяся в растворах связующего, при взаимодействии с периклазовым материалом образует хлористый магний.

Связующие из растворов хлористого магния распределяются равномерно в прессуемой массе, которая легко подвергается формовке в пресс-форме при давлении 20 МПа. Извлеченные из пресс-форм изделия сушили при комнатной температуре в течение суток, а затем подвергали термообработке при 100°C, 300°C и 500°C (низкий режим) и при 600°C, 800°C, 1000°C, 1200°C и 1400°C (высокий режим) с двухчасовой выдержкой при каждой заданной температуре. По окончании процесса обжига определяли предел прочности при сжатии в соответствии с температурами и содержанием связующих компонентов в составе масс.

Изменение прочностных характеристик изделий при 100°C, 300°C и 500°C приведено на рис. 1 (низкий режим), на связующих растворах соляной кислоты (кривые 1, 2, 3) и растворах хлористого магния (кривые 4, 5, 6). Общая картина кривых

рис. 1 показывает, что на всем протяжении до 50% концентрации растворов (HCl и MgCl₂) прочность изделий равномерно повышается и до 70% состава связующих она практически остается без изменений. При рассмотрении по отдельности этих изделий видно, что массы, содержащие солянокислые связующие (кривые 1, 2, 3), при 100°C показывают резкое повышение показателя прочности при 20% концентрации (43 МПа) и медленном ее снижением до 33 МПа при 70%-ном составе связки.

При нагреве изделий до 300°C прочность достигает оптимального показателя (28 МПа) и дальнейшие ее значения находятся в области 25-28 МПа, образуя коридор. С повышением температуры до 500°C, прочность изделий незначительно снижается при 10% концентрации HCl, далее наблюдается ее рост на всем протяжении изменения концентрации до 70% HCl в растворе связующего.

Изделия на связующих из хлористого магния (кривые 4, 5, 6) показывают, что при оптимальной 50% концентрации MgCl₂ прочность при 100°C составляет 28 МПа, при 300°C – 23 МПа и при 500°C – 17 МПа, что связано с дегидратацией массы. Однако общее течение характера кривых при оптимизации состава связующего раствора при дальнейшем увеличении концентрации в водном растворе MgCl₂ показывает,

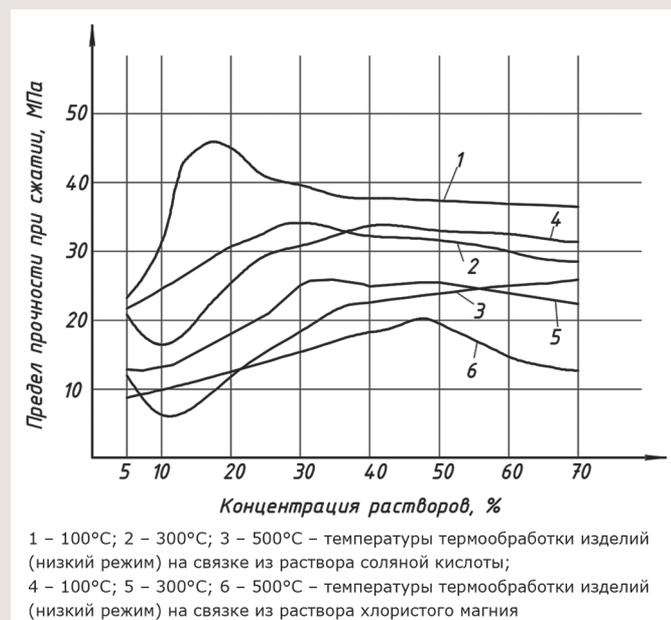


Рис. 1. Влияние концентрации хлорсодержащих связующих компонентов и температуры нагрева изделий на изменения их прочностных характеристик.

Сурет 1. Хлорқұрамды байланыстырғыш компоненттер концентрациясы мен бұйымдарды қыздыру температурасының беріктілік сипаттамаларына әсері.

Figure 1. The effect of the concentration of chlorine-containing binder components and the heating temperature of products on changes in their strength characteristics.

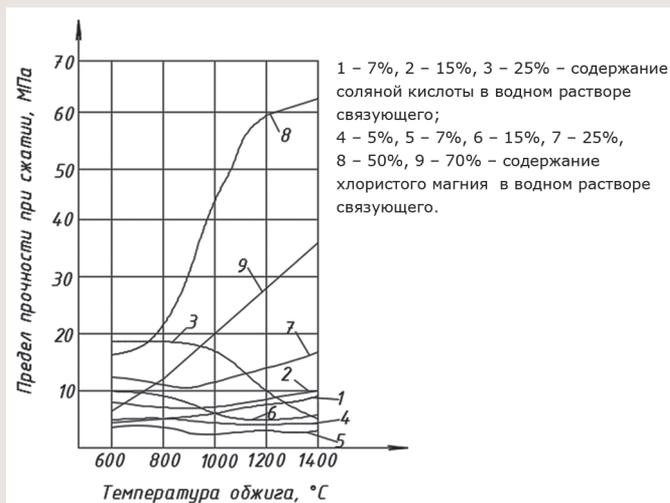


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии периклазовых изделий от температуры обжига и концентрации связующих компонентов.

Сурет 2. Периклаз бұйымдарын қысқан кездегі беріктілік шегінің байланыстырғыш компоненттердің күйдіру температурасы мен концентрациясына әсері.

Figure 2. The dependence of the compressive strength of periclase products on the firing temperature and the concentration of binders.

что прочность стабилизируется и не приводит к ее изменению, однако при 500°C термообработки она резко падает до 12 МПа (кривые 6).

Данные исследований показывают отличия, происходящие в массе периклазовых изделий.

Физико-химический анализ составов масс показал, что соляная кислота, кроме основной соли хлористого магния, образует соединения с примесями железа, кальция, кремния и остаточный свободный периклаз со следами связующего. Рентгенофазовый анализ показал образование двойных соединений оксида и хлорида магния с включениями гидратного брусита.

Поведение связующего из хлорида магния характеризуется его равномерным распределением в составе масс, однако наблюдается реакционное взаимодействие его с оксидом магния в результате самопроизвольного выделения свободного хлора. Неустойчивость растворов хлористого магния и их низкая реакционная способность с оксидом магния отличает ее пониженную прочность при сжатии в сравнении с солянокислыми связующими.

Для сравнения: изделия на связующих из хлорида магния (50% раствор) при 300-500°C составляет 23-17 МПа соответственно, а на солянокислых – 22-27 МПа. Прочность увеличивается с повышением концентрации растворов.

Высокотемпературный режим (600°C, 800°C, 1000°C, 1200°C и 1400°C) проведения процесса обжига периклазовых изделий (рис. 2) показывает изменение

характера процессов при воздействии на массу материала солянокислых и хлормagneйевых растворов.

На графических кривых рис. 2 видно, что прочность изделия на солянокислых растворах с увеличением температуры обжига до 1400°C медленно повышается, при концентрации 7-15% HCl (кривые 1, 2) до 14-18 МПа. Однако при увеличении концентрации HCl до 25% прочность резко падает с 18 МПа до 5 МПа (кривая 3).

Напротив, с введением в периклазовый материал хлорида магния отмечается его способность повышать активность с увеличением температуры обжига. Кривые 4, 5 и 6 соответствуют содержанию в связующем растворе 5%, 7% и 15% MgCl₂, которые практически не оказывают влияния на процессы спекания и повышения прочности изделий (3-7 МПа).

При увеличении концентрации хлорида магния до 25%, 50% и 70% резко активизируются процессы спекания периклаза (кривые 7, 8, 9) и прочность изделий равномерно увеличивается с 12-15 МПа (600°C) и резко – до 22,37 МПа и 63 МПа (1400°C), соответственно последовательности порядка кривых. Из результатов проведенных исследований видно, что наиболее оптимальной является масса с содержанием связующего с 50%-ной концентрацией хлорида магния.

Рентгенофазовым анализом отмечается образование двойных соединений оксида и хлорида магния, а также промежуточного активного оксихлорида магния, при термораспаде которых образуются наноразмерные частицы (менее 10 нм) оксида магния аморфной формы с последующей его кристаллизацией и образованием периклаза.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования связующих веществ в виде солянокислых и хлоридмагнеиных водных растворов показывают, что их можно использовать в виде обмазок, мертелей или торкрет-масс, а также набивных изделий в виде блоков, или ячеистых поверхностей высокотемпературных печей или разливающих ковшей, пользуясь оптимальной концентрацией вводимых реакционных компонентов.

Исследованы солянокислотные и хлормagneйевые связующие и их способность при заданных концентрациях повышать прочность изделий в интервале низкотемпературных температур от 100°C до 500°C.

Прочность периклазовых изделий на связующих из хлорида магния при 300-500°C может составлять 17-23 МПа, а на солянокислых связующих этот показатель повышается до 27 МПа.

Высокотемпературный режим обжига активизирует воздействие солянокислых и хлормagneйевых составляющих связующих компонентов на процессы спекания периклазовых материалов.

Установлены оптимальные концентрации связующих и показано влияние промежуточных соединений, при распаде которых образуются наноразмерные частицы оксида магния аморфной формы.

¹Будников П.П., Балкевич В.Л. и др. Химическая технология керамики и огнеупоров. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 553 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акишев А.Х., Абишева А.К. и др. Влияние наноразмерных материалов на спекание в системе $MgCr_2O_4$ - MgO - Cr_2O_3 . // Труды Международной научно-практической конференции «Современные инновационные системы машиностроения и транспорта. Интеграция науки, образования и бизнеса». – Алматы, 2018 (15-16 марта). – С. 47-50. (на русском языке)
2. Анциферова И.В., Кульметьева В.Б. и др. Механическая активация ультрадисперсных порошков оксида алюминия и свойства корундовой керамики. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – №1. – С. 77-82. (на русском языке)
3. Прохоров И.Ю., Акимов Г.Я. и др. Технология и перспектива катионных электролитов на основе бета-глиноземов. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – №1. – С. 64-65. (на русском языке)
4. Седмале Г.П., Хмелев А.В., Шнерберг И.Э. Влияние дисперсности керамических порошков на свойства муллито- ZrO_2 керамики. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2010. – №2. – С. 41-45. (на русском языке)
5. Гайшук В.Е., Матюха С.Л. и др. Разработка неорганических добавок для введения в состав связующего плит теплоизоляционных на основе базальтовых волокон. // Новости науки и технологий. – 2007. – №2(6). – С. 122-126. (на русском языке)
6. Абишева А.К., Акишев А.Х. и др. Исследование прочности периклазовых образцов с кислотами и их солями для получения высокотемпературных материалов. // Труды III Международной межвузовской научно-практической конференции-конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения». – Бишкек, 2015 (19-20 мая). – №2(9). – С. 175-177. (на русском языке)
7. Абишева А.К., Акишев А.Х. Исследование кинетики спекания хромитопериклазовых, магнезиальных огнеупоров в водных растворах серной кислоты и сульфата магния. // Труды Международных Сатпаевских чтений «Научное наследие Шахмардана Есенова». – Алматы, 2017. – С. 1137-1140. (на русском языке)
8. Хуснутдинов В.А., Хузиахметов Р.Х. Формирование поверхности оксида магния при терморазложении его гидроксида. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – №1. – С. 58-61. (на русском языке)
9. Хаттандах Х., Йотабунт Г., Цуда Г. Применение наноструктурированной матрицы в шибберных плитах. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – №1. – С. 33-36.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Акишев А.Х., Абишева А.К. және т.б. $MgCr_2O_4$ - MgO - Cr_2O_3 жүйесіндегі балқымаға наноөлшемді материалдардың әсері. // «Машина құрылысы және көлік заманауи инновациялық жүйелері. Ғылым, білім және бизнес интеграциясы» Халықаралық ғылыми-практикалық конференция еңбектері. – Алматы, 2018 (15-16 наурыз). – Б. 47-50. (орыс тілінде)
2. Анциферова И.В., Кульметьева В.Б. және т.б. Алюминий оксиді ультрадисперсті ұнтағының механикалық активациясы және корунд керамика қасиеттері. // Отқа төзімділер және техникалық керамика. – 2008. – №1. – Б. 77-82. (орыс тілінде)
3. Прохоров И.Ю., Акимов Г.Я. және т.б. Бета-глинозем негізіндегі катионды электролиттердің технологиялары мен песпективалары. // Отқа төзімділер және техникалық керамика. – 2008. – №1. – Б. 64-65. (орыс тілінде)
4. Седмале Г.П., Хмелев А.В., Шнерберг И.Э. Керамикалық ұнтақ дисперстілігінің муллито- ZrO_2 қасиеттеріне әсері. // Отқа төзімділер және техникалық керамика. – 2010. – №2. – Б. 41-45. (орыс тілінде)
5. Гайшук В.Е., Матюха С.Л. және т. б. Базальттық талшықтар негізінде жылу оқшаулағыш плиталар құрамына қосатын бейорганикалық қоспаларды әзірлеу. // Жаңалықтар ғылым және технологиялар. – 2007. – №2(6). – Б. 122-126. (орыс тілінде)
6. Абишева А.К., Акишев А.Х. және т.б. Жоғары температуралы материалдар алуға арналған қышқыл және олардың тұздары негізіндегі периклаз үлгілерінің беріктілігін зерттеу. // Студенттер мен жас ғалымдардың ғылыми баяндамалары III Халықаралық ЖОО-аралық ғылыми-тәжірибелік конференция еңбектері «Инновациялық технологиялар мен озық шешімдер». – Бішкек, 2015 (19-20 мамыр). – №2(9). – Б. 175-177. (орыс тілінде)
7. Абишева А.К., Акишев А.Х. Күкірт қышқылы мен магний сульфатының сулы ерітінділеріндегі хромитопериклазды, магнезиалды отқа төзімді заттардың

- күйдіру кинетикасын зерттеу. // Халықаралық Сәтбаев оқуларының еңбектері «Шахмардан Есеновтың ғылыми мұрасы». – Алматы, 2017. – Б. 1137-1140. (орыс тілінде)
8. Хуснутдинов В.А., Хузиахметов Р.Х. Гидрооксидінің термоыдырауы кезіндегі магний оксидінің беттік қабатының қалыптасуы. // Отқа төзімділер және техникалық керамика. – 2008. – №1. – Б. 58-61. (орыс тілінде)
 9. Хаттандах Х., Йотабунт Г., Цуда Г. Шибер плиталарындағы наноқұрылымды матрицаларды пайдалану // Отқа төзімділер және техникалық керамика. – 2008. – №1. – Б. 33-36. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Akishev A.Kh., Abisheva A.K. et al. Effect of nanoscale materials on sintering in the $MgCr_2O_4$ - MgO - Cr_2O_3 system. // Proceedings of the International scientific-practical conference «Modern innovative systems of engineering and transport. Integration of the science of education and business». – Almaty, 2018 (March 15-16). – P. 47-50. (in Russian)
2. Antsiferova I.V., Kulmetieva V.B. et al. Mechanical activation of ultrafine alumina powders and properties of corundum ceramics. // Refractories and Technical Ceramics – 2008. – №1. – P. 77-82. (in Russian)
3. Prokhorov I.Yu., Akimov G.Ya. et al. Technology and prospect of cationic electrolytes based on beta-alumina. // Refractories and technical ceramics. – 2008. – №1. – P. 64-65. (in Russian)
4. Sedmale G.P., Khmelev A.V., Shnerberg I.E. The effect of dispersion of ceramic powders on the properties of mullite- ZrO_2 ceramics. // Refractories and technical ceramics. – 2010. – №2. – P. 41-45. (in Russian)
5. Gayshuk V.E., Matyukha S.L. et al. Development of inorganic additives for the introduction of heat-insulating binder plates based on basalt fibers into the composition of the binder. // Science and Technology News. – 2007. – №2(6). – P. 122-126. (in Russian)
6. Abisheva A.K., Akishev A.Kh. and others. The study of the strength of periclase samples with acids and their salts to obtain high-temperature materials. // Transactions of the International Inter-University Scientific and Practical Conference and Competition for Scientific Reports of Students and Young Scientists «Innovative technology and advanced solutions». – Bishkek, 2015 (May 19-20). – №2(9). – P. 175-177. (in Russian)
7. Abisheva A.K., Akishev A.Kh. Study of the kinetics of sintering of chromite-periclase, magnesian refractories in aqueous solutions of sulfuric acid and magnesium sulfate. // Proceedings of the International Satpayev Readings «The Scientific Heritage of Shahmardan Yesenov». – Almaty, 2017. – P. 1137-1140. (in Russian)
8. Khusnutdinov V.A., Khuziahmetov R.Kh. The formation of the surface of magnesium oxide during thermal decomposition of its hydroxide. // Refractories and technical ceramics. – 2008. – №1. – P. 58-61. (in Russian)
9. Hattandah H., Jotabunt G., Tsuda G. Application of a nanostructured matrix in slide plates // Refractories and technical ceramics. – 2008. – №1. – P. 33-36. (in Russian)

Сведения об авторах:

Абишева А.К., канд. хим. наук, доцент, ассистент-профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология» Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, (г. Алматы, Казахстан), abisheva.ak@mail.ru

Акишев А.Х., канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории СВС – новых материалов Института проблем горения (г. Алматы, Казахстан), adilak1943@gmail.com

Авторлар туралы мәлімет:

Абишева А.К., химия ғылымдарының кандидаты, доцент, ассистент-профессор, «Өміртіршілік қауіпсіздігі және экология» кафедрасы, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы (Алматы қ., Қазақстан), abisheva.ak@mail.ru

Акишев А.Х., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, жетекші ғылыми қызметкер, ӨТС – жаңа материалдар зертханасы, Жану проблемалары институты, (Алматы қ., Қазақстан), adilak1943@gmail.com

Information about the authors:

Abisheva A.K., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Assistant Professor at the Department of Life Safety and Ecology of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev (Almaty, Kazakhstan), abisheva.ak@mail.ru

Akishev A.Kh., Candidate of Tech. science, associate professor, leading researcher at the SHS Laboratory of New Materials of the Institute for Combustion Problems (Almaty, Kazakhstan), adilak1943@gmail.com



XI ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ МАЙНЕКС КАЗАХСТАН 2020

10-12 ноября 2020
Нур-Султан, Казахстан

minexkazakhstan.com



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

МОСКВА – РОССИЯ

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

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

НУР-СУЛТАН – КАЗАХСТАН

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

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

ЛОНДОН – ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

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

+44 1923 822 861
uk@minexforum.com



V МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА **MINING & MINERALS EXPO'2020**

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ И УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

10–12 ноября



ОРГАНИЗАТОР:
Международный выставочный центр

Технический партнер: *RentMedia*



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**
г. Киев, Броварской пр-т, 15
станция метро "Левобережная"

тел./факс: (044) 201-11-67
e-mail: energoprom@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.мвц.укр

Код МРНТИ 52.01.82

Л.Ш. Саидова

Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан)

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ НА ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ГОРНОЙ МАССЫ АВТОСАМОСВАЛАМИ

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная задача выбора транспортного оборудования для глубоких карьеров, в частности, автосамосвалов большой грузоподъемности. Представлены факторы, обуславливающие выбор транспортных схем при различных горнотехнических условиях, исследованы взаимосвязи показателей работ технологического транспорта с горнотехническими условиями глубоких карьеров, такими как расстояние транспортирования, высота подъема горной массы. Доминирующей тенденцией развития мировой горной промышленности на обозримую перспективу считается стабильная ориентация на открытый способ разработки, как обеспечивающий наилучшие экономические показатели. На его долю приходится до 73% общих объемов добычи полезных ископаемых в мире (в США – 83%, в странах СНГ – около 70%). В России открытым способом добывается 91% железных руд, более 70% руд цветных металлов и 60% угля.

Ключевые слова: схема, добыча, полезное ископаемое, показатель, способ, разработка, руда, металл, горные работы.

Терең карьерлер параметрлерінің өзара байланысын зерттеу тау-кен массасын автосамосвалдармен тасымалдау кезінде технологиялық схемаларды таңдау

Аннотация. Мақалада терең карьерлерге арналган көлік жабдыктарын, атап айтканда жүк көтергіштігі жоғары самосвалдарды таңдаудың өзекті міндеті қарастырылган. Әр түрлі тау-кен жағдайларында көлік схемаларын таңдауды анықтайтын факторлар ұсынылган, технологиялық көлік көрсеткіштерінің терең карьерлердің тау-кен жағдайлары, атап айтканда тасымалдау қашықтығы, тау-кен массасының көтерілу биіктігі арасындағы байланысы зерттелген. Әлемдік тау-кен өнеркәсібінің көзге көрінетін перспективадағы басым даму үрдісі жүзқамтамасыз ету ретінде дамудың. Ашық тәсіліне билік бағдарен жақсы экономикалық көрсеткіштер. Оның үлесіне кезіндепайдалы қазбаларды өндірудің жалпы көлемінің 73%-на дейін әлемде (АҚШ-та – 83%, ТМД елдерінде – 70%-ға жуық). Ресейдегі жабық тәсілмен темір кендерінің 91%-ы, кендердің 70%-дан астамы өндіріледі түсті металдар мен көмірдің 60%.

Түйінді сөздер: схема, тау-кен, минерал, индикатор, әдіс, даму, кен, металл, тау-кен жұмыстары.

Research on the relationship of parameters of deep quarries the choice of technological schemes for transporting rock mass by dump trucks

Abstract. The article deals with the actual problem of choosing transport equipment for deep quarries, in particular, heavy-duty dump trucks. Presents factors that influence the choice of transport schemes under various mining conditions, investigated the interrelation of indicators of work of technological transport with mining conditions of deep pits in particular, the transportation distance, lift height of rock mass. When justifying the choice of dump trucks, the need to take into account adaptation to the main influencing mining factors is established. The dominant trend in the development of the global mining industry in the near future is considered the strong focus on open-source development as a means of ensuring providing the best economic indicators. On its share in the up to 73% of the total volume of mineral extraction in the in the world (in the USA – 83%, in the CIS – about 70%). In Russia from 91% of iron ores and more than 70% of ores are extracted using the indoor method non-ferrous metals and 60% coal.

Key words: scheme, mining, heavy-duty dump trucks, mineral resource, indicator, transport equipment, method, development, ore, metal.

Введение

Транспортирование горной массы представляет собой один из основных и наиболее трудоемких процессов открытых горных работ. По мере роста глубины карьеров доля затрат на карьерный транспорт доходит до 55% и даже 70% от общих затрат на добычу полезного ископаемого. Транспортная составляющая оказывает значительное влияние на решение основных научных и проектных задач геотехнологии.

Наибольшее влияние на изменение технико-экономических показателей транспорта оказывают расстояние транспортирования, объем перевозок и глубина горных работ. Многие виды транспорта ухудшают свои показатели при использовании их в глубоких карьерах: снижается скорость движения, затрудняется обмен транспортных средств, ухудшается удобство размещения транспортных коммуникаций, увеличиваются время доставки грузов на поверхность и затраты на перевозку пород.

Современная техника и мировой опыт открытых горных работ представлены широким рядом машин и

механизмов. Техническое обеспечение открытых работ направлено на использование высокопроизводительных средств механизации при максимальном соответствии рабочих параметров оборудования природным и горнотехническим условиям месторождений и их рациональным сочетанием при сопряженной работе на глубоких горизонтах, повышением единичной мощности и эксплуатационной надежности^{1, 2} [1-3].

Изменчивость горно-геологических характеристик скальных месторождений существенно влияет на эффективность добычи полезных ископаемых, значительно усложняя выбор технологических параметров транспортных и других процессов горного производства.

Экспериментальная часть

Как правило, при разработке сложного в структурном отношении месторождения неизбежно возникают сложности технологического и технического порядка, связанные с организацией работ, выбором и управлением параметрами технологических процессов при выборе рациональной схемы транспортирования горной массы.

¹Мальгин О.Н. и др. Совершенствование циклично-поточной технологии горных работ в глубоких карьерах. – Ташкент: Фан АН РУз, 2012. – 144 с.

²Кучерский Н.И. и др. Совершенствование процессов открытой разработки структурно сложных месторождений эндогенного происхождения – Ташкент: Фан АН РУз, 1998. – 254 с.

Таблица 1

Горнотехнические условия работы технологического транспорта

Кесте 1

Технологиялық көлік жұмысының тау-кен техникалық шарттары

Table 1

Mine technical conditions of operation of technological transport

Показатель	Годы									
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Глубина карьера, м	50	80	140	180	250	305	360	420	555	580
Расстояние перевозки автотранспортом, км										
в отвал	2,5	2,7	2,8	4	4,9	5,3	6,5	7,7	2,76	3,36
до ДПП ЦПТ (без КНК-270)	–	–	–	1,6	2,2	2,6	2,8	3	2,57	2,48
в среднем по карьере	2,5	2,7	2,8	3,5	3,4	3,9	4,5	5,7	3,33	3,44
Высота подъема горной массы автотранспортом, м										
в отвал	15	54	65	127	145	195	240	280	120,3	146,3
до ДПП ЦПТ (без КНК-270)	–	–	–	29	34	67	70	95	37,6	74,9
в среднем по карьере	15	54	65	110	107	119	130	165	141,6	153,3

Основными горнотехническими факторами, определяющими переход на тот или иной вид транспорта в глубоких карьерах, являются: увеличение производительности карьера; рост глубины карьера; изменение дальности транспортирования и другие.

За полувековой срок эксплуатации карьера Мурунтау извлечено более 1,3 млрд м³ горной массы (рис. 1). Общий объем горной массы, выданной из чаши карьера по конвейерным линиям комплекса ЦПТ с начала эксплуатации, составляет более 400 млн м³, из них свыше 168,5 млн т руды. Как показывают практические результаты работ, если в начале удельный вес массы, выданной через конвейерные линии, составил всего 30 тыс. м³ или 12,6%, то максимальной годовой производительности в 22,5 млн м³ удалось добиться уже в 1998 г., что составляет 60% от общего объема извлеченной горной массы [4]. Отработка карьера ведется очередями. Горные работы в настоящее время ведутся в границах четвертой очереди разработки до глубины 650 м, по которым карьер Мурунтау объединяется с карьером Мютенбай (проектная глубина 300 м), и они становятся единым карьером.

С увеличением глубины карьера Мурунтау начинают выявляться недостатки технологического транспорта. К ним относится снижение эффективности работы ввиду увеличения расстояния транспортирования, а также рост расхода топлива и загазованность атмосферы карьера. Анализ прироста расстояния транспортирования горной массы в карьере показывает, что его рост наблюдается с 1993 г. [5].

Горнотехнические условия работы технологического транспорта на карьере Мурунтау, представленные в табл. 1, показывают, что в первые годы эксплуатации удалось значительно увеличить темпы углубки и сократить расстояние транспортирования горной массы автотранспортом на 2,5 км и высоту подъема на 80-100 м.

Важной особенностью горнотехнических факторов является то, что они, в отличие от природных, являются управляемыми в определенном диапазоне изменения. Технологические факторы характеризуются тесной

взаимосвязью и имеют общие изменения с глубиной разработки на различных карьерах.

Интенсивное увеличение глубины открытых горных работ потребовало изучения влияния горнотехнических условий карьеров на показатели работы технологического автотранспорта. Показатель глубины карьера при этом является определяющим. Приведенные фактические показатели горнотехнических условий карьера Мурунтау (табл. 1) позволили получить графическую интерпретацию показателей технологического транспорта с глубиной карьера (рис. 2). Представленные зависимости и перечисленные параметры на карьере Мурунтау свидетельствуют о постоянном ухудшении горнотехнических условий эксплуатации технологического транспорта.

Управляющими воздействиями, включающими внедрение высокопроизводительных средств горно-транспортной техники, совершенствование параметров системы разработки, схем вскрытия и транспортных систем карьеров, можно компенсировать отрицательное влияние глубины разработки и поддерживать производительность карьеров длительные периоды на заданном уровне [6].

За годы эксплуатации карьера Мурунтау осуществлено практически полное и глубокое техническое перевооружение горных машин, что позволило увеличить объем добычи руды в 2 раза. С начала эксплуатации карьера работали различные типы автосамосвалов,



Рис. 1. Глубокий карьер Мурунтау.
Сурет 1. Мурунтау терең қарьері.
Figure 1. Muruntau deep quarry.

при этом производился анализ эффективности каждого типа, и дальнейшее обновление парка [7, 8].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование влияния объемов извлекаемой из карьера горной массы на выбор горнотранспортного оборудования является составной частью выбора технологических схем транспортирования глубоких карьеров. Объемы транспортирования руды и породы в период с 2020 г. по 2051 г. рассчитаны по зонам и горизонтам отработки, по этапам с интервалом в 4 года. Для этого условно была разделена оптимизированная финальная форма карьера на технологические зоны и получено распределение объемов горной массы и руды в зависимости от расположения бортов карьера [8].

Анализ практического и теоретического выбора того или иного типа автосамосвалов для работы в глубоких карьерах показывает, что при выборе необходимо учитывать адаптацию к основным влияющим факторам: интенсивному увеличению глубины карьера; увеличению угла откоса рабочего и нерабочего бортов; сокращению ресурса рабочего пространства; снижению производительности карьера по горной массе; режиму горных работ (увеличивается соотношение рудной составляющей). Адаптация к влияющим факторам может осуществляться за счет внедрения:

- автосамосвалов сначала большой (140-190 т), а затем малой (25-40 т) грузоподъемности и размеров; в этом случае основным критерием является адаптация к сокращению ресурса рабочего пространства;
- автосамосвалов, способных перемещаться по трассам с уклоном 20-25%: адаптация к изменению углов откоса рабочих и нерабочих бортов;
- временно догрузочно-накопительных складов, совмещенных с выемочными блоками и скользящими насыпными съездами: адаптация к сокращению ресурса рабочего пространства.

Исследованиями установлено³ [9-11], что такой фактор, как габаритные размеры автосамосвала, учитывается слабо, и именно он определяет ширину транспортной бермы, которая, в свою очередь, оказывает влияние на конструкцию борта глубокого карьера и, соответственно, на объем извлекаемой горной массы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов Д.В., Одаев Д.Г., Линьков Я.Е. Особенности выбора технологического автотранспорта для разработки глубоких карьеров севера. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – №5. – С. 54-65. (на русском языке)
2. Fang N., Ji C., Crusoe G.E. Анализ устойчивости процесса скольжения западного склона открытого карьера Бужаоба. // Международный журнал горной науки и техники. – 2016. – Т. 26. – Вып. 5. – С. 869-875. (на английском языке)
3. Raurova O., Kamahara H., Goto N. Оценка физической экономики через общехозяйственный анализ материальных ППО в развивающемся Узбекистане. // Ресурсы, консервация и переработка отходов. – 2014. – Т. 89. – С. 76-85. (на английском языке)
4. Braun T., Hennig A., Lottermoser B.G. Необходимость устойчивого распространения технологий в горнодобывающей промышленности: достижения использования

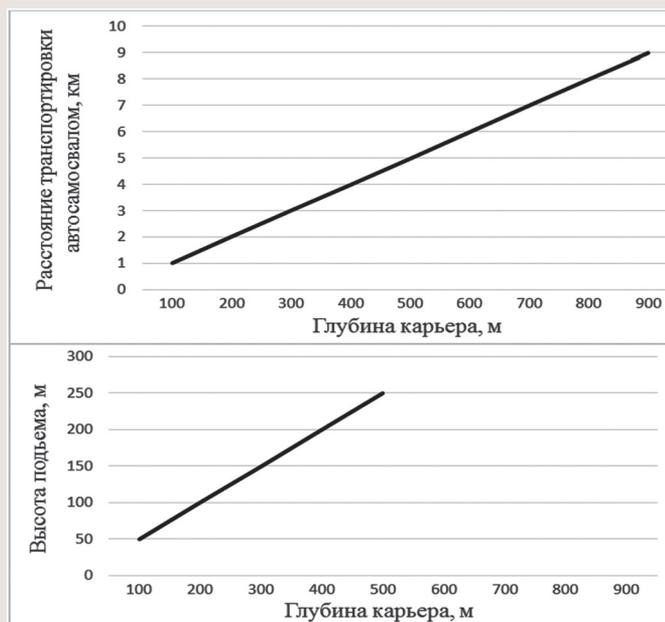


Рис. 2. Взаимосвязь расстояния транспортирования и высоты подъема с глубиной карьера.

Сурет 2. Тасымалдау қашықтығы мен көтерілу биіктігінің карьердің тереңдігімен байланысы.

Figure 2. Relationship of the transport distance and lifting height with the depth of the quarry.

По результатам выполненных исследований для условий глубокого карьера Мурунтау установлена нормативная ширина транспортной бермы.

Заключение

Анализ фактических показателей работы автосамосвалов на нижних горизонтах позволяет установить их взаимосвязь с горнотехническими условиями карьеров, что является надежной основой для планирования и проектирования горнотранспортных работ. В свою очередь, выбор транспортной схемы для глубоких карьеров должен выполняться с учетом горно-технических условий, что позволит стабилизировать удельные затраты на транспортирование горной массы. Для этого потребуются разработка методов определения момента перехода от одних видов и схем транспорта к другим.

³Еремин Г.М. Разработка и доставка полезных ископаемых на поверхность. – М., 2010. – 363 с.

- ленточных конвейерных систем в немецкой каменоломне. // Журнал устойчивого горного дела. – 2017. – Т. 16. – Вып. 1. – С. 24-30. (на английском языке)
5. Коломников С.С., Клевенко С.А. Этапы развития и опыт эксплуатации циклично-поточной технологии в глубоком карьере Мурунтау. // Горный вестник Узбекистана. – 2012. – №1(48). – С. 29-33. (на русском языке)
 6. Йулдошев У.У. Развитие глубокого карьера Мурунтау в новых границах очереди. // Горный вестник Узбекистана. – 2016. – №1(64). – С. 22-25. (на русском языке)
 7. Лель Ю.И., Сандригайло И.Н., Терехин Е.Ю. Горно-геологические и горнотехнические условия разработки глубоких карьеров. // Известия Уральского государственной горно-геологической академии. – 2000. – Вып. 11. – С. 77-85. (на русском языке)
 8. Равшанов А.Ф., А.А. Силкин, А.В. Селезнев. Обоснование парка горнотранспортного оборудования в переходный период развития карьера Мурунтау-Мютенбай от IV к V очереди. // Горный журнал. – 2018. – №9. – С. 90-96. (на русском языке)
 9. Йулдошев У.У. V очередь развития карьера Мурунтау Навоийского ГМК. // Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития: VIII Междунар. науч.-техн. конф. – Навои, 2015. – С. 87-88. (на русском языке)
 10. Бурмистров К.В. и др. Влияние ширины транспортной бермы на технико-экономические показатели карьера. // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2014. – №5. – С. 42-45. (на русском языке)
 11. Червяк Е.А., Бредихин А.А., Бабаков А.Б. Развитие технологического автотранспорта карьера Мурунтау. // Сб. научно-технических статей «Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом». – Ташкент: Фан, 1997. – С. 85-91. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кузнецов Д.В., Одаев Д.Ж., Линьков Я.Е. Солтүстіктің терең карьерлерін әзірлеу үшін технологиялық автокөлікті таңдау ерекшеліктері. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2017. – №5. – Б. 54-65. (орыс тілінде)
2. Fang N., Ji C., Crusoe G.E. Бужаоба ашық карьерінің батыс беткейінің сырғу процесінің тұрақтылығын талдау. // Тау-кен ғылымы мен техникасының халықаралық журналы. – 2016. – Т. 26. – Шығ. 5. – Б. 869-875. (ағылшын тілінде)
3. Раирова О., Kamahara H., Goto N. Дамып келе жатқан Өзбекстандағы материалдық БПҰ-ны жалпы экономикалық талдау арқылы физикалық экономиканы бағалау. // Ресурстар, қалдықтарды сақтау және өңдеу. – 2014. – Т. 89. – Б. 76-85. (ағылшын тілінде)
4. Braun T., Hennig A., Lottermoser B.G. Тау-кен өнеркәсібінде технологияны тұрақты таратудың қажеттілігі: неміс карьерінде таспалы конвейер жүйелерін қолдануға қол жеткізу. // Тұрақты тау-кен журналы. – 2017. – Т. 16. – Шығ. 1. – Б. 24-30. (ағылшын тілінде)
5. Коломников С.С., Клевенко С.А. Мурунтау терең карьеріндегі циклдік-ағынды технологияның даму кезеңдері мен пайдалану тәжірибесі. // Өзбекстанның таулы хабаршысы. – 2012. – №1(48). – Б. 29-33. (орыс тілінде)
6. Йулдошев У.У. Жаңа кезек шекараларында Мурунтау терең карьерін дамыту. // Өзбекстанның таулы хабаршысы. – 2016. – №1(64). – Б. 22-25. (орыс тілінде)
7. Лель Ю.И., Сандригайло И.Н., Терехин Е.Ю. Терең карьерлерді игерудің тау-кен-геологиялық және тау-кен техникалық шарттары. // Орал мемлекеттік тау-кен-геологиялық академиясының хабарлары. – 2000. – Шығ. 11. – Б. 77-85. (орыс тілінде)
8. Равшанов А.Ф., Силкин А.А., Селезнев А.В. Мурунтау-Мютенбай карьерін дамытудың өтпелі кезеңіндегі тау-кен көлігі жабдықтары паркін IV-ден V-ге дейін жаңғырту. // Тау-кен журналы. – 2018. – №9. – Б. 90-96. (орыс тілінде)
9. Йулдошев У.У. V Науаи ТМК Мурунтау карьерін дамыту кезегі. // Тау-кен металлургия кешені: жетістіктер, проблемалар және қазіргі даму тенденциялары: VIII Халықаралық. ғылыми.-техн. конф. – Навои, 2015. – Б. 87-88. (орыс тілінде)
10. Бурмистров К.В. және т. б. Көлік бермасы енінің карьердің техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне әсері. // Ресейдің көлік кешенінің қазіргі мәселелері. – 2014. – №5. – Б. 42-45. (орыс тілінде)

11. Червяк Е.А., Бредихин А.А., Бабаков А.Б. Мурунтау карьерінің технологиялық автокөлігінің дамуы. Ғылыми-техникалық мақалалар жинағы «Ашық тәсілмен Мурунтау кен орнын игерудің теориясы мен практикасы». – Ташкент: Фан, 1997. – Б. 85-91. (орыс тілінде)

REFERENCE

1. Kuznetsov D.V., Odaev D.G., and Linkov Ya.E. Features of selecting technological vehicles for developing deep quarries in the North. // *Mining informational and analytical Bulletin*. – 2017. – №5. – P. 54-65. (in Russian)
2. Fang N., Ji C., Crusoe G.E. Stability analysis of the sliding process of the west slope in Buzhaoba Open-Pit Mine // *International Journal of Mining Science and Technology*. – 2016. – Vol. 26. – Iss. 5. – P. 869-875. (in English)
3. Raupova O., Kamahara H., Goto N. Assessment of the physical economy through General economic analysis of material PPO in developing Uzbekistan. // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2014. – Vol. 89. – P. 76-85. (in English)
4. Braun T., Hennig A., Lottermoser B. G. The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry. // *Journal of Sustainable Mining*. – 2017. – Vol. 16. – Iss. 1. – P. 24-30. (in English)
5. Kolomnikov S.S., Klevenko S.A. Stages of development and operation experience of cyclic flow technology in the deep Muruntau quarry. // *Mining Bulletin of Uzbekistan*. – 2012. – №1(48). – P. 29-33. (in Russian)
6. Yuldoshev U.U. Development of the deep Muruntau quarry in the new borders of the queue. // *Mining Bulletin of Uzbekistan*. – 2016. – №1(64). – P. 22-25. (in Russian)
7. Lel Yu.I., Sandrigailo I.N., Terekhin E.Yu. Mining-geological and mining-technical conditions for the development of deep quarries. // *Bulletin of Ural State Mining and Geological Academy*. – 2000. – Vol. 11. – P. 77-85. (in Russian)
8. Ravshanov A.F., Silkin A.A., Seleznev A.V. Substantiation of the mining transport equipment Park in the transition period of development of the Muruntau-Mutenbai quarry from the IV to the V stage. // *Mining journal*. – 2018. – №9. – P. 90-96. (in Russian)
9. Yuldoshev U.U. V turn of development of the Muruntau quarry of Navoi MMC. // *Mining and metallurgical complex: achievements, problems and modern development trends: VIII International Scientific and Technical Conference*. – Navoi, 2015. – P. 87-88. (in Russian)
10. Burmistrov K.V. et al. Influence of the width of the transport berm on the technical and economic indicators of the quarry. // *Modern problems of the transport complex of Russia*. – 2014. – №5. – P. 42-45. (in Russian)
11. Chervyak E.A., Bredikhin A.A., Babakov A.B. Development of technological motor transport in the Muruntau quarry. // *Collection of scientific and technical articles «Theory and practice of open-pit mining of Muruntau»*. – Tashkent: Fan, 1997. – P. 85-91. (in Russian)

Сведения об авторах:

Саидова Л.Ш., докторант Навойского отделения Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан), lola.saidova2018@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Саидова Л.Ш., Өзбекстан Республикасы Ғылым Академиясының Науаи бөлімшесінің докторанты (Ташкент қ., Өзбекстан), lola.saidova2018@mail.ru

Information about the authors:

Saidova L.S., Doctoral Student of Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), lola.saidova2018@mail.ru

Код МРНТИ 52.13.19:52.01.77

С.Ж. Галиев¹, Д.А. Галиев¹, Е.Т. Утешов², А.Т. Текенова¹

¹Институт горного дела им. Д.А. Кунаева – филиал Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан),
²Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И СВЯЗИ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Аннотация. В условиях современного развития промышленного рынка и глобализации процесс цифровизации, автоматизации и развития искусственного интеллекта на горнодобывающих предприятиях становится особенно актуальным и приобретает такую же важность для предприятия как покупка новой производственной линии или строительство цеха. Необходимо подчеркнуть особую значимость данного процесса в связи с переходом мировой экономики к четвертой промышленной революции, в рамках которой искусственный интеллект стал основным драйвером развития. Необходимо отметить, что для экономики Казахстана данный переход приобретает еще большую актуальность, так как горнодобывающая отрасль является базовой отраслью, оказывающей значительный вклад в ВВП страны и становится определяющим трендом в ходе индустриально-инновационного развития страны. В качестве вывода обосновывается необходимость применения такой концепции технологической платформы позиционирования и связи в условиях открыто-подземного освоения месторождений полезных ископаемых.

Ключевые слова: геотехнологический комплекс, эффективность, имитационное моделирование, оптимизация, анализ, цифровизация, позиционирование.

Пайдалы қазбалар кен орындарын ашық жерасты игеру жағдайында орналастыру және байланыс орнатудың технологиялық платформасының тұжырымдамасы

Андатпа. Мақалада зерттеушілердің әлемдік және практикалық тәжірибелеріне, сондай-ақ тау-кен өндірісі кәсіпорындарының бәсекеге қабілеттілік факторларын талдауға сүйене отырып, Қазақстандағы тау-кен кәсіпорындарының жинақталған тәжірибесі өндірісті интеллектуалды басқару жүйелерімен қанықтыру процесі олардың қазіргі кезеңдегі дамуындағы маңызды, күрделі және қымбат кезеңдердің бірі болып табылады деген тұжырымға келді. Индустриаландыру. Кәсіпорындардың дұрыс шешім қабылдауға деген ынтасы жоғары. Осыған байланысты автоматтандыру және цифрландыру саласындағы жобалар стратегиялық шаралар мен инвестициялар тұрғысынан қарастырылуы керек, олар менеджмент процестерін жақсарту, өндіріс тиімділігін арттыру және шығындарды азайту арқылы төленуі керек. Бұл бағыт маңыздылығы мен тиімділігі жағынан бір деңгейге айналады, мысалы, жаңа өндірістік желі немесе цех салу, өйткені көптеген жолдармен кәсіпорындарға минералды шикізаттың әлемдік нарығында қажетті икемділік, тұрақтылық пен бәсекеге қабілеттілік қамтамасыз етіледі. Қорытындылай келе, пайдалы қазбалар кен орындарын ашық жерасты игеру жағдайында орналастыру және байланыс үшін технологиялық платформаның осындай тұжырымдамаларын қолдану қажеттілігі негізделген.

Түйінді сөздер: геотехнологиялық кешен, тиімділік, имитациялық модельдеу, оңтайландыру, талдау, цифрландыру, позициялау.

The concept of the technological platform of positioning and communication in the conditions of open-underground development of mineral deposits

Abstract. In the article, based on the world and practical experience of researchers, as well as analysis of the factors of competitiveness of mining enterprises, it is concluded that the accumulated experience of mining enterprises in Kazakhstan shows that the process of saturation of production with intelligent control systems is one of the most important, complex and expensive stages in their development at the present stage, industrialization. Businesses are highly motivated to make the right decisions. In this regard, projects in the field of automation and digitalization should be considered from the point of view of strategic measures and investments, which should pay off by improving management processes, increasing production efficiency and reducing costs. This direction becomes one level in importance and efficiency with the acquisition, for example, of a new production line or the construction of a workshop, since in many ways it provides enterprises with the required flexibility, stability and competitiveness in the world market of mineral raw materials. As a conclusion, the necessity of applying such concepts of a technological platform for positioning and communication in the conditions of open-underground development of mineral deposits is substantiated.

Key words: geotechnological complex, efficiency, simulation, optimization, analysis, digitalization, positioning, technology, automation, control system, analysis.

Введение

В рыночных условиях на современном этапе развития отечественной и зарубежной горнодобывающей отрасли, важную роль играют технологии, способствующие цифровизации и автоматизации производства, снижению рисков и повышению эффективности. Создаются тренд, нормы и требования к формированию современного программно-информационного и цифрового обеспечения.

Накопленный опыт горных предприятий Казахстана показывает, что процесс насыщения производства интеллектуальными системами управления является одним из важнейших, сложных и дорогих этапов

в их развитии на современном этапе индустриализации. Предприятия крайне заинтересованы в выборе правильных решений. В этой связи проекты в области автоматизации и цифровизации должны рассматриваться с точки зрения стратегических мер и вложений средств, которые должны окупиться за счет усовершенствования управленческих процессов, повышения эффективности производства и сокращения издержек. Это направление становится на один уровень по важности и эффективности с приобретением, к примеру, новой производственной линии или строительством цеха, так как во многом обеспечивает предприятиям требуемую гибкость, устойчивость

и конкурентоспособность на мировом рынке минерального сырья.

Эффективность развития информационных систем в горнодобывающей отрасли в существенной мере зависит от наличия методологической базы создания и развития автоматизированных систем позиционирования и передачи связи (АСПиС), обеспечивающей оперативный сбор достоверной и объективной информации по операциям управляемых производственных процессов. На текущий момент каждое предприятие самостоятельно и зачастую без концептуальной проработки вопроса принимает решения по обеспечению себя соответствующими информационными продуктами и услугами.

Данная практика, по мнению отечественных и зарубежных экспертов, ученых и специалистов-практиков, неэффективна и нецелесообразна. Как показывает практика, многие предприятия после приобретения информационного продукта по факту используют его не более чем на 30-40% от потенциальных возможностей. Такое направление должно развиваться совместно со специализированными отраслевыми научными центрами, так как на многих предприятиях просто не хватает квалифицированного персонала для полноценного использования специализированных программ, и развитие человеческого потенциала в этом направлении является ключевой основой для них. Помимо эффективности, такой подход более приемлем и доступен для малых и средних предприятий, которые в такой же, если не в большей, мере нуждаются в обеспечении эффективных управленческих решений, развитии собственных компетенций, позволяющих осуществлять поиск путей совершенствования организационно-технологических процессов.

В рамках грантового финансирования, в период 2018-2020 гг., специалистами филиала РГП «НЦ КППМС» Института горного дела им Д.А. Кунаева разработана программно-технологическая платформа единой автоматизированной корпоративной системы управления геотехнологическим комплексом, которая реализована в рамках системы позиционирования и связи, обеспечивающей эффективный мониторинг и оперативное управление горнотранспортными работами на базе своевременно получаемой достоверной и объективной информации в условиях реализации открытого, подземного и комбинированного открыто-подземного способа отработки месторождений твердых полезных ископаемых¹.

Методы/исследования

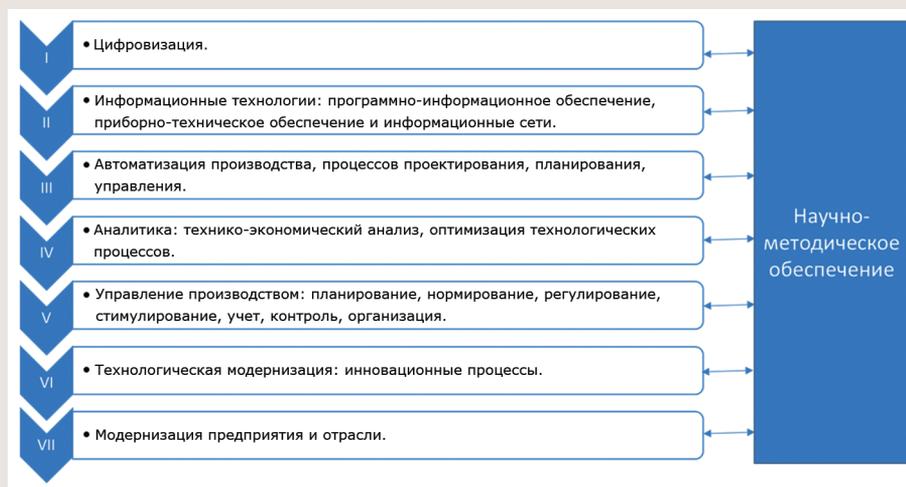
Концепция формирования программно-технологической платформы автоматизированной системы

управления геотехнологическим комплексом основывается на системном подходе и исходит из методологии процесса технологической модернизации, структурно представленной на рис. 1 [1-5], на котором показано, что базовыми факторами процесса технологической модернизации являются процессы цифровизации, развитие информационных технологий и автоматизации. Данные факторы реализуются непосредственно в рамках технологической платформы, которая, в свою очередь, должна быть максимально адаптирована к процессам аналитики, включающим технико-экономический анализ и оптимизацию технологических процессов, а также выработку и обоснование эффективных управленческих решений как на стадиях эксплуатации, так и на этапах проектирования, реконструкции. Все это базируется на целенаправленной и системной технологической модернизации, реализуемой на качественной научно-инновационной основе. Такая взаимосвязь ключевых факторов процесса технологической модернизации говорит о том, что процессы цифровизации и автоматизации должны реализовываться на местах, строго в рамках проводимой на предприятиях технологической политики, что возможно лишь при наличии собственного потенциала,

соответствующего стратегической концепции развития предприятия.

Механизм реализации инновационных, инвестиционных и технических политик на предприятиях посредством своих информационно-технических систем и платформ представлен на рис. 2. Согласно представленной схеме, технологическая платформа автоматизированной системы управления геотехнологическим комплексом должна быть органично интегрирована в информационно-технологическую систему предприятий и отвечать требованиям, целям и задачам их инновационных, инвестиционных и технологических политик.

Принципы и порядок формирования единой информационно-технологической платформы управления геотехнологическим комплексом определяются принятым подходом в управлении, базирующемся на технологиях процессного и корпоративного управления. Это накладывает определенные требования к структурированию и детализации информационных потоков. Они должны удовлетворять требованию детализации на уровне операций управляемых технологических процессов, важно в процессе мониторинга адекватно учитывать порядок и последовательность производимых операций, вести пооперационный учет состояния



**Рис. 1. Факторы технологической модернизации.
Сурет 1. Технологиялық жаңарту факторлары.
Figure 1. Factors of technological modernization.**

¹Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Утешов Е.Т., Теменова А.Т. Технологическая платформа подсистемы позиционирования и связи автоматизированной корпоративной системы управления геотехнологическим комплексом при добыче открыто-подземным способом. // Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №8557 от 04.03.2020. – РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» Министерства юстиции Республики Казахстан.

элементов и подсистем геотехнологического комплекса, а также в точности производить энергоучет в зависимости от режимов и условий эксплуатации единиц горнотранспортного комплекса. Экономико-математическая модель горнотранспортного процесса должна соответствовать принципам экономики процессного управления, на выходе которой формируется комплекс интегрированных критериальных и целевых технико-экономических показателей.

Специфика предлагаемой концепции формирования технологической платформы управления геотехнологическими комплексами в ее адаптации под набирающее популярность в использовании при освоении месторождений полезных ископаемых направление, связанное с использованием комбинированных открыто-подземных способов отработки. Укрупненная схема интеграции формируемых в рамках единой информационно-технологической платформы управления геотехнологическим комплексом представлена на рис. 3. В этом направлении важно разработать качественный алгоритм интеграции, вырабатываемый в рамках единой информационно-технологической платформы и трансформации их в необходимых форматах для проведения дальнейшего технико-экономического анализа эффективности и оптимизации работы геотехнологического комплекса, управления им с реализацией всех основных функций: учета, контроля, организации, планирования, стимулирования, нормирования и регулирования.

Общее видение информационно-технологической платформы управления геотехнологическим комплексом с выходом на решение ряда конкретно и повседневно решаемых задач, а также с указанием видов используемой при этом связи, представлено на рис. 4. Разработанная платформа позволяет одновременно, в едином сервисе получать цифровые данные от интегрированных систем, применяемых как в условиях шахты, так и карьера, и нацеленных на реализацию ряда функций и задач современного горного производства.

Уникальность разрабатываемой платформы заключается в программно-математической модели и аппаратном воплощении, функционирующих по принципу нейронной сети², когда один источник генерации информации может быть связан с многими другими генераторами информации. Система связи и передачи информации, в свою очередь, в жизненном цикле работы платформы передает продуцируемые импульсы и, таким образом, выполняет определенные

физические и технологические функции на машинном уровне, что позволяет в дальнейшем анализировать процесс формирования и прохождения производных информационных потоков и фиксировать их в необходимых форматах.

Каждая часть системы имеет дело только с теми сигналами, которые необходимы для реализации ее специфических функций и задач. На основе уже трансформированных в ней информационных потоков другие подсистемы могут решать свои задачи

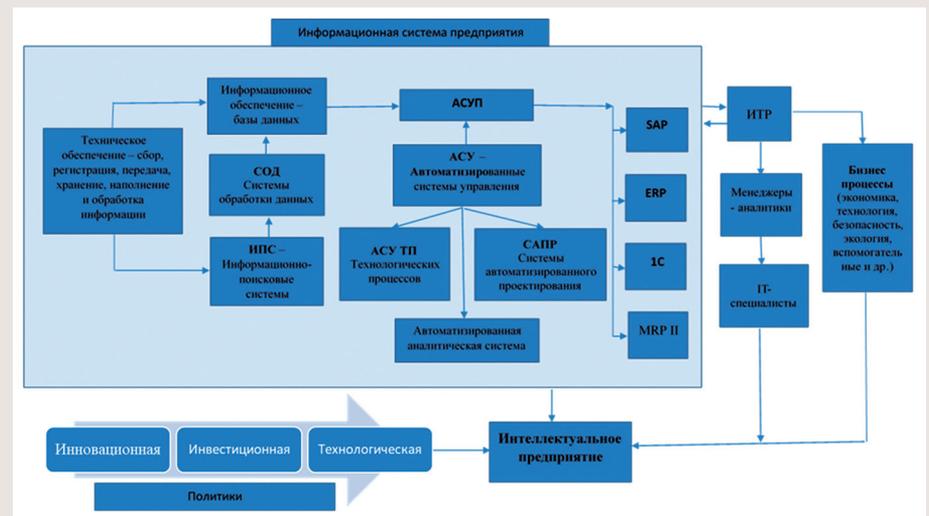


Рис. 2. Концепция информационно-технологических систем горных предприятий.

Сурет 2. Тау-кен өндірісі кәсіпорындарының ақпараттық технологиялар жүйесінің тұжырымдамасы.

Figure 2. Concept of information technology systems of mining enterprises.



Рис. 3. Схема интеграции информационных потоков в системе управления базами данных универсальной технологической платформы.

Сурет 3. Әмбебап технологиялық платформаның мәліметтер базасын басқару жүйесіндегі ақпараттық ағындарды интеграциялау схемасы.

Figure 3. Scheme of integration of information flows in the database management system of the universal technological platform.

²Полезные материалы по Big Data – URL: <https://otus.ru/nest/bigdata-art/> (дата обращения 11.05.2020)

и, в свою очередь, передавать их другим процессам. В совокупности генерируемые данные от интегрированных систем при работе платформы позиционирования и связи способны выполнять довольно сложные задачи и являются информационной основой для таких модулей, как блок технико-экономического анализа и оценки экономической эффективности функционирования геотехнологического комплекса, модулей безопасности горнотранспортных работ и экологического мониторинга, автоматизированного модуля принятия и мониторинга управленческих решений и т. д. Все это лежит в основе принятия эффективных управленческих решений, а также перехода к искусственному интеллекту производства, для чего, по мнению разработчиков, необходимо пройти три основных этапа.

Первый этап связан со сбором структурированной аналитической информации и тестированием программно-технической платформы на предмет своевременности получения на сервере сигналов и их достоверности. Важно, чтобы была своевременно обеспечена критическая по условиям эффективности системы мониторинга и оперативного управления масса сигналов, что позволит оперативно трансформировать ее в необходимые на соответствующих этапах технико-экономические показатели.

Второй этап касается интеграции информационных решений и систем в единый сервис с общей базой данных. Основная задача возлагается на взаимодействие усилий технических специалистов совместно с технологами, для чего должен быть разработан и принят соответствующий регламент.

На третьем этапе преобразованные функциональные возможности и накопленные статистические данные необходимо трансформировать для всесторонней оценки экономической и технологической эффективности функционирования геотехнологического комплекса в целом, выработки соответствующих

управленческих решений, с оценкой всестороннего отрицательного и положительного воздействия принимаемых мер. К примеру, беспилотные летательные аппараты³ (БПЛА), оснащенные специализированной программно-аппаратной частью, позволяют решать задачи геологоразведки, маркшейдерии и картографии, учитывая тот факт, что геотехнологический комплекс горнодобывающего предприятия является динамически развивающимся в пространстве и времени объектом.

Система позиционирования горнотранспортного оборудования⁴ формирует данные о местонахождении техники, ее состоянии, статусе, пробеге и простоях, нормах обслуживания, в то время как система диспетчеризации на основе этих данных формирует информацию по грузообороту в условиях открытой и подземной добычи. Система позиционирования людей с использованием смарт-часов позволит отслеживать статус выполнения ключевых задач и биометрическое состояние каждого сотрудника в режиме

реального времени. В свою очередь, модуль безопасности, созданный на базе разработанной платформы, используя информацию от двух систем позиционирования, математическим путем с применением трехмерной графики, полученной от БПЛА, рассчитывает местоположение горнотранспортного оборудования и прогнозирует его возможное сближение с людьми, передает сигнал об опасном сближении человека и техники.

Система экологического онлайн-мониторинга⁵ позволяет отслеживать не только интенсивность, но и концентрацию вредных примесей как в условиях шахты и карьера, так и на фабриках, в офисах, ремонтных, складских и иных помещениях горнодобывающего предприятия. При превышении допустимых норм загрязнения окружающей среды предприятием разработанная платформа подает импульс в систему безопасности, которая, в свою очередь, предупреждает операторов и рабочих об опасности посещения экологически загрязненных мест и дает варианты устранения сложившейся ситуации



Рис. 4. Концепция формирования информационных потоков программно-технологической платформы с интегрированными элементами и подсистемами автоматизированной системы управления геотехнологическими комплексами.

Сурет 4. Геотехнологиялық кешендерді басқарудың автоматтандырылған жүйесінің интеграцияланған элементтері мен ішкі жүйелері бар бағдарламалық-технологиялық платформаның ақпараттық ағындарын қалыптастыру тұжырымдамасы.
Figure 4. The concept of the formation of information flows of a software and technological platform with integrated elements and subsystems of an automated control system for geotechnological complexes.

³БПЛА в горной промышленности <https://www.geoscan.aero/ru/application/mining>.

⁴<http://ncgt.kz/>.

⁵Экологический контроль и мониторинг. <https://www.reatorg.ru/ecology/Eco-Control/>.

специалистам. Работа данного модуля основывается на системе учета и нормирования топлива⁶ и позволяет формировать данные о расходе топлива в зависимости от режимов и условий эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, а в случае утечки или хищения горюче-смазочных материалов система дает импульс в систему безопасности для принятия мер по устранению данной непредвиденной ситуации.

Система учета электроэнергии⁷ позволит усилить контроль потребления электроэнергии и создать условия для комфортной эксплуатации специализированного оборудования и остального производственного ресурса, а также устанавливать оптимальные нормы расхода и регулировать их в зависимости от изменения внешних условий. Организуемый контроль потребления и строгий учет делает затруднительным неправомерное использование энергоресурсов на производственных участках предприятий.

Учитывая специфику объекта (горнодобывающее предприятие с

открыто-подземным способом добычи), в основе разрабатываемого обеспечения лежит система связи, обладающая возможностью передачи цифровой информации на большие расстояния, с возможностью интеграции и маршрутизации данных от внедряемых и действующих модулей, оборудования и систем. В основе предлагаемого подхода, согласно представленной концепции, лежит технология Mesh Wi-Fi сети, каждый узел архитектуры которой обладает такими же полномочиями, как и все остальные, по принципу «все узлы в сети равны».

Представленная технология применяется как в открытом пространстве, так и в условиях подземной добычи. Основным отличием от стандартных систем связи является подход к расстановке ретрансляторов связи и их взаимосвязи между собой. В условиях шахты, как и в условиях карьера, каждая точка (ретранслятор связи) должна видеть еще, как минимум, два других ретранслятора в сети. Такой подход основан на тенденции

к стабильности работы сети. В условиях интенсивно развивающегося пространства как в карьере, так и в шахте, данная технология подходит в наилучшей степени.

Заключение

Таким образом, для принятия эффективных управленческих решений, перехода к искусственному интеллекту, а также создания благоприятных условий эффективному процессу технологической модернизации принципиально важно формировать максимально адаптированную к этим задачам предприятия информационно-технологическую базу, структурированную и интегрированную соответствующим образом в рамках реализуемой стратегии его развития. Предприятие должно располагать подготовленными специалистами-аналитиками, которые во взаимосвязи со специализированными и ориентированными на нужды предприятия научными центрами могли бы заниматься совершенствованием процесса технологической модернизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анпилогов А.Е., Вагин Э.Б. Оптимизация транспортного процесса на угольных разрезах с применением имитационно-статистического моделирования. // Всесоюзная научно-техническая конференция по карьерному транспорту: тезисы докладов. – Свердловск, 1978. – С. 32-33. (на русском языке)
2. Galiyev S.Zh., Samenov G.K., Zhusupov K.K., Galiyev D.A. Концепция автоматизированного управления геотехнологическим комплексом на инновационной основе. // Материалы 24-го Всемирного Горного Конгресса. – Рио-де-Жанейро: Институт Бразилейро-де-Минерасио, 2016. – С. 96-107. (на английском языке)
3. Галиев С.Ж., Саменов Г.К. Автоматизированная система корпоративного управления геотехнологическим комплексом. // Сборник докладов и каталог VII Межотраслевой конференции «Автоматизация производства – 2016». – М., 2016 (29 ноября). – С. 38-41. (на русском языке)
4. Каплан А.В., Галиев С.Ж. Процессное управление горнотранспортным комплексом в карьере на основе экономических критериев. // Горный журнал. – М., 2017. – №6(2239). – С. 28-33. (на русском языке)
5. Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Сейтаев Е.Н., Утешов Е.Н. О единой методологии управления геотехнологическим комплексом на открытых горных работах. // Горный журнал. – М., 2019. – №12(2239). – С. 70-75. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Анпилогов А.Е., Вагин Э.Б. Симуляциялық және статистикалық модельдеуді қолдана отырып, көмірдің ашық шахталарында тасымалдау процесін оңтайландыру. // Ашық карьер көлігі бойынша бүкілодақтық ғылыми-техникалық конференция: тезистер есеп беру. – Свердловск, 1978. – Б. 32-33. (орыс тілінде)
2. Галиев С.Ж., Саменов Г.К., Жүсіпов Қ.Қ., Галиев Д.А. Инновациялық негіздегі геотехнологиялық кешенді автоматтандырылған басқару тұжырымдамасы.

⁶Система учета топлива <https://petrocontrol.ru/sistema-uchyota-topлива-port-1/>.

⁷Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий. <https://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/elektrooborudovanie-i-elektrosnabzhenie-gornyh-predpriyatiy-78.html>.

- // 24-ші Дүниежүзілік тау-кен конгресінің материалдары. – Рио-де-Жанейро: Бразилейро-де-Минерасио Институты, 2016. – Б. 96-107. (ағылшын тілінде)
3. Галиев С.Ж., Саменов Г.К. Геотехникалық кешенді корпоративті басқарудың автоматтандырылған жүйесі. // «Өндірісті автоматтандыру – 2016» VII салааралық конференцияның есептер мен каталогы жинағы. – М., 2016 (29 қараша). – Б. 38-41. (орыс тілінде)
 4. Каплан А.В., Галиев С.Ж. Экономикалық критерийлерге негізделген карьердегі тау-кен көлігі кешенін технологиялық басқару // Тау-кен журналы. – М., 2017. – №6(2239). – Б. 28-33. (орыс тілінде)
 5. Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Сейтаев Е.Н., Утешов Е.Н. Ашық тау-кен жұмыстарындағы геотехнологиялық кешенді басқарудың бірыңғай әдістемесі туралы. // Тау-кен журналы. – М., 2019. – №12(2239). – С. 70-75. (орыс тілінде)

REFERENCE

1. Anpilogov A.E., Vagin E.B. Optimization of the transport process in open-pit coal mines using simulation and statistical modeling // Vsesoyuzn. Scientific and technical conference on quarry transport: Abstracts. report. – Sverdlovsk, 1978. – P. 32-33. (in Russian)
2. Galiyev S.Zh., Samenov G.K., Zhusupov K.K., Galiyev D.A. Conception of automated management of geotechnological complex on an innovative base. // 24th World Mining Congress Proceedings. – Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Mineracio, 2016. – P. 96-107. (in English)
3. Galiev S.Zh., Samenov G.K. Automated system of corporate management of geotechnical complex. // Collection of reports and catalog of VII Interindustry conference «Automation of production – 2016». – М., 2016 (November 29). – P. 38-41. (in Russian)
4. Kaplan A.V., Galiev S.Zh. Process management of a mining and transport complex in a quarry based on economic criteria. // Mining Journal. – М., 2017. – №6(2239). – С. 28-33. (in Russian)
5. Galiev S.Zh., Galiev D.A., Seytaev E.N., Uteshov E.N. On a unified methodology for managing a geotechnological complex in open pit mining. // Mining Journal. – М., 2019. – №12(2239). – P. 70-75. (in Russian)

Сведения об авторах:

Галиев С.Ж., д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом «Горная системология» Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), seitgaligaliyev@mail.ru

Галиев Д.А., доктор PhD, заведующий лабораторией автоматизированного проектирования Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), 87773012986@mail.ru

Утешов Е.Т., PhD докторант кафедры «Горное дело» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), yuteshov@gmail.com

Текенова А.Т., магистр, экономист лаборатории экономического анализа, планирования и управления Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), amazhekenova@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Галиев С.Ж., техника ғылымдарының докторы, профессор, Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істері институтының жарлыс жұмыстары лабораториясының жетекші ғылыми қызметкері, аталған институт – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» «Тау-кен жүйесі» кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан), seitgaligaliyev@mail.ru

Галиев Д.А., PhD докторы, Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істері институтының жарлыс жұмыстары лабораториясының жетекші ғылыми қызметкері, аталған институт – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» автоматтандыруды жобалау зертханасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан), 87773012986@mail.ru

Утешов Е.Т., Satbayev University «Тау-кен ісі» кафедрасының PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан), yuteshov@gmail.com

Текенова А.Т., магистр, Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істері институтының жарлыс жұмыстары лабораториясының жетекші ғылыми қызметкері, аталған институт – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» (Алматы қ., Қазақстан) «Экономикалық талдау, жоспарлау және басқару» зертханаларының экономисі, amazhekenova@mail.ru

Information about the authors:

Galiyev S.Zh., Doctor of Technical Science, Professor, Head at the Department «Mining Systemology» of the Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» of the Mining Institute named after D.A. Kunayev (Almaty, Kazakhstan), seitgaligaliyev@mail.ru

Galiyev D.A., PhD, Professor, Head of the Computer Aided Design Laboratory of the Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» of the Mining Institute named after Kunayev D.A. (Almaty, Kazakhstan), 87773012986@mail.ru

Uteshov E.T., Master of Degree, PhD Doctoral at the Mining Department Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), yuteshov@gmail.com

Tekenova A.T., Master of Degree, Economist at the Laboratories «Economic Analysis, Planning and Management» of the Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» of the Mining Institute named after Kunayev D.A. (Almaty, Kazakhstan), amazhekenova@mail.ru

Код МРНТИ 52.45.15

В.А. Калашников¹, Л.Г. Головки¹, В.И. Дырда², Г.Н. Агальцов², Е.В. Калганков³¹Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Валса-ГТВ»
(г. Белая Церковь, Украина),²Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (г. Днепр, Украина),
³Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет (г. Днепр, Украина)

НОВЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД В БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦАХ С РЕЗИНОВОЙ ФУТЕРОВКОЙ

Аннотация. Рассматривается концепция дезинтеграции минерального сырья в двух типах барабанных мельниц: в шаровой мельнице с резиновой футеровкой и мельнице мокрого самоизмельчения с резинометаллической футеровкой. Приводится двухкритериальное уравнение долговечности резиновой футеровки, позволяющее определить срок службы при совместном действии процессов утомления материала и его абразивно-усталостном износе. Рассматриваются особенности измельчения крепких железных руд в мельницах мокрого самоизмельчения с резинометаллической футеровкой новой конструкции. Полученные результаты по долговечности футеровок, по экономии шаров и энергосбережению соответствуют мировому уровню и способны удовлетворить требования горно-обогатительных комбинатов.

Ключевые слова: дезинтеграция минерального сырья, математическая модель долговечности, мельница мокрого самоизмельчения, новый индекс качества, резиновая футеровка, разрушение, износ, структурно-синергетическая модель, ресурс, измельчение.

Резиналы барабан диірмендеріндегі темір рудасының ыдырауындағы жаңа жетістіктер

Андатпа. Барабанды диірмендердің екі түріне минералды шикізаттың ыдырауы туралы түсінік қарастырылады: резеңке төсемі бар шар диірменде және резеңке-металды төсемі бар дымқыл өзін-өзі тегістейтін диірменде. Резеңке төсеністің беріктігінің екі өлшемді теңдеуі келтірілген, ол материалдық шаршау мен оның абразивті-тозу процестерінің аралас әрекеті жағдайында қызмет ету мерзімін анықтауға мүмкіндік береді. Жұмыста жаңа конструкцияның резеңке-металды төсемі бар дымқыл өзін-өзі тегістейтін диірмендерде күшті темір кендерін ұнтақтаудың ерекшеліктері қарастырылған. Төсемдердің ұзақ мерзімділігінде, үнемдеу шарларында және энергияны үнемдеуде алынған нәтижелер әлемдік деңгейге сәйкес келеді және тау-кен байыту фабрикаларының талаптарына жауап береді.

Түйінді сөздер: минералды шикізаттың ыдырауы, беріктіктің математикалық моделі, ылғалды автогенді тегістеу диірмені, жаңа сапа индексі, резеңке төсем, қирату, тозу, құрылымдық-синергетикалық модель, ресурс, ұнтақтау.

New advances in iron ore disintegration in rubber lined drum mills

Abstract. The concept of disintegration of mineral raw materials in two types of drum mills is considered: in a ball mill with a rubber lining and a wet self-grinding mill with a rubber-metal lining. A two-criterion equation for the durability of a rubber lining is given, which makes it possible to determine the service life under the combined action of the processes of material fatigue and its abrasive-fatigue wear. The paper discusses the features of grinding strong iron ores in wet self-grinding mills with rubber-metal lining of a new design. The results obtained on the longevity of linings, on saving balls and energy saving correspond to the world level and are able to meet the requirements of mining and processing plants.

Key words: disintegration of mineral raw materials, mathematical model of durability, wet autogenous grinding mill, new quality index, rubber lining, destruction, wear, structural-synergetic model, resource, grinding.

Введение

В середине прошлого века горная промышленность определилась с основными типами барабанных мельниц для измельчения минерального сырья. Если не принимать во внимание измельчение специальных материалов, основными типами являются шаровые мельницы, мельницы мокрого самоизмельчения (ММС) и полусамоизмельчения (ПСИ). В качестве материалов защитных футеровок использовались преимущественно металл, резина и их комбинации. Конкуренция между футеровками по индексу «цена – качество» для шаровых мельниц склоняется в пользу резиновых футеровок, а для крупных мельниц типа ММС в пользу металлических: в ряде случаев используются резинометаллические футеровки и резиновые, например, при дезинтеграции алмазосодержащих руд на ММС 10,5×5,6 (Алроса, Россия).

На сегодняшний день резиновые футеровки по долговечности в целом удовлетворяют требованиям горно-обогатительных комбинатов, и технологи больше обеспокоены повышением производительности мельниц, количеством готового продукта, экономией шаров и электроэнергии. Более того, в ряде случаев высказывается мнение, что резиновые футеровки должны иметь заданную долговечность, совпадающую с ремонтными циклами. Успехи химии и достижения в области конструирования

позволяют в известной степени решить эту задачу, особенно для второй и третьей стадий измельчения.

Настоящая статья посвящена решению некоторых проблем создания резиновых футеровок с заданной долговечностью, рассмотрению новых достижений в области дезинтеграции минерального сырья и разработке метода тестирования футеровок мельниц по новому индексу качества.

Математическая модель долговечности резиновой футеровки барабанных мельниц

Ранее [1] рассматривалась структурно-синергетическая модель разрушения плит резиновой футеровки на поверхности их взаимодействия с мельничной загрузкой. Разрушение происходило по двум механизмам: первый – абразивный износ; второй – разрушение резины за счет процессов утомления. Объединение этих механизмов и приводит к абразивно-усталостному механизму разрушения резины. На основе этой модели было разработано двухкритериальное уравнение долговечности плит резиновой футеровки в виде:

$$\Delta U_p^* = \Delta U_y^* + \Delta U_{uz}^* = \int_0^t (\sigma_{ij} \dot{\epsilon}_{ij} - \dot{q} + \dot{\xi}) dt, \quad (1)$$

где ΔU_p^* – плотность энергии разрушения резины;
 ΔU_y^* – плотность энергии разрушения от утомления (подробнее в [1]);
 ΔU_{uz}^* – плотность энергии разрушения от абразивного износа;
 t – время;

σ_{ij} – напряжение;
 $\dot{\varepsilon}_{ij}$ – скорость деформации;
 \dot{q} – тепловой поток;
 $\dot{\xi}$ – энергия разрушения от абразивного износа.

Уравнение (1) является критерием долговечности резиновой футеровки и позволяет определить время до разрушения некоторого локального объема резиновой плиты при известных условиях ее деформирования и экспериментально найденной величины ΔU_p^* . При этом время до разрушения локального объема плиты футеровки отождествляется с разрушением центральной области резинового массива. Из (1) можно получить более простое уравнение долговечности резиновой плиты:

$$t^* = (\eta_\phi \delta_m \Delta U_p^*) / (0,5 |E^*| \varepsilon^2 \psi \eta_p), \quad (2)$$

где η_ϕ – коэффициент, характеризующий профиль плит резиновой футеровки;

δ_m – коэффициент несимметрии загрузки по длине мельницы;
 $|E^*|$ – абсолютное значение комплексного модуля упругости резины;
 ε – относительная деформация плит футеровки;
 ψ – коэффициент диссипации резины;
 $\eta_p = (1 - \eta_T)$ – коэффициент, характеризующий часть энергии, идущий непосредственно на разрушение структуры резины;
 η_T – коэффициент, показывающий какая часть диссипированной энергии расходуется на теплообразование;
 η_p – коэффициент, характеризующий часть энергии, идущий непосредственно на разрушение структуры резины.

Плотность энергии разрушения от абразивного износа, т. е. энергия отделения от матрицы всех фрагментов износа резины за счет внедрения контртел, будет равна:

$$\Delta U_{из}^* = F \times V \times t, \quad (3)$$

где F – сила трения;
 V – скорость истирания;
 t – время истирания.

В инженерной практике для изготовления элементов футеровки обычно используют резину на основе натурального или синтетических каучуков с наполнением техническим углеродом 60-65 масс. частей. Остальные ингредиенты (активаторы, противостарители, модификаторы и т. д.), как правило, фирмой-изготовителем не разглашаются. Для таких резин экспериментально найденные физико-механические параметры имели следующие значения: $\psi = 0,50-0,65$; $|E^*| = (5,5-6,5)$ МПа; $\eta_T = 0,7-0,75$; $\Delta U_p^* = (1,2-1,3) \times 10^{10}$ Дж/м³; $\Delta U_{из}^* = (0,25-0,30) \times 10^{10}$ Дж/м³.

Как видно, долговечность футеровки в значительной степени определяется величиной плотности энергии, идущей на утомление резины. Процесс утомления резины при длительных динамических нагрузках является весьма сложным и зависит от механических и тепловых параметров материала. Плотность энергии разрушения от абразивного износа зависит от силы трения, времени и скорости истирания. Варьируя этими величинами, можно создавать футеровки с заданной долговечностью. При этом безусловно следует учитывать прочность и абразивность минерального сырья. Таким образом, союз конструкторов и технологов позволяет создавать футеровки, которые по долговечности удовлетворяют современному уровню рудоподготовки.

Особенности дезинтеграции железных руд в мельницах самоизмельчения с новой резинометаллической футеровкой

По мнению авторов [2], одним из наиболее актуальных процессов, способствующих повышению рентабельности

горно-обогатительных предприятий, является процесс самоизмельчения минерального сырья; эти же авторы считают, что в XXI веке самоизмельчение как процесс рудоподготовки будет доминирующим. На сегодняшний день известны крупные ММС: диаметром 10,5 м (Россия, дезинтеграция алмазосодержащих руд); диаметром 12,5 м (Казахстан, дезинтеграция полиметаллических руд); диаметром 18 м (Чили, дезинтеграция медной руды) и т. д. На Ингулецком горно-обогатительном комбинате (Украина) уже более 50 лет эксплуатируются мельницы типа ММС 7,0 × 2,3 с металлической футеровкой, долговечность которой не превышает 6 месяцев.

С целью повышения долговечности мельницы предприятием НПП «Валса-ГТВ» была установлена резинометаллическая футеровка как в цилиндрической части барабана, так и на загрузочной и разгрузочной крышках. В цилиндрической части барабана такая футеровка состояла из резиновых плит толщиной 120 мм и резинометаллических лифтеров двух типов: высокого профиля высотой 330 мм и низкого – 230 мм (рис. 1); лифтеры имели металлическую вставку, присоединяемую к резиновому массиву в процессе вулканизации. Конструкция футеровок крышек была аналогичной: толщина резиновых плит 130 мм, высота лифтеров 330 мм. Дезинтеграции подлежала крепкая железная руда, размер кусков 300-400 мм (до 10% свыше 400 мм).

Особенности дезинтеграции руды следующие:

- морфометрические параметры резинометаллической футеровки и способ укладки ее в барабане мельницы позволяют реализовать преимущественно сдвиговые напряжения в горной породе, что, как известно, способствует экономии электроэнергии и повышению качества готового продукта;
- высокой долговечности футеровки способствовало следующее: использование износостойкой стали новейших разработок; уникальные свойства резины, изготовленной по нанотехнологиям; надежное крепление металлических вставок к резине с помощью современных клеевых композиций; применение новой конструкции

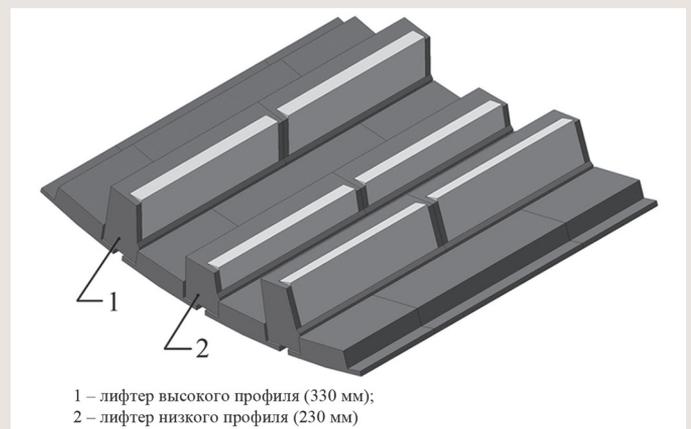


Рис. 1. Общий вид резиновой футеровки барабана мельницы.

Сурет 1. Диірмен барабанының резенке қаптамасының жалпы көрінісі.

Figure 1. General view of the rubber lining of the mill drum.

узла разгрузки, что позволило получить производительность мельницы по исходному питанию на уровне мельницы с металлической футеровкой;

- мельница с резинометаллической футеровкой имела наработку 8003 часа и была снята по причине износа торцевых лифтеров крышек и износа решетки: остаточная высота лифтеров не превышала 15-20 мм (рис. 2а); остаточная толщина решетки около 20 мм;

- футеровка барабана изношена менее чем на 50%: остаточная высота лифтера высокого профиля около 190 мм, низкого около 150 мм (рис. 2б), износ резиновых плит примерно 5-10 мм;

- следует отметить также, что резинометаллическая футеровка имеет меньший вес по сравнению с металлической (61 т против 120 т), отсюда меньше энергопотребление, меньшая нагрузка на подшипники мельницы и лучшая динамика;

- представляет интерес характер абразивно-усталостного износа резинометаллических лифтеров (рис. 3); износ лифтера высокого профиля был практически линейным и скорость износа одинаковая на всем протяжении эксплуатации мельницы; износ низкого лифтера был нелинейным, что связано с более высокой турбулентностью предельно насыщенного потока пульпы с большим содержанием твердого именно в области этого лифтера.

Достижения в области дезинтеграции руды в шаровых мельницах с резиновой футеровкой

Современные технологии интеграции крепких железных руд в шаровых мельницах предъявляют повышенные требования к производительности мельниц, экономии шаров и электроэнергии и особенно качества готового продукта. Согласно мировым стандартам крупность готового продукта в окатышах должна быть не выше 40-53 мкм при наличии железа 65,5% (в будущем считается возможным, соответственно, 30 мкм и 67,0-67,5% железа).

На сегодняшний день наиболее полно этим требованиям отвечают резиновые футеровки производства ООО «НПП Валса-ГТВ» [3-8]. За счет морфометрических параметров резиновых плит и рациональной укладки их в барабане мельницы эти футеровки при разрушении горных пород позволяют реализовать преимущественно сдвиговые напряжения, что приводит к экономии шаров и электроэнергии, повышению качества готового продукта. Рассмотрим два основных типа резиновой футеровки: «Плита-Волна» и «Плита-Н-Волна».

Первый тип резиновой футеровки «Плита-Волна» в виде трапециевидных резиновых плит толщиной 135 мм использовался преимущественно на второй и третьей стадиях измельчения с шарами диаметром 40 мм и 60 мм. Получены следующие результаты (по сравнению с металлической футеровкой): снижение удельного расхода мелющих тел на 6-10%; сокращение удельного расхода электроэнергии в целом на технологическую секцию на 10-12%; долговечность до отказа от 30000 ч до 42000 ч и более (на второй стадии измельчения титано-магниевого руды в мельнице МШР диаметром 3,6 м на Качканарском ГОК долговечность резиновой футеровки более составила 45000 ч).

Второй тип резиновой футеровки «Плита-Н-Волна» высокого профиля (первые два ряда толщиной

270 мм, остальные – 240 мм) использовался на мельницах МШР 4,5 × 6,0 первой стадии измельчения (после стержневой мельницы) с шарами диаметром 100 мм. Получены следующие результаты (по сравнению с металлической футеровкой): долговечность до отказа 9060 ч; снижение удельного расхода электроэнергии на тонну перерабатываемой руды 7,67%.

Эти же футеровки высокого профиля использовались на мельницах МШР 4,5 × 6,0 первой стадии измельчения (после дробилки, в питании мельницы присутствовали размеры частиц преимущественно 20 × 20 мм) с шарами диаметром 120 мм. Получены следующие результаты: долговечность до отказа около 4000 ч; удельный расход электроэнергии на тонну перерабатываемой руды по сравнению с металлической футеровкой отличался незначительно.

Резиновые футеровки высокого профиля использовались также на мельнице МШР 4,43 × 5,01 второй

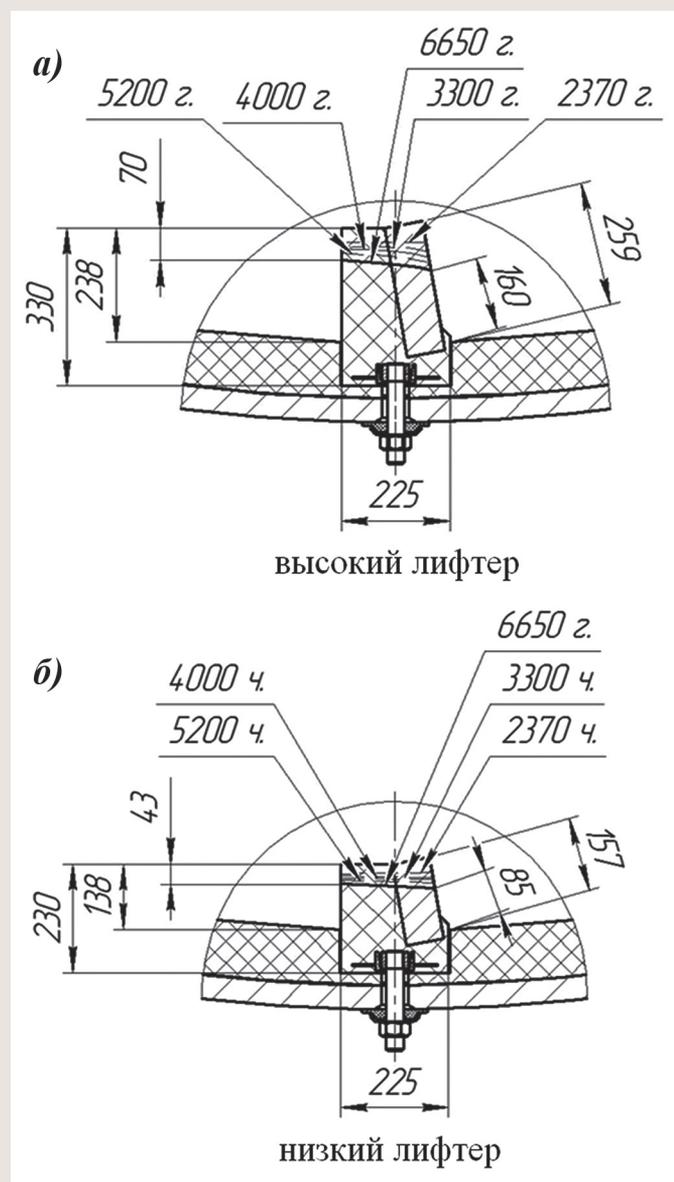


Рис. 2. Схема износа футеровки барабана.
Сурет 2. Барабанның астарының тозу сызбасы.
Figure 2. Diagram of drum lining wear.

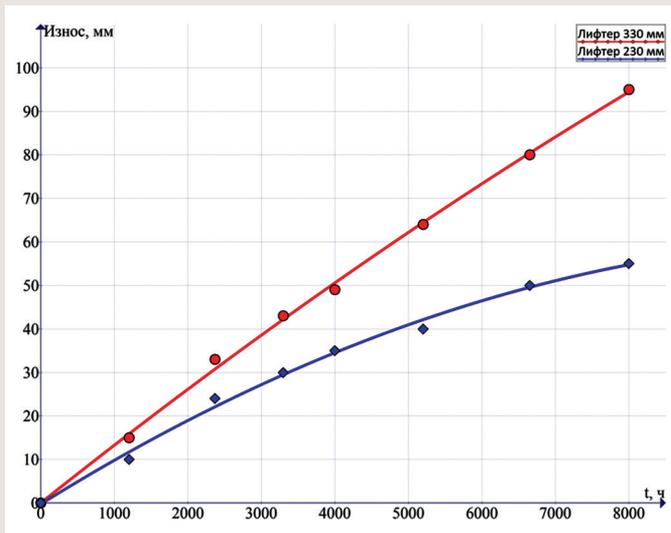


Рис. 3. График износа резинометаллических лифтеров.
Сурет 3. Резеңке-металды көтергіштердің тозу кестесі.

Figure 3. The schedule of wear of rubber-metal lifters.

стадии измельчения (работает после стержневой мельницы в замкнутом цикле с классификатором, в питании мельницы присутствовали размеры частиц преимущественно 2-6 мм) с шарами диаметром 80 мм. Получены следующие результаты: долговечность до отказа 8513 ч. Отмечается большее содержание мелкой фракции и экономия электроэнергии.

Такие достижения соответствуют мировому уровню и вполне удовлетворяют требованиям горно-обогатительных комбинатов и позволяют сделать следующий вывод: при выполнении технологических требований к готовому продукту, требований к производительности мельниц и оптимальному расходу мелющих тел индекс «цена – качество» резиновой футеровки будет определяться в основном величиной удельного расхода электроэнергии на тонну перерабатываемой руды, поэтому тестирование мельниц с резиновой футеровкой следует производить именно по индексу энергосбережения.

Тестирование футеровок мельниц по индексу качества

Конструкции барабанных мельниц с металлической футеровкой были известны в начале прошлого века; позже вместо металлических плит стали использовать резиновые. И каждый раз при создании новых устройств измельчения минерального сырья инженеры тестировали этот процесс, выбирая такую технологию, которая обеспечивала бы повышение производительности, уменьшение энергетических затрат или получение конечного продукта более высокого качества. В последнее время такое тестирование осуществляется с использованием так называемых индексов качества, которые в простой и доступной форме позволяют выбрать наиболее приемлемую технологию¹ [9, 10].

В последние 50-60 лет барабанные рудоизмельчительные мельницы, равно как и технологии обогащения (за исключением переработки специальных материалов), приобрели некоторую универсальность. Безусловно, и конструкции мельниц, и технологии измельчения ведущих мировых фирм несколько отличаются друг от друга, но это отличие не носит принципиального характера и лишь подчеркивает общность процессов дезинтеграции минерального сырья.

В этом сложном многопараметрическом процессе весьма важной оказалась роль футеровки, зачастую определяющей не только защиту барабана от износа, но и качество конечного продукта. При этом, как показала мировая практика, важным являются и морфологические параметры футеровки, и материал – в основном металл или резина. Тестированию этих материалов посвящены многочисленные публикации, при этом металлические футеровки считаются базовыми, а тестированию подлежат различные конструкции резиновых футеровок [9, 10]. В мировой практике для оценки эксплуатационно-технических и технологических качеств футеровок шаровых мельниц и мельниц полусамоизмельчения (ПСИ) существует ряд признанных критериев. Наиболее важные из них следующие: ресурс* эксплуатации футеровки, ч; количество переработанной руды секцией, т; удельная производительность мельницы по вночь образованному готовому классу крупности, т/м³·ч; расход мелющих тел, т; удельный расход мелющих тел на переработку одной тонны руды, кг/т; скорость износа футеровки, мм/тыс. ч; удельный расход электроэнергии на тонну переработанной руды, кВт·ч/т; удельный расход электроэнергии на тонну вночь образованного готового класса крупности, кВт·ч/т. К дополнительным критериям обычно относят трудозатраты на удаление отработанной футеровки и установку новой, а также потерянное производство во время простоя оборудования. Снижение простоя мельницы на 2-3% экономически могут быть приравнены к сумме годовых затрат на замену футеровки мельницы.

Для оценки измельчаемости минерального сырья в барабанных мельницах существует ряд энергетических индексов, наиболее известные: индекс Бонда (BM W_i); индекс «коэффициент относительной измельчаемости»; индекс СПИ (SPI, SAG Power Index Test).

Индекс Бонда основан на определении измельчаемости материала по «индексу чистой работы W_i», равному расходу электроэнергии, необходимой для измельчения от теоретически бесконечной крупности исходного питания до крупности 80% класса – 100 мкм. Рабочий индекс Бонда (BM W_i) определяют на пробах небольшой массы по результатам лабораторных испытаний в шаровой мельнице Бонда.

Индекс «коэффициент относительной измельчаемости» представляет собой отношение величин удельной

¹Маляров, П.В. Основы интенсификации процессов рудоподготовки. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2004. – 320 с.

*Под ресурсом эксплуатации футеровки понимается износ ее элементов (в основном плит) до определенной толщины, т. е. до такой, при которой исключается риск повреждения барабана; например, для шаровых мельниц типа МШЦ 3,6 × 4,0 остаточная толщина плит резиновой футеровки типа «Плита Н-Волна» по критериям ООО «НПП Валса ГТВ» принимается в пределах 40-50 мм.

производительности по вновь образованному расчетному классу крупности или электроэнергии на одну тонну готового продукта, полученного при измельчении руды в лабораторной мельнице.

Индекс СПИ основан на определении измельчаемости руды в шаровой мельнице Бонда и лабораторной стандартизированной мельнице полусамои измельчения; при этом рабочий индекс Бонда шарового измельчения определяется на руде, предварительно измельченной в мельнице ПСИ. Результатом такого комбинированного измельчения руды является определение удельного расхода электроэнергии в целом по секции, что позволяет выбрать наиболее приемлемую технологическую схему и осуществить выбор параметров измельчительного оборудования.

Рассмотренные методы оценки измельчаемости руды разработаны в основном для определения размеров проектируемых мельниц типов ПСИ и шаровых. Последние 60-70 лет по результатам таких испытаний осуществлялось проектирование практически всех циклов рудоподготовки по технологии «дробление – измельчение» на существующих обогатительных фабриках. Рабочие индексы используются также при тестировании измельчаемости образцов минерального сырья различных месторождений.

Имеются также сведения об использовании рабочих индексов Бонда и СПИ в качестве основных показателей работы циклов измельчения, в частности, цикла рудоподготовки «дробление – измельчение» (мельница ПСИ и мельница шаровая) на ЗИФ ГОК «Кубака».

Как уже отмечалось, индексы измельчаемости руды были специально разработаны для проектирования мельниц; частично они пригодны и для определения показателей работы циклов «дробление – измельчение», но использование таких индексов для тестирования футеровок мельниц не всегда приемлемо. Поэтому необходим такой рабочий индекс качества, который бы наиболее полно учитывал современное состояние изученности работы барабанных мельниц, ценовую политику на энергоресурсы и шаровую загрузку и трудовые затраты на перефутеровку мельниц. Особенно важен этот вопрос для определения параметра «цена – качество» при сравнении металлических и резиновых футеровок, а также при выборе футеровок различных производителей.

На сегодняшний день наиболее важными показателями при выборе футеровок является расход электроэнергии и шаров; с учетом ценовой политики наиболее весомым является удельный расход электроэнергии на тонну переработанной руды (E_s), что важно для общей оценки эксплуатационно-технических качеств мельницы с футеровкой и удельный расход электроэнергии на тонну вновь образованного готового класса продукта (E_T), что важно для оценки технологии измельчения.

С учетом этой аргументации на предприятии ООО «НПП Валса-ГТВ» были разработаны два рабочих индекса качества для тестирования резиновых футеровок шаровых мельниц: «Valsa- E_s » (VE_s) и «Valsa- E_T » (VE_T). Индексы показывают повышение качества работы мельницы с резиновой футеровкой по сравнению с аналогичной мельницей с металлической футеровкой или

с резиновой футеровкой другого производителя, здесь E_s – энергосбережение за счет применения резиновой футеровки (выражается в процентах как снижение удельного расхода электроэнергии на тонну перерабатываемой руды); E_T – аналогично, как снижение удельного расхода электроэнергии на тонну вновь образованного готового класса продукта; V – собственно Valsa.

Рассмотрим конкретный пример использования предложенных рабочих индексов качества при тестировании резиновой футеровки типа «Плита-Н-Волна» при измельчении крепких железных руд по ES-технологии на ОАО «Полтавский ГОК» на мельницах МШР 4,0 × 5,0 первой стадии измельчения с шарами диаметром 100 мм.

Сравнительные испытания проводились на двух мельницах МШР 4,0 × 5,0: мельнице №72 с резиновой футеровкой «Плита-Н-Волна» (первые два ряда толщиной 270 мм, остальные – 240 мм) и мельнице №52 с металлической футеровкой (сталь ЛМЦ). За весь период испытания на секции поступала дробленая руда класса 6-8 мм.

Результаты испытаний:

- мельница №72 с резиновой футеровкой барабана типа «Плита-Н-Волна» и резинометаллической решеткой выдержала промышленные испытания: при гарантийном сроке эксплуатации 8000 ч фактически отработала 8891 ч;

- за сравниваемый период испытаний общая производительность секций по переработке руды мельницы №72 и №52 была примерно одинаковой; отклонение не превышало 0,34%;

- удельный расход мелющих тел на переработку тонны руды мельницы №72 с резиновой футеровкой составил 0,528 кг/т, мельницы №52 с металлической футеровкой – 0,531 кг/т (отклонение 0,6% в рамках погрешности);

- удельный расход электроэнергии на тонну вновь образованного готового класса крупности – 0,071 мм мельницы №72 с резиновой футеровкой составил 20,905 кВт·ч/т; мельницы №52 с металлической футеровкой – 23,415 кВт·ч/т; снижение удельного расхода электроэнергии для мельницы с резиновой футеровкой составило 2,511 кВт·ч/т (10,72%); сокращение удельного расхода электроэнергии на тонну переработанной руды составило 7,67%.

Как видно, для резиновой футеровки типа «Плита-Н-Волна» рабочие индексы для тестирования футеровки будут следующие: $VE_s = 10,72$; $VE_T = 7,67$.

Выводы

1. Разработаны рабочие индексы для тестирования футеровок шаровых мельниц.

2. Впервые в мировой практике на первой стадии измельчения крепких железных руд с шарами диаметром 100 мм применена резиновая футеровка высокого профиля («Плита-Н-Волна»); результаты испытаний: долговечность до отказа до 9 тыс. ч, экономия электроэнергии – до 11%.

3. Для измельчения крепких полиметаллических и железных руд в шаровых мельницах первой стадии с шарами диаметром 100 мм резиновая футеровка «Плита-Н-Волна» на сегодняшний день имеет самый высокий индекс качества и лучшее соотношение «цена – качество».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Булат А.Ф., Дырда В.И., Карнаухов В.Г. Долговечность термоупругонаследственных тел при длительном циклическом нагружении. // Прикладная механика. – 2019. – Т. 55. – №5. – С. 47-56. (на английском языке)
2. Вайсберг Л.А., Бортников А.В. Самоизмельчение как основной процесс рудоподготовки в XXI веке // Горный журнал, 2002. №3. – С. 14-19. (на русском языке)
3. Калашников В.А., Головкин Л.Г., Стойко А.В., Дырда В.И., Хмель И.В. Дезинтеграция железной руды в шаровых мельницах с резиновой футеровкой. // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. тр. – 2017. – Вып. 133. – С. 90-102. (на русском языке)
4. Калашников В.А., Головкин Л.Г., Дырда В.И., Агальцов Г.Н. Некоторые проблемы создания энергосберегающих резиновых футеровок шаровых рудоизмельчительных мельниц. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2019. – №8. – С. 46-49. (на русском языке)
5. Дырда В.И., Калашников В.А., Хмель И.В. Энергосберегающая ES-технология дезинтеграции руд в шаровых мельницах с резиновой футеровкой. // Черная металлургия. – 2014. – Вып. 2 (1370). – С. 22-26. (на русском языке)
6. Дырда В.И. Теория волнового абразивно-усталостного износа упругонаследственных сред. // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. тр. – 2013. – Вып. 113. – С. 133-144. (на русском языке)
7. Дырда В.И., Калашников В.А., Хмель И.В., Калганков Е.В. Кинетика измельчения минерального сырья в шаровых мельницах с резиновой футеровкой. // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – 2013. – Вып. 113. – С. 89-96. (на русском языке)
8. Дырда В.И., Калашников В.А. Эволюция защитных футеровок рудоизмельчительных мельниц. // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – 2014. – Вып. 116. – С. 93-104. (на русском языке)
9. Калашников В.А., Головкин Л.Г., Дырда В.И., Стойко А.В., Хмель И.В. Резиновая футеровка шаровых мельниц в новой ресурсо- и энергосберегающей технологии измельчения крепких руд. // Черная металлургия. – 2016. – Вып. 1. – С. 70-74. (на русском языке)
10. Eriksson K.-G., Marklund G., Гребенешников А.П., Фищев В.Ю. Развитие систем мельничных футеровок. // Горная промышленность. – 2003. – №1. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Булат А.Ф., Дырда В.И., Карнаухов В.Г. Ұзақ мерзімді циклдік жүктеме кезіндегі термоэластикалық-тұқым қуалайтын денелердің беріктігі. // Қолданбалы механика. – 2019. – Шығ. 55. – №5. – Б. 47-56. (ағылшын тілінде)
2. Вайсберг Л.А., Бортников А.В. Автогенді ұнтақтау XXI ғасырдағы кенді дайындаудың негізгі процесі ретінде. // Горный журнал. – 2002. – №3. – Б. 14-19. (орыс тілінде)
3. Калашников В.А., Головкин Л.Г., Стойко А.В., Дырда В.И., Хмель И.В. Резеңке қапталған шарлы диірмендерде темір рудасының ыдырауы. // Геотехникалық механика: ғылыми жұмыстардың ведомствоаралық жинағы. – 2017. – Шығ. 133. – Б. 90-102. (орыс тілінде)
4. Калашников В.А., Головкин Л.Г., Дырда В.И., Агальцов Г.Н. Шарлы рудаларды ұнтақтайтын диірмендердің энергияны үнемдейтін резеңке төсемдерін жасаудың кейбір мәселелері. // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2019. – №8. – Б. 46-49. (орыс тілінде)
5. Дырда В.И., Калашников В.А., Құлмақ И.В. Резеңке қапталған шарлы диірмендерде кенді ыдыратудың энергия үнемдейтін ES-технологиясы. // Қара металлургия. – 2014. – Шығ. 2(1370). – Б. 22-26. (орыс тілінде)
6. Дырда В.И. Серпімді тұқым қуалайтын орталардың толқынды абразивті-қажу тозу теориясы. // Геотехникалық механика: ғылыми жұмыстардың ведомствоаралық жинағы. – 2013. – Шығ. 113. – Б. 133-144. (орыс тілінде)
7. Дырда В.И., Калашников В.А., Хмель И.В., Калганков Е.В. Минералды шикізатты резеңке төсеммен шарикті диірмендерде ұсақтау кинетикасы. // Геотехникалық механика: ғылыми жұмыстардың ведомствоаралық жинағы. – 2013. – Шығ. 113. – Б. 89-96. (орыс тілінде)
8. Дырда В.И., Калашников В.А. Кенді ұнтақтайтын диірмендердің қорғаныш төсемінің эволюциясы. // Геотехникалық механика: ғылыми жұмыстардың ведомствоаралық жинағы. – 2014. – Шығ. 116. – Б. 93-104. (орыс тілінде)
9. Калашников В.А., Головкин Л.Г., Дырда В.И., Стойко А.В., Құлмақ И.В. Күшті кендерді ұсақтауға арналған жаңа ресурстар мен энергияны үнемдеу технологиясындағы шарлы диірмендердің резеңке төсемдері. // Қара металлургия. – 2016. – Шығ. 1. – Б. 70-74. (орыс тілінде)
10. Eriksson K.-G., Marklund G., Гребенешников А.П., Фищев В.Ю. Диірмен төсеу жүйелерін дамыту. // Тау-кен өндірісі. – 2003. – №1. (орыс тілінде)

REFERENCE

1. Bulat A.F., Dyrda V.I., Karnaukhov V.G. Durability of Thermoviscoelastic Bodies Under Long-Term Cyclic Loading // *Int. Appl. Mech.* – 2019. – V. 55. – P. 495-503. (in English) <https://doi.org/10.1007/s10778-019-00971-1>
2. Vaysberg L.A., Bortnikov A.V. Autogenous grinding as the main process of ore preparation in the XXI century. // *Mining journal.* – 2002. – №3. – P. 14-19. (in Russian)
3. Kalashnikov V.A., Golovko L.G., Stoiko A.V., Dyrda V.I., Khmel I.V. Disintegration of iron ore in ball mills with rubber lining. // *Geo-Technical Mechanics.* – 2017. – №133. – P. 90-102. (in Russian)
4. Kalashnikov V.A., Golovko L.G., Dyrda V.I., Ahaltsov H.M. Some problems of creating energy-saving rubber linings of ball-grinding mills. // *Mining Journal of Kazakhstan.* – 2019. – №8. – P. 46-49. (in Russian)
5. Dyrda V.I., Kalashnikov V.A., Khmel I.V. Energy-saving ES-technology for disintegration of ores in ball mills with rubber lining. // *Ferrous metallurgy.* – 2014. – №2(1370). – P. 22-26. (in Russian)
6. Dyrda V.I. The theory of the wave are abrasive fatigue wear are elastic hereditary environments. // *Geo-Technical Mechanics.* – 2014. – №113. – P. 133-144. (in Russian)
7. Dyrda V.I., Kalashnikov V.A., Hmel I.V., Kalgankov Ye.V. Kinetics of grinding mineral raw materials in a ball rubber lined mill. // *Geo-Technical Mechanics.* – 2013. – №113. – P. 93-104. (in Russian)
8. Dyrda V.I., Kalashnikov V.A. Evolution of protective linings for the ore-grinding mills. // *Geo-Technical Mechanics.* – 2014. – №116. – P. 93-103. (in Russian)
9. Dyrda V.I., Kalashnikov V.A., Khmel I.V. Rubber lining of ball mills in a new resource and energy-saving technology for grinding hard ores. // *Ferrous metallurgy.* – 2016. – №1(1393). – P. 70-74. (in Russian)
10. Eriksson K.-G., Marklund G., Grebeneshnikov A.P., Fishchev V.Yu. Development of mill lining systems. // *Mining industry.* – 2003. – №1. (in Russian)

Сведения об авторах:

Калашников В.А., инженер, директор Общества с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Валса-ГТВ» (г. Белая Церковь, Украина), v.kalashnikov@valsa-nvp.com

Головко Л.Г., главный инженер Общества с ограниченной ответственностью «Валса-ГТВ» (г. Белая Церковь, Украина), chief.eng@valsa-gtv.com

Дырда В.И., д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом механики эластомерных конструкций горных машин Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (г. Днепр, Украина), vita.igtm@gmail.com

Азальцов Г.Н., инженер, младший научный сотрудник отдела механики эластомерных конструкций горных машин Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (г. Днепр, Украина), ag.gena@gmail.com

Калганков Е.В., магистр, старший преподаватель кафедры «Надежность и ремонт машин» Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета (г. Днепр, Украина), zhenya_dnepr@ukr.net

Авторлар туралы мәлімет:

Калашников В.А., инженер, «Ғылыми-өрдiрiстiк кәсiпорын VALSA GTV» Жауапкершiлiгi шектеулi серiктестiк директоры (Белая Церковь к., Украина), v.kalashnikov@valsa-nvp.com

Головко Л.Г., инженер, «Ғылыми-өрдiрiстiк кәсiпорын VALSA GTV» Жауапкершiлiгi шектеулi серiктестiк бас инженерi (Белая Церковь к., Украина), chief.eng@valsa-gtv.com

Дырда В.И., техникалық ғылым докторы, профессор, Н.С. Поляков атындағы Украина Ұлттық ғылым академиясының геотехникалық механика институты, Тау-кен машиналарының эластомерлік құрылымдарының механикасы кафедрасының менгерушісі (Днепр к., Украина), vita.igtm@gmail.com

Азальцов Г.Н., инженер, Н.С. Поляков атындағы Украина Ұлттық ғылым академиясының геотехникалық механика институты, Тау-кен машиналарының эластомерлік құрылымдарының механикасы бөлімінің кіші ғылыми қызметкері (Днепр к., Украина), ag.gena@gmail.com

Калганков Е.В., шебер, Днепр мемлекеттік аграрлық-экономикалық университеті, «Машиналардың сенімділігі және жөндеуі» кафедрасының аға оқытушысы (Днепр к., Украина), zhenya_dnepr@ukr.net

Information about the authors:

Kalashnikov V.A., Master of Science, Director of the Research and Production Enterprise Valsa-GTV Ltd. (Bila Tserkva, Ukraine), v.kalashnikov@valsa-nvp.com

Golovko L.G., Master of Science, Chief Engineer of the Research and Production Enterprise Valsa-GTV Ltd. (Bila Tserkva, Ukraine), chief.eng@valsa-gtv.com

Dyrda V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head at the Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines of the Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov NAS of Ukraine (Dnipro, Ukraine), vita.igtm@gmail.com

Ahaltsov H.M., Master of Science, Junior Researcher at the Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov NAS of Ukraine (Dnipro, Ukraine), ag.gena@gmail.com

Kalhanikov Ye.V., Master of Science, Senior Lecturer at the Department «Reliability and Repair of Machinery» of the Dnipro State Agrarian and Economic University (Dnipro, Ukraine), zhenya_dnepr@ukr.net

Код МРНТИ 34.35.51

К.Б. Рысбеков¹, К. Усен², Г.А. Муқанова³, Ы. Жакыпбек¹

¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

²Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Институт ботаники и фитомелиорации» (г. Алматы, Казахстан)

³Казахский национальный университет им. Аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ ОТВАЛОВ

Аннотация. В статье приведены результаты исследования степной растительности месторождения Родниковое, Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного производственного объединения и Донского горно-обогатительного комбината, а также прилегающих к ним территории, расположенных на востоке и севере Казахстана. Для составления списка потенциальных видов – фитомелиорантов, пригодных для осуществления биологического этапа рекультивации техногенно нарушенных земель степной зоны Казахстана, проведен анализ литературных источников и материалов собственных полевых наблюдений. Описан ход проведения фитомелиоративных работ на территории Донского ГОК и обосновано проведение производственного мониторинга состояния растительности.

Ключевые слова: рельеф, мониторинг, месторождение, отвал, рекультивация, фитомелиорация, растения, доминанты.

Дала өсімдікжабынын зерттеу нәтижелері және үйінділердің фитомелиорациясы

Аңдатпа. Мақалада Қазақстанның шығысы мен солтүстігінде орналасқан Родниковое кенорнының, Соколов-Сарыбай кенбайыту өндірістік бірлестігінің, Дөң кен байыту комбинатының және оларға іргелес территориялардың далалық өсімдікжабынын зерттеу нәтижелері келтірілген. Әдеби көздерді саралау, бұрын жүргізілген және өзіміз жүргізген далалық зерттеулердің нәтижелерін талдау арқылы Қазақстанның дала белдеміндегі техногенді бұзылған жерлерде рекультивацияның биологиялық кезеңінде пайдалануға жарамды фитомелиорант-өсімдіктер тізімі жасалды. Дөң кен байыту комбинаты территориясындағы фитомелиоративтік жұмыстар жүргізілуі сипатталып, өсімдікжабынның күйіне өндірістік мониторинг жүргізу мәселесі негізделді.

Түйінді сөздер: рельеф, мониторинг, кенорны, үйінді, рекультивация, фитомелиорация, өсімдіктер, доминанттар.

Results of the study of steppe vegetation and phytomelioration of dumps

Abstract. The article presents the results of a study of the steppe vegetation of the Rodnikovoe Deposit, the Sokolov-Sarbay mining and processing production Association and the don mining and processing plant, as well as the adjacent territories located in the East and North of Kazakhstan. Based on the results of the study of literature sources, analysis of previous research and own field observations, a list of potential phytomeliorant species suitable for the biological stage of reclamation of technogenic disturbed lands of the steppe zone of Kazakhstan has been compiled. The article describes the progress of phytomelioration works on the territory of the don GOK and justifies the conduct of industrial monitoring of the vegetation condition.

Key words: terrain, monitoring, deposit, dump, reclamation, phytomelioration, plants, dominants.

Введение

Развитие науки и техники, являющееся решающим фактором роста производства, неизбежно воздействует на окружающую среду. Взаимодействие человека и природы особо остро проявляется в экологических проблемах горнодобывающей промышленности. В горнодобывающую промышленность входит множество отдельных производств, осуществляющих разработку полезных ископаемых: угля, глины, асбеста, слюды, графита, калиевого полевого поташа, известняка, алмазов, урановой и железной руды, благородных и базовых металлов, а также всевозможных минеральных материалов, применяющихся в строительстве [1].

Открытая разработка месторождений оказывает прямое и косвенное воздействие на природные ландшафты. Непосредственно при ведении вскрышных и добычных работ происходит разрушение и

преобразование ландшафтов процессами техногенной денудации и аккумуляции при прямом влиянии горных разработок [2]. В результате косвенного воздействия открытых разработок загрязняются природные объекты территории токсичными выбросами и загрязнителями, рассеивающимися при эрозии отвалов вскрышных пород и обогащения добываемого сырья. С учетом масштаба и особенностей воздействия на природную среду освоения месторождения можно считать, что открытые горные работы являются важными элементами территориально-социально-экономических систем и во многом определяют региональные особенности их функционирования [3].

Хозяйственная деятельность человека со второй половины прошлого века значительно изменила природные ландшафты Северного и Восточного Казахстана. Практически сплошная распашка земель

в северных и восточных районах, огромные площади открытых карьеров, геологическая разведка, отвалы и отстойники с токсичными отходами обогатительных фабрик – вот основные результаты антропогенного воздействия на природную среду вышеуказанных регионов.

Дальнейшее освоение богатств регионов приводит к практически полному уничтожению многих типичных и уникальных ландшафтов, природных объектов, ценных в научном, эстетическом, образовательном, хозяйственном, рекреационном отношениях и огромные площади земель переходят в категорию непригодных. Если не принять экстренных мер по сохранению природного разнообразия регионов, то возможности их восстановления окажутся минимальными.

Для стабилизации условий окружающей среды, которая является важной социально-экономической задачей, необходимо проведение

рекультивации техногенно нарушенных земель, т. е. комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности нарушенных промышленностью территорий с последующим возвращением их в народно-хозяйственное пользование, состоящий из двух этапов – горно-технического и биологического.

Вопросами рекультивации нарушенных промышленностью земель, расположенных в различных природно-климатических зонах, ученые Казахстана начали заниматься со второй половины прошлого столетия. Работы по восстановлению нарушенных земель проводились в угольных бассейнах Караганды и Экибастуза, Павлодар-Экибастузском промышленном центре, в Кустанайской области, Соколовско-Сарбайском железнорудном месторождении, Лисаковском и Качарском рудных комбинатах, Тургайском бокситовом месторождении [4-6].

Рекультивационными работами занимаются институт почвоведения им. У.У. Успанова, Институт ботаники и фитоинтродукции, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева и другие НИИ.

Для проведения биологического этапа рекультивации нарушенных земель первостепенное значение имеет изучение растительных сообществ, выявление доминантных видов и потенциальных фитомелиорантов местной флоры, устойчивых к комплексу своеобразных экологических условий техногенных образований. Для выбора направления биологического этапа рекультивации техногенно нарушенных земель степной зоны Казахстана нами проводились исследования современного состояния растительности месторождения Родниковое Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного производственного объединения (ССГПО) и Донского горно-обогатительного комбината (ДГОК), а также прилегающих к ним территорий, расположенных на востоке и севере Казахстана.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования является растительность нарушенных земель при открытой разработке:

- участка Белая горка месторождения Родниковое, расположенного на севере Кокпектинского района Восточно-Казахстанской области;
- территории ССГПО, расположенной в пределах города Рудного Кустанайской области;
- территории Донского ГОК, расположенной в г. Хромтау Актюбинской области.

Изучение состава и структуры растительности промышленных отвалов и прилегающих территорий проводилось с использованием традиционных методов полевых геоботанических исследований¹ [7-9], включающих:

- геоботаническое описание основных растительных сообществ;
- ландшафтно-экологическое профилирование.

Таксономическая принадлежность растений устанавливалась с помощью определителей растений, казахские названия растений установлены по книге С.А. Арыстангаалиева и Е.Р. Рамазанова «Растения Казахстана»^{3,4}.

Результаты исследований

Описание растительных сообществ, распространенных на техногенно нарушенных землях и прилегающих к ним территориях проводилось для изучения состава и структуры растительности с последующим выявлением перспективных видов

растений, пригодных для биологического этапа рекультивации.

Участок Белая горка месторождения Родниковое расположен на отрогах Калбинского хребта, который сливается с Центральным Казахским мелкосопочником. Прилегающая к месторождению территория исследования характеризуется степной растительностью с подтипами опустыненных, сухих и луговых степей, лугами и зарослями кустарников. Широко распространены степные злаки и разнотравье (овсяница валезийская, типчак (*Festuca valesiaca*), овсец алтайский (*Helictotrichon altaicum*), виды ковыля, тонконог алтайский (*Coeleria altaica*), виды астрагала, подмаренники, горцы, пион Марьин корень (*Paeonia anomala*) и другие). Сухостепная растительность приуроченная к темно-каштановым почвам распространена на пологих склонах низкогорий на высоте 600-900 м. Растительный покров слагают типчак-ковыльные с кустарниками и разнотравьем сообщества, состоящие из дерновинных злаков – типчака, тырсы (*Stipa capillata*), ковыля Лессинга (*Stipa lessingiana*). К ним местами примешиваются и другие степные злаки и разнотравье – тонконог, овсец, зизифора пахучковидная (*Ziziphora clinopodioides*), пион Марьин корень, лапчатки (*Potentilla*), подмаренники, ирис кожистый (*Iris scariosa*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), гвоздика жесткая (*Dianthus rigidus*), шалфей степной (*Salvia stepposa*) и другие (рис. 1).



дерновиннозлаково-разнотравные с кустарниками сообщества



дерновиннозлаковое сообщество

Рис. 1. Фоновые сообщества прилегающей территории. Сурет 1. Іргелес аумақтың фондық қауымдастығы. Figure 1. Background communities of the surrounding area.

¹Полевая геоботаника. – М.-Л.: Наука, 1959-1976. – В 5 томах. – Т. 1. – 498 с.; Т. 2. – 500 с.; Т. 3. – 530 с.; Т. 4. – 336 с.; Т. 5. – 320 с.

²Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата: 1969-1972. – Т. 1-2.

³Арыстангаалиев С.А., Рамазанов Е.Р. Қазақстан өсімдіктері. – Алматы: Ғылым баспасы, 1977. – 288 б.

Фоновыми растениями сухих степей, кроме дерновинных злаков, являются карагана кустарник (*Caragana frutex*) и таволга зверобоелистная (*Spirea hypericifolia*),

которые получили повсеместное распространение.

По повышенным элементам межсочных долин и на юго-восточных склонах мелкосопочника

развиты опустыненные степи, состоящие из дерновиннозлаковых и типчаково-ковыльно-полынных сообществ, приуроченные к малоразвитым темно-каштановым почвам. Доминантами сообществ являются ковыли, типчак, тонконог и по каменистым местам, полыни холодная и тонковатая (*Artemisia frigida*, *A. gracilescens*). В составе травостоя в значительном обилии присутствуют овсец и разнотравье – подмаренники, люцерна (*Medicago*), тысячелистник, шалфей, эспарцет (*Onobrychis*) и другие. Встречаются единичные кусты караганы и таволги.

По склонам северо-западной экспозиции и по понижениям межсочных долин развиты луговые степи с доминированием луговых злаков и разнотравья (мятлики (*Poa*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), костер (*Bromopsis*), пырей (*Agropyron*) пион марьин корень, лапчатка (*Potentilla*), подмаренник, ирис, сердечница (*Cardaria*), сурепка, тысячелистник, гвоздика и другие с некоторым участием степных злаков, приуроченных к лугово-каштановым почвам.

На межсочных понижениях доминируют сообщества луговых злаков и разнотравья – виды мятлика, пырей, тимopheевка, ежа, вейник, волоснец, тысячелистник, пион, лапчатка, сурепка, молочай, дымнянка и другие с некоторым участием в травостое вышеперечисленных кустарников. Кроме широко распространенных караганы и таволги, которые образуют кустарниково-злаково-разнотравные сообщества, встречаются мезофитные кустарники – шиповники, жимолость, кизильник и другие. Они по ложбинам и иногда по склонам северо-западных экспозиции образуют сплошные заросли и кустарниково-разнотравно-злаковые с осокой сообщества.

На территории месторождения имеются два участка со складированным поверхностным слоем почвы, один из которых имеет вид бугра неправильной формы с невыровненной поверхностью. Происходят сукцессионные процессы, растительный покров прошел бурянистую стадию развития и состоит из растительных группировок



Рис. 2. Растительные микрогруппировки отвалов.
Сурет 2. Үйіндінің өсімдіктік микротобы.
Figure 2. Plant microgroups of dumps.

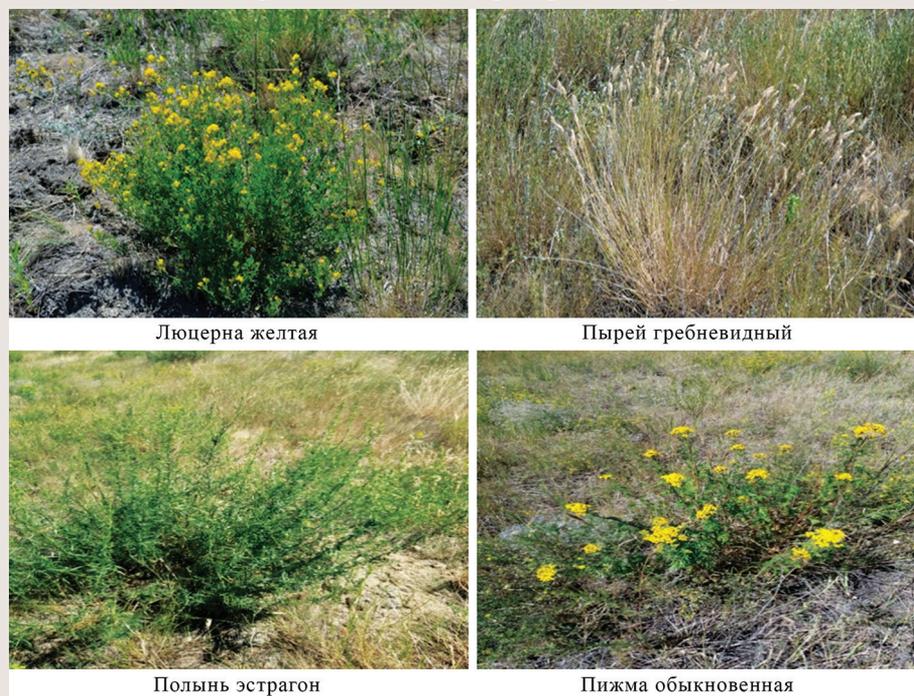


Рис. 3. Некоторые потенциальные фитомелиоранты из местной флоры.
Сурет 3. Жергілікті флорадағы кейбір потенциалды фитомелиоранттар.
Figure 3. Some potential phytomeliorants of the local flora.



Рис. 4. Растительные сообщества отвала.
Сурет 4. Үйіндінің өсімдік қауымдастығы.
Figure 4. Plant communities of the dump.

естественной и рудеральной флоры, единичных кустарников. На втором участке складирование поверхностного слоя почвы проведено после планировки. Форма данного искусственного платообразного участка напоминает форму участка со складированной рудой для кучного выщелачивания. Растительность выровненной искусственной платообразной вершины характеризуется мозаичным распределением многочисленных растительных микрогруппировок. Встречаются некоторые участки с уже сформированными фитоценозами. По крутым склонам искусственного платообразного участка произрастают единичные кусты таволги, караганы, жимолости, на северо-западном подножии участка – сплошные заросли ивы. На нарушенных местообитаниях господствует сердечница, к ней примешиваются разнотравье и злаки, в сложении травостоя также участвуют другие индикаторы нарушенности – зопник и бурячок (рис. 2).

Растительность прилегающей к отвалам ССГПО территории отличается высоким проективным покрытием (90-100%), с небольшим преобладанием злаков над разнотравьем и некоторым участием полыни австрийской. В сложении травостоя злаково-разнотравных с полынью сообществ, приуроченных к черноземам южным доминируют злаки – вейник наземный (*Dactylis glomerata*), пырей ползучий (*Agropyron repens*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*); субдоминантами выступают многочисленные виды разнотравья – люцерна, лапчатка, подмаренники настоящий и цепкий, ирис, сердечница (*Cardaria*), сурепка, тысячелистник, вьюнок (*Convolvulus*), гвоздика, чина клубненосная (*Lathyrus tuberosus*), люцерна желтая (*Medicago falcata*), клевер пятилистый (*Trifolium lupinaster*), горошек мышиный (*Vicia cracca*) и другие.

По повышенным элементам рельефа распространены преимущественно разнотравно-дерновинно-злаковые с полынью сообщества. В сложении травостоя принимают участие степные травы – люцерна желтая, тысячелистник обыкновенный,

пижма тысячелистниковая, горошек мышиный, качим метельчатый, грудница татарская, бессмертник, астрагалы и другие. Основу травостоя составляют дерновинные злаки: ковыль красноватый и типчак. По пониженным элементам рельефа, на более увлажненных местообитаниях развиты австрийскополынно-разнотравно-грубостебельнозлаковые с кустарниками сообщества. Доминантами травостоя сообществ являются грубостебельные злаки: тростник (*Fragmites austriaca*), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*), разнотравья состоит из вышеперечисленных степных трав. Из полыней, кроме австрийской, местами встречаются также полынь эстрагон (*Artemisia dracuncululus*). Из разнотравья во флоре проектной территории представлены хозяйственно ценные и другие виды, среди них кормовые растения: чина клубненосная, люцерна желтая, клевер пятилистый, горошек мышиный (*Vicia cracca*), житняк (*Agropyron cristatum*), лисохвост (*Alopecurus pratensis*),

кострец (*Bromopsis inermis*), вейник (*Calamagrostis epigeios*), пырей ползучий, овсяница луговая (*Festuca pratensis*) гвоздика, молочай, солонечник и синюха.

По бортам отвалов произрастают различные виды деревьев и кустарников: береза пониклая (*Betula pendula*), клен ясенелистный (*Acer negundo*), ива пепельно-серая (*Salix cinerea*) карагана кустарник, шиповник колючейший (*Rosa spinosissima*), таволга, кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpata*), лох (*Eleagnus jxycarpa*), облепиха (*Hippophae rhamnoides*), некоторые из которых были посажены ранее в процессе проведения агротехнических мероприятий исследователями. Господствующим типом растительного покрова являются дерновинно-злаковые степи на черноземах обыкновенных, где доминируют ковыли: красноватый (*Stipa rubens*) и Залесского (*S. Zaleskyi*), типчак (*Festuca valesiaca*). Значительное участие принимает житняк (*Agropyron fragile*), к нему



дерновиннозлаковое сообщество у дороги



самозрастающий борт отвала

Рис. 5. Растительность Донского ГОК.
Сурет 5. Дон кен-байыту кешенінің өсімдікжабыны.
Figure 5. Vegetation of the Don GOK.



ручная вспашка участка



подготовленный для посева участок

Рис. 6. Экспериментальный фитомелиоративный участок.
Сурет 6. Тәжірибелік фитомелиоративті жер телімі.
Figure 6. Experimental phytomeliorative site.

Таблица 1

Список потенциальных видов-фитомелиорантов

Кесте 1

Әлеуетті фитомелиорант түрлердің тізімі

Table 1

List of potential phytomeliiorant species

Название растений			Жизненная форма
Казахское	Русское	Латинское	
Ақ түйежоңышқа	Донник белый	Melilotus albus	Травы
Арпалар	Виды ячменя	Hordeum	Травы
Беделер	Клеверы	Trifolium	Травы
Бидайықтар	Виды пырея	Agropyron	Травы
Бұта қараған	Карагана кустарник	Caragana frutex	Кустарники
Жатаған изен	Кохия простертая	Kochia prostrata	Полукустарники
Жусандар	Полыни	Artemisia	Полукустарники
Итшомырт шырғанақ	Облепиха	Hippophae rhamnoides	Кустарники
Кәдімгі бетеге	Типчак	Festuca valesiaca	Травы
Кәдімгі түймешетен	Пижма	Tanacetum vulgare	Травы
Қаулар	Ковыли	Stipa	Травы
Қотыр қайың	Береза повислая	Betula pendula	Деревья
Раушандар	Шиповники	Rosa	Кустарники
Сібір қияғы	Волоснец сибирский	Leymus sibiricum	Травы
Судан құмайы	Суданка	Sorghum sudanense	Травы
Талдар	Ивы	Salix	Деревья
Түлкіқұйрықтар	Виды лисохвоста	Alopecurus	Травы
Үйеңкілер	Клены	Acer	Деревья
Үшкіржемісті жиде	Лох	Elaeagnus oxycarpa	Деревья
Шайқурай тобылғы	Таволга зверобоелисная	Spiraea hypericifolia	Кустарники
Шығыр ақмамық	Бескильница расставленная	Puccinella distans	Травы
Ырғайлар	Кизильник	Cotonoaster	Кустарники
Эспарцеттер	Эспарцеты	Onobrychis	Травы

примешиваются овсец пустынный (*Helictotrichon desertorum*) и разнотравье. Выявлены потенциальные фитомелиоранты из состава местной флоры (рис. 3).

На отвалах характерно развитие зарослей кустарников по низинам и западинам. Развитие зарослей лоха вдоль побережья озера, образованного городским стоком указывает на засоленность и полугидроморфность почв. По склонам восточной и юго-восточной экспозиции отвала сформировались житняково-разнотравно-злаковые и житняково-мятликово-разнотравные сообщества. Растительность сообществ слагают житняк гребневидный, мятлик луковичный, степное разнотравье и злаки. Местами на более увлажненных низинах доминирует тростник, встречаются единичные кустарники.

Растительность плоского платообразного отвала в основном состоит из сформировавшихся путем самозараствания сообществ. Доминируют сообщества степных и грубостебельных злаков с участием разнотравья (рис. 4).

По истечении 60 лет после образования отвала можно заключить, что естественная зональная растительность почти восстановлена: в растительном покрове преобладают зональные степные злаки и разнотравье, исключение составляют искусственно образованные отрицательные элементы рельефа, где наблюдается мозаичность ввиду разности экологических условий местообитания.

Территория Донского ГОК и прилегающие территории расположены в степной зоне, в подзоне сухих разнотравных степей. Несмотря на

значительное разнообразие встречающихся растений, доминантой травостоя прилегающих территорий является большое число видов, относящихся в основном к дерновинным злакам и кустарникам. Среди дерновинных злаков эдификаторами степных сообществ на темнокаштановых почвах являются ковыль-волосатик, тырсик, ковылок, типчак; из полукустарников – это, главным образом, виды полыни; из солянок – изень. Самыми распространенными на всей территории являются тырсиковые и типчаковые сообщества, среди которых встречаются таволговые сообщества и его заросли. Важную роль в сложении травостоя играют сложноцветные, прежде всего, полыни – узкодольчатая, Лерховская, кустарниковая и черная. Они являются доминантами,

субдоминантами как на зональных, так и на интразональных почвах. Среди ковыльных и типчаковых степей встречаются таволговые сообщества, которые характерны для территории горно-обогатительного комбината. Хотя они и не занимают больших площадей, но создают общий аспект закустаренной степи.

Основными жизненными формами являются многолетние травы, полукустарники, кустарники. В благоприятные по климатическим условиям годы обильно развиваются по всем элементам рельефа эфемеры и эфемероиды. Основной фон растительности территории Донского ГОК создают ковыли, типчак, полыни, иногда к ним примешиваются грудница татарская и наголоватка многоцветковая.

Наиболее угнетенное состояние растительности наблюдается в районе местоположения хвостохранилища, вокруг которого территория значительно нарушена строительством и техногенным процессом. Преимущественное расположение нарушенных площадей в непосредственной близости к жилому массиву г. Хромтау предопределяет необходимость проведения мер по их облагораживанию.

По результатам изучения литературных источников, анализа ранее проведенных исследований и собственных полевых наблюдений составлен список потенциальных видов – фитомелиорантов для проведения биологического этапа рекультивации техногенно нарушенных земель степной зоны Казахстана (табл. 1).

Для выявления приживаемости фитомелиорантов авторами осенью 2019 г. проводились экспериментальные фитомелиоративные работы на отвале с нанесенным потенциально плодородным слоем почвы Донского ГОК. Общая площадь экспериментального участка 25 м² (рис. 5, 6). Для посева были выбраны семена адаптированных к местным условиям растений из Актюбинского лесного питомника. После ручной вспашки на экспериментальном участке производился посев семян суданки на 5 м², житняка – на 7 м², ячменя – 13 м². По бортам отвала были

посажены саженцы вяза широколистного и клена татарского: 8 и 7 экземпляров соответственно (рис. 7).

После проведения посева и посадки был произведен полив саженцев и семян, повторные поливы

проводились через каждые три дня в течение последующих двух недель. Проведение мониторинговых исследований по приживаемости фитомелиорантов намечены на период вегетации 2020 г.

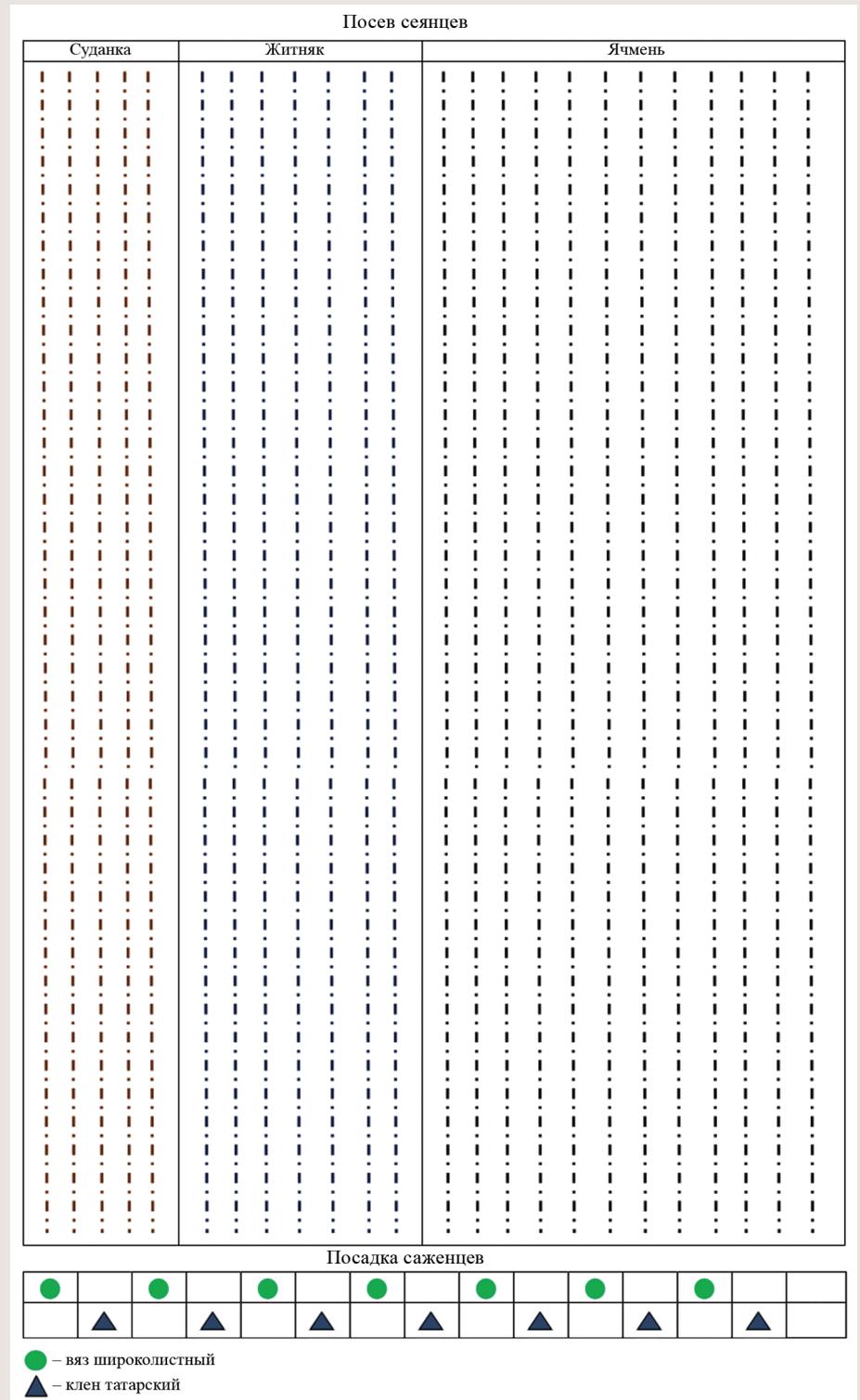


Рис. 7. Карта-схема экспериментального участка по фитомелиорации.

Сурет 7. Фитомелиорациялық эксперименттік учаскенің карта-схемасы.

Figure 7. Map-scheme of the experimental site for phytomelioration.

Заключение

Растительность испытывает влияние не только природных факторов, но и постоянно возрастающего давления комплексной техногенной нагрузки. По мере приближения к городской и промышленной зонам возрастают нагрузки на растительный покров, снижается его видовое обилие, происходит замещение типично степных видов сорными растениями. Вблизи источников пылегазовых выбросов растения в наибольшей степени подвержены постоянному их воздействию. Листья деревьев и кустарников, вегетирующих более продолжительное время, чем травы, накапливают значительное количество пыли и, соответственно, различных элементов в течение теплого времени года.

Проведенными исследованиями в пределах техногенно нарушенных земель степной зоны выявлено, что в составе растительности доминируют степные злаки, к которым в разной степени примешивается степное разнотравье. Характерные для степной зоны виды растений являются также дикими сородичами зерновых и бобовых культур, которые культивируются в поливном и богарном земледелии.

Составлен список потенциальных видов-фитомелиорантов, состоящий из представителей 23 родов растений, пригодных для осуществления биологического

этапа рекультивации техногенно нарушенных земель севера и востока Казахстана.

Выявлено, что основными неблагоприятными свойствами пород отвалов являются высокая каменистость, сильнощелочная среда раствора, наличие растворимых солей и низкая обеспеченность элементами минерального питания растений. Кроме того, специфические условия субстратов усугубляются жесткими климатическими условиями района. Особенно большую роль играет дефицит влаги, обостряющийся во время вегетационного периода.

На всех исследованных территориях проводится только технический этап рекультивации, отвалы которых оставляются для самозарастания без проведения каких-либо агротехнических мероприятий. Как известно, самозарастание отвалов сопровождается длительными многолетними сукцессионными процессами, на которые влияют кроме эдафических факторов и природно-климатические условия региона.

Общеизвестно, что рекультивация земель предполагает проведение также биологического этапа рекультивации, на наш взгляд, из-за экономических трудностей периода становления государственности, биологический этап рекультивации в стране был игнорирован, что продолжается и в настоящее время.

Республика Казахстан является членом многих международных природоохранных Конвенций, поэтому настало время в предписания по рекультивации земель для добывающих предприятий обязательно включать биологический этап.

Предприятия сами выбирают объекты производственного мониторинга. Промышленными предприятиями проводится производственный мониторинг состояния атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод, но изучением состояния растительности не занимается ни одно из предприятий. По-видимому, это связано с отсутствием компетентных специалистов. Однако общеизвестно, что живые компоненты экосистем – растительность и животные – чутко реагируют на малейшие изменения среды обитания. Если животные при возникновении проблем для их жизнедеятельности покидают места обитания, то растения остаются, и любое влияние отражается на составе и структуре растительности, что приводит к морфологическим и анатомическим изменениям видов. Поэтому нами предлагается включить в мероприятия производственного мониторинга изучение влияния промышленности на состояние растительности, что повысит возможность своевременного выявления отрицательного влияния промышленности на окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сандибеков М.Н. Изучение состояния разрабатываемых земель на открытых горных разработках и их рекультивация. // Научно-техническая интернет-конференция «Инновационное развитие ресурсосберегающих технологий добычи и переработки полезных ископаемых»: сборник рефератов. – Petroşani (Romania): Universitas Publishing, 2018. – С. 79-81. (на английском языке)
2. Калыбеков Т., Сандибеков М.Н., Рысбеков К.Б., Жакыпбек Ы. Изучение состояния и рекультивации техногенно нарушенных земель на открытых горных работах. // Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Союзные научные новости». – Прага: Образование и наука. – 2018. – Вып. 5. – С. 18-25. (на русском языке)
3. Калыбеков Т., Муртазаев М.А., Сандибеков М.Н., Рысбеков К.Б. Изучение опыта рекультивации нарушенных земель на открытых разработках. // Сборник публикаций научного журнала «Chronos» по материалам XXIV Международной научно-практической конференции. – М: Chronos, 2018. – Ч 1. – С. 22-30. http://chronos-journal.ru/archive/new/Chronos_multi_may_2018_part_I.pdf (на английском языке)
4. Куприянов А.Н. Ассортимент растений для некоторых типов техногенного элювия Карагандинского угольного бассейна. – В кн. «Богатство флоры – народному хозяйству». – М., 1979. – С. 341-343. (на русском языке)

5. Куприянов А.Н., Жолтиков А.А. Режим влажности пород вскрыши Карагандинского угольного бассейна. – В кн. «Молодые ученые – науке Казахстана». – Караганда, 1980. – С. 132-133. (на русском языке)
6. Ситникова А.С., Куприянов А.Н. Опыт биологической рекультивации земель в Центральном Казахстане. // Восстановление техногенных ландшафтов: тезисы докладов областной научно-практической конференции. – Караганда, 1984. – С. 4-6. (на русском языке)
7. Калыбеков Т., Сандибеков М.Н., Рысбеков К.Б., Жакыпбек Ы. Изучение принципов создания искусственного растительного покрова на техногенно нарушенных горными работами территориях. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2018. – №9. – С. 68-72. (на русском языке)
8. Корчагин А.А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения. // Полевая геоботаника. – М.-Л., 1964. – Т. 3. – С. 39-60. (на русском языке)
9. Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах. // Полевая геоботаника. – М.-Л., 1964. – Т. 3. – С. 209-237. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сандибеков М.Н. Ашық тау-кен қазбаларында өндірілетін жерлердің жай-күйін зерттеу және оларды барлау. // «Пайдалы қазбаларды өндіруге және оңдеуге арналған ресурстарды үнемдейтін технологиялардың инновациялық дамуы» ғылыми-техникалық интернет-конференция: рефераттар жинағы. – Petroșani (Romania): Universitas Publishing, 2018. – Б. 79-81. (ағылшын тілінде)
2. Калыбеков Т., Сандибеков М.Н., Рысбеков К.Б., Жакыпбек Ы. Ашық тау-кен жұмыстарында техногенді бұзылған жерлердің жағдайын рекультивациялауды зерттеу. // «Одақ ғылыми жаңалықтары» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. – Прага: Білім және ғылым, 2018. – Шығ. 5. – Б. 18-25. (орыс тілінде)
3. Калыбеков Т., Муртазаев М.А., Сандибеков М.Н., Рысбеков К.Б. Ашық тау-кен қазбаларындағы бұзылған жерлерді қайта қалпына келтіру. // XXIV Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары негізінде «Chronos» ғылыми журналының Жарияланымдар жинағы. – М: Chronos, 2018. – Бөлім 1 – Б. 22-30. (ағылшын тілінде). http://chronos-journal.ru/archive/new/Chronos_multi_may_2018_part_1.pdf
4. Куприянов А.Н. Қарағанды көмір бассейнінің техногенді элювиінің кейбір түрлері үшін өсімдік жамылғысының түржинағы. – Ф.: Халық шаруашылығына флораның байлығы. – М., 1979. – Б. 341-343. (орыс тілінде)
5. Куприянов А.Н., Жолтиков А.А. Қарағанды көмір бассейні аршылым жыныстарының ылғалдылық режимі. – Ф.: Жас ғалымдар-Қазақстан ғылымына. – Қарағанды, 1980. – Б. 132-133. (орыс тілінде)
6. Ситникова А.С., Куприянов А.Н. Орталық Қазақстандағы жерлерді биологиялық қайта қалпына келтірудің тәжірибесі // Техногендік ландшафтарды қалпына келтіру: Облыстық ғылыми-практикалық конференцияның тезистері. – Қарағанды, 1984. – Б. 4-6. (орыс тілінде)
7. Калыбеков Т., Сандибеков М.Н., Рысбеков К.Б., Жакыпбек Ы. Тау-кен жұмыстарымен техногенді бұзылған территориялардағы өсімдік жамылғысын жасанды қайта қалпына келтіру принциптерін зерттеу. // Қазақстанның кен журнал. – Алматы, 2018. – №9. – Б. 68-72. (орыс тілінде)
8. Корчагин А.А. Өсімдік қауымдастықтарының түрлік (флоралық) құрамы және оны зерттеу әдістері. // Далалық геоботаника. – М.-Л., 1964. – Т. 3. – Б. 39-60. (орыс тілінде)
9. Понятовская В.М. Табиғи өсімдік қауымдастықтарындағы түрлердің молшылығын және орналастыру ерекшеліктерін есепке алу. // Далалық геоботаника. – М.-Л., 1964. – Т. 3. – Б. 209-237. (орыс тілінде)

REFERENCE

1. Kalybekov T., Rysbekov K.B., Sandibekov M.N. Studying of the condition of the mined lands on open-cast minings and their recultivation. // Scientific and Technical Internet Conference «Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing»: book of abstracts. – Petroșani (Romania): Universitas Publishing, 2018. – P. 79-81. (in English)

2. Kalybekov T., Rysbekov K.B., Sandibekov M.N., Zhakypbek Y. Study of the state and reclamation of technogenic disturbed lands in open-pit mining operations. *Materiály XIV Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aplikované vědecké novinky»*. – Praha: Publishing House «Education and Science». – 2018. – Vol. 5. – P. 18-25. (in Russian)
3. Kalybekov T., Murtazaev M.A., Sandibekov M.N., Rysbekov K.B. Studying the experience of reclamation of disturbed lands in open cast mining. // *Collection of publications of the scientific journal «Chronos» based on the Materials of the XXIV International scientific and practical conference*. – M.: Chronos, 2018. – 1 part. – P. 22-30. (in English) http://chronos-journal.ru/archive/new/Chronos_multi_may_2018_part_I.pdf
4. Kupriyanov A.N. Assortment of plants for some types of technogenic eluvium of the Karaganda coal basin. – In the book «Wealth of flora in the national economy». – M., 1979. – P. 341-343. (in Russian)
5. Kupriyanov A.N., Zholtikov A.A. The moisture regime of the overburden rocks of the Karaganda coal basin. – In the book «Young scientists – the science of Kazakhstan». – Karaganda, 1980. – P. 132-133. (in Russian)
6. Sitnikova A.S., Kupriyanov A.N. Experience of biological land reclamation in Central Kazakhstan. // *Restoration of technogenic landscapes: Abstracts of reports of the regional scientific and practical conference*. – Karaganda, 1984. – P. 4-6. (in Russian)
7. Kalybekov T., Sandibekov M.N., Rysbekov K.B., Zhakypbek Yu. Studying the principles of creating artificial vegetation cover on technologically disturbed territories during mining operations. // *Mining Journal of Kazakhstan*. – Almaty, 2018. – №9. – P. 68-72. (in Russian)
8. Korchagin A.A. The species (floristic) composition of plant communities and methods for its study. // *Field geobotany*. – M.-L., 1964. – Vol. 3. – P. 39-60. (in Russian)
9. Ponyatovskaya V.M. Accounting for the abundance and distribution of species in natural plant communities. // *Field geobotany*. – M.-L., 1964. – Vol. 3. – P. 209-237. (in Russian)

Сведения об авторах:

Рысбеков К.Б., директор Института геологии, нефти и горного дела Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), kanay_r@mail.ru

Усен К., старший научный сотрудник Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Институт ботаники и фитоинтродукции» (г. Алматы, Казахстан), ussen.kapar@mail.ru

Муканова Г.А., старший преподаватель ЮНЕСКО Казахского национального университета им. Аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), gulzhanatmukanova@gmail.com

Жакыпбек Ы., ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), moldir_09@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Рысбеков К.Б., Satbayev University, Геология, Мұнай және Тау-Кен ісі институтының директоры. (Алматы қ., Қазақстан), kanay_r@mail.ru

Усен К., Республикалық Мемлекеттік кәсіпорны шаруашылық жүргізу құқығындағы «Ботаника және фитожерсіндіру институтының аға ғылыми қызметкері», (Алматы қ., Қазақстан), ussen.kapar@mail.ru

Муканова Г.А., Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, ЮНЕСКО аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан), gulzhanatmukanova@gmail.com

Жакыпбек Ы., Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, (Алматы қ., Қазақстан), moldir_09@mail.ru

Information about the authors:

Rysbekov K.B., Director at the Institute of Geology, Oil and Mining of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), kanay_r@mail.ru

Usen K., Republican State Enterprise on the Right of Economic Management «Institute of Botany and Phytointroduction» (Almaty, Kazakhstan), ussen.kapar@mail.ru

Mukanova G.A., senior lecturer of UNESCO of the Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), gulzhanatmukanova@gmail.com

Zhakypbek Y., Associated Professor at the Department of Surveying and Geodesy of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), moldir_09@mail.ru

Статья подготовлена по проекту ГФ МОН РК 2018/АРО5131591.

Код МРНТИ 52.39.29

Е.З. Букаев¹, А.К. Серикбаева¹, Г.К. Муталибова²¹Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова – Yessenov University (г. Актау, Казахстан),²Российский государственный аграрный университет Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОТХОДОВ ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШЕЧНИКА

Аннотация. В статье приведено исследование применения солнечной энергии в изготовлении строительных материалов из отходов известняка-ракушечника. По результатам исследования определено, что Мангыстауский регион располагает большим потенциалом солнечной энергии для использования его в энергоёмких технологиях, в частности, при утилизации отходов известняка-ракушечника в технологии изготовления блочного камня, что показывает необходимость проведения значительных работ по развитию гелиотехники. Предлагаемая технология будет способствовать сокращению количества накапливаемых отходов и улучшению экологической обстановки в регионе. Внешний и внутренний тепломассоперенос является первопричиной возникновения объемных изменений в материале и связанных с ним внутренних напряжений, а также скорости и равномерности формирования структуры бетона по всей его массе.

Ключевые слова: известняк-ракушечник, строительный материал, солнечная энергия, гелиопокрытие, гелиотермообработка, полимерцементная композиция.

Әктас-ұлтас қалдықтарынан құрылыс бұйымдарын жасау өндірісінде күн энергиясын қолдануды зерттеу

Аннотация. Мақалада әктас-ұлтас қалдықтарынан құрылыс материалдарын дайындау өндірісінде күн энергиясын қолдануға талдау жасалынды. Зерттеу талдаулары бойынша, Мангыстау өңірі энергия сыйымды технологияларда, атап айтқанда блокты тасты дайындау технологиясындағы әктас-ұлтас қалдықтарын қолдануға күн энергиясын пайдалану үшін зор әлеуетке ие екендігі анықталынды, бұл гелиотехнологияларды дамыту бойынша маңызды жұмыстардың потенциалына бастамашылық етеді. Ұсынылып отырған технология жинақталатын қалдықтар санының қысқаруына және аймақтағы экологиялық жағдайдың жақсаруына ықпал етеді. Бетондарды жылумен, ылғалмен өңдеу процесінің жетілу дәрежесі мен қарқындылығы, бірінші кезекте сыртқы және ішкі жылу алмасу жағдайына байланысты, өйткені бұл факторлар материалда көлемді өзгерістердің және олармен байланысты ішкі кернеудің пайда болуының бастапқы себебі, сондай-ақ бетон құрылымының оның барлық салмағы бойынша қалыптасуының жылдамдығы мен біркелкілігі болып табылады.

Түйінді сөздер: әктас-ұлтас, құрылыс материалы, күн энергиясы, гелиожабын, гелиотермиялық өңдеу.

Study application of solar energy in the manufacture of construction products from waste limestone-shell

Abstract. This article analyzes the use of solar energy in the production of building materials from waste limestone-shell. The analysis of the study shows that the Mangystau region has a huge potential for solar energy to be used in energy-intensive technologies, in particular in the utilization of limestone-shell waste in the production of block stone, which initiates the potential for serious work on the development of solar technology. The proposed technology will contribute to the reduction of accumulated waste and improve the environmental situation in the region. The degree of perfection and intensity of the process of heat-moisture processing of concrete, first of all, depends on the conditions of external and internal heat and mass transfer, as these factors are the primary cause of volumetric changes in the material and related internal stresses, as well as the speed and uniformity of the structure of concrete throughout its entire mass.

Key words: limestone-shell, building material, solar energy, heliocover, heliothermal treatment, polymer-cement composition, solar radiation, energy resource, industrial waste, mineral additives.

Введение

Портландцемент, как и раньше, остается основным гидравлическим вяжущим для строительства. Однако, его производство сопровождается высоким энерго- и ресурсопотреблением, а также значительными выбросами загрязняющих атмосферу веществ. Так, для получения 1 т портландцемента требуется более 1 т сырья, 200-300 кг условного топлива и более 100 кВт·ч электроэнергии. При этом выделяется в окружающую среду до 1 т углекислого газа, до 9,5 т оксидов азота и значительное количество пыли [1]. Основными принципами концепции устойчивого развития явились ресурс- и энергосбережение, а также защита окружающей среды от загрязнения промышленными и бытовыми отходами¹. В области производства и применения гидравлических вяжущих эти проблемы решаются несколькими путями [2]:

- наращивание объемов производства и применения малоклинкерных портландцементов с минеральными добавками;
- разработка и развитие производства бесклинкерных вяжущих.

Производство «экологичных» цементов и бетонов основано на применении активных минеральных добавок и создании так называемых композиционных цементов, которые позволяют не только получать материалы на их основе с заданным комплексом свойств, но и использовать минерально-сырьевую базу регионов страны, а также решать проблему утилизации техногенных и промышленных отходов. С этой точки зрения, в настоящей работе предлагается полученная полимерцементная композиция на основе отходов известняка-ракушечника с применением гелиоустройств.

На современном этапе экономического и социального развития Республики Казахстан особое место занимает проблема рационального и комплексного использования природных сырьевых и топливно-энергетических ресурсов. Насыщение производства современной техникой и интенсивные темпы добычи полезных ископаемых повысили число происходящих техногенных воздействий на окружающую природную среду. В этой связи особую актуальность приобретают проблемы комплексного и системного подхода к вопросам использования солнечной

¹Куатбаев А.К. Композиционные силикатные материалы контактного твердения из отходов промышленности. – Алматы: НИЦ «Гылым», 2001. – С. 229.

энергии в энергоемких технологиях, в частности, при утилизации отходов добычи известняка-ракушечника. Ее решение включает в себя природно-ресурсные аспекты исчерпаемых полезных ископаемых и природоохранные аспекты использования всей экосистемы. Все это определяет глобальное и общегосударственное значение вопросов, связанных с утилизацией и ликвидацией огромных техногенных отходов месторождений [3].

Методы и методика исследования

Экологическая ситуация значительно улучшается с использованием в качестве заполнителей в бетонах широко распространенных местных каменных пород – отходов известняка-ракушечника. Месторождения известняка-ракушечника в виде мощных пластов разной протяженности имеются в Украине, Молдавии, Азербайджане, Туркмении и у нас в Казахстане. При этом необходимо отметить, что большинство месторождений характеризуется невысокой прочностью известняка-ракушечника. Помимо этого, месторождения низкопрочных известняков отличаются большой трещиноватостью. Вследствие этого образуются отходы в виде опилок, мелких кусков и бута, достигающих 50% и более от объема переработанной горной массы. Эти отходы известняка не используются и идут в отвалы, с поверхностей которых в окружающую среду выделяется пыль, загрязняя атмосферу населенных пунктов.

Анализ литературных источников показывает, что использование этих отходов позволит не только обеспечить многие районы, не имеющие гравия, щебня и песка, местным заполнителем, но и позволит снизить стоимость строительства, что будет способствовать сокращению количества накапливаемых отходов и улучшению экологической обстановки в регионах.

Опыт использования отходов известнякового песка в качестве заполнителя бетона широко освещен в трудах Б.Г. Скрамтаева, М.Е. Якубовича, Р.Л. Майляна, Е.С. Савина, С.В. Мещерякова, О.Е. Потулова, Г.К. Муталибовой и т. д. Вопросы охраны воздушного бассейна от загрязнения пылью в результате добычи и переработки отходов горного производства освещали в своих работах ученые Казахстана С.В. Цой, Ш.А. Болгожин, Т.К. Ахмеджанов, М.К. Дюсебаев, Т.Е. Хакимжанов, П.Ч. Чулаков, М.Т. Жараспаев, А.К. Адрышев, С.С. Омаров, Н.Ж. Жалгасов и многие другие [4].

При соблюдении определенных условий и обычных расходах цемента на низкопрочном, до 25 кг/см², заполнителе получены конструкционные бетоны прочностью до 200 кг/см² и выше.

Установлено, что заполнители из низкопрочных пород известняков могут быть использованы в мелкозернистых бетонах, вопреки прежнему мнению об их непригодности. Но не все виды отходов могут быть использованы как заполнители для бетона, так как технология получения мелкозернистых бетонов требует дробления и отсева бута и кусков, что вызывает дополнительные энергозатраты.

Организация производства бетонов с рациональным использованием отходов сырья и применение при этом возобновляемых видов энергии будет соответствовать

минимальным общим экологическим и энергетическим потерям. В этом случае реакция, рассматриваемая как вектор развития биогеоценозов по качественно-количественному составу природных компонентов, определяемому комплексной характеристикой, будет совпадать по направлению с вектором техногенного развития процесса и, следовательно, окружающая среда в рассматриваемой ситуации будет обладать минимальным риском, или, с точки зрения снижения экологической нагрузки, максимальной экологической безопасностью.

Производство бетона – основного строительного материала – связано с затратами значительного количества топливно-энергетических ресурсов в виде низкопотенциального тепла. На нагрев и термосное выдерживание бетона вместе с формами по расчету требуется 209-230 тыс. кДж, а с учетом потерь теплоты в окружающую среду нормативный расход на тепловую обработку изделий в ямных камерах из тяжелого бетона равен 691-733 тыс. кДж/м².

В условиях строжайшей экономии этих природных ископаемых, как сырья химической промышленности, и увеличения их стоимости, тепловлажностную обработку в паросиловых установках в пределах существующего потребления теплоносителя следует признать нерациональной и расточительной в энергетическом отношении, учитывая, что тепловое воздействие на твердеющий бетон в современных энергетических установках, как правило, осуществляется при температуре 70-95°С.

Установлено, что доступность получения низкотемпературной теплоты в виде горячего воздуха, воды и других жидких теплоаккумулирующих композиций позволяет вовлечь солнечную радиацию в процесс утилизации отходов известняка-ракушечника за счет использования их для производства бетонных изделий в качестве заполнителей в районах с большим количеством солнечных дней.

Анализ радиационных ресурсов Казахстана показывает, что особый интерес для использования солнечной энергии представляет Мангистауский регион. Мангистауский регион от других регионов Казахстана отличается резко континентальным, засушливым знойным продолжительным летом, низкой относительной влажностью, малой облачностью. Континентальность климата, вызывающая, как правило, незначительное покрытие неба облачностью, обуславливает большой приток солнечной радиации. Продолжительность солнечного сияния в рассматриваемом районе составляет 2500-3000 часов в год. Вероятность среднего годового сияния Солнца более 50% за период с октября по март свидетельствует об эффективности использования солнечной энергии для тепловой обработки бетона и других нужд производства в этом регионе Казахстана. Наибольшими ее значениями характеризуются территории, прилегающие к Туркменистану (2500 кВт·м²), наименьшими – горные районы Мангистауского района (1605 кВт·м²). Величина радиационного баланса колеблется в пределах 39-45 ккал/см² в год. На большей части территории радиационный баланс является положительным в течение 10 месяцев, на побережье Каспийского моря – 11 месяцев. Максимальные его значения колеблются по территории в пределах

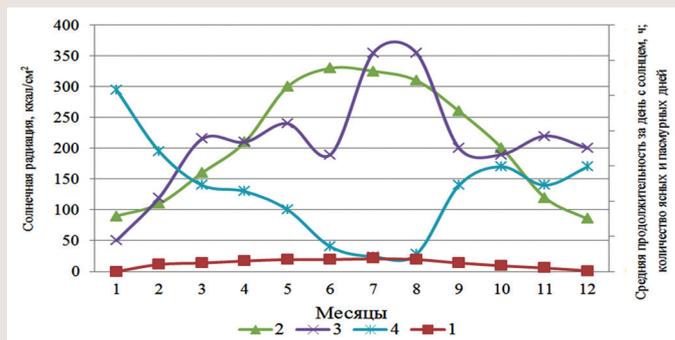


Рис. 1. Количество и продолжительность солнечной радиации для географической широты 43°27' (месторождение Узень).

Сурет 1. Географиялық ендік үшін күн радиациясының саны мен ұзақтығы 43°27' (Өзен кен орны).

Figure 1. Amount and duration of solar radiation for latitude 43°27' (Uzen field).



Рис. 2. Положение гелиоформы с покрытием МПС.

Сурет 2. ЖАҚ жабыны бар гелиоформаның орналасуы.

Figure 2. Position of the helioform with ICS cover.

6,8-7,8 ккал/см² в месяц и повсеместно наблюдаются в июне-июле, в основном уменьшаясь с севера на юг, что связано с увеличением отраженной радиации летом в пустыне. В отдельные годы величины радиационного баланса могут существенно отличаться от средних многолетних данных и достигать в мае-июле 8-11 ккал/см² в месяц. Минимальные значения радиационного баланса наблюдаются в январе-декабре 0,2 ккал/см² на юге и 1 ккал/см² в месяц на северо-востоке территории. В отдельные годы может понижаться до 1,5 ккал/см² в месяц. Суточный ход радиационного баланса определяется, прежде всего, изменением высоты солнца, поэтому его наибольшее значение наблюдается в полдень, достигая 0,60-0,70 ккал/см² в минуту летом и 0,06-0,10 ккал/см² в минуту зимой. Ночью при ясном небе происходит значительное выхолаживание подстилающей поверхности как в зимний, так и в летний период; при этом интенсивность радиационного баланса понижается до 0,05-0,08 ккал/см² в минуту (рис. 1)².

Анализ приведенных данных позволяет сделать заключение, что Мангистауский регион располагает огромным потенциалом солнечной энергии для использования его не только в народном хозяйстве и в быту, но и в энергоёмких технологиях, в частности, при утилизации отходов добычи известняка-ракушечника, что предопределяет проведение серьезных работ по развитию гелиотехники. Опыт использования солнечной энергии с применением

гелиоустройств для изготовления бетонов широко освещен в трудах таких ученых СНГ, как Б.А. Крылов, И.Б. Заседателей, С.А. Миронов, Е.Н. Малинский, Р.Б. Байрамов, Н.И. Подгорнов, Р.Р. Аvezов, С. Сейткурбанов. Вопросам использования солнечной энергии в условиях жаркого климата Казахстана с применением коллекторов солнечной энергии и гелиоустройств посвящены труды ученых Г.Ж. Кенжетаяева, А. Жамалова, Т.К. Койшиева, Т.К. Ахмеджанова [5, 6].

Наиболее распространенным методом использования солнечной энергии при производстве бетонных работ является прямой или пассивный нагрев твердеющего бетона. В естественных условиях бетон в течение одних суток через открытую поверхность подвергается воздействию лучистой солнечной энергии, а также колебаний температуры наружного воздуха, участвуя в сложном процессе теплообмена с окружающим пространством. Одним из наиболее простых и эффективных способов тепловой обработки бетонов с использованием солнечной энергии (гелиотермообработки) является тепловая обработка изделий в гелиоформах со светопрозрачным теплоизолирующим покрытием СВИТАП² [7].

Недостаток известного покрытия – наличие воздушной прослойки между слоями прозрачных материалов влечет за собой высокое термическое сопротивление теплопередаче в дневное время. Герметичность воздушной прослойки между бетоном и прозрачным покрытием СВИТАП способствует появлению конденсата на внутренней поверхности прозрачной изоляции, обращенной к изделию, оседающего на поверхности изделия, размягчающего поверхность бетона и мигрирующего внутрь изделия, нарушая этим структуру бетона.

В 1988 г. была разработана конструкция светопрозрачного покрытия с межпленочным переменным сечением (МПС) для тепловой обработки бетона с использованием солнечной энергии [8]. Реализация поставленной цели достигается за счет устройства в гелиопокрытии под туго натянутым на каркасе прозрачным верхним ограждением дистанционной решетки с прозрачным нижним ограждением, которое может свободно перемещаться по вертикали вверх и вниз до внутренней поверхности прозрачного верхнего ограждения и обратно (рис. 2). Предлагаемое покрытие МПС работает следующим образом. Под влиянием градиента температуры перенос влаги может происходить благодаря явлению термодиффузии (рис. 3). Этот поток влаги учитывается дополнительным слагаемым:

$$q_{mt} = -\lambda_m \delta \nabla_t = -a_m p_0 \delta \nabla_t, \quad (1)$$

где $\lambda_m \delta$ – термоградиентный коэффициент влажного капиллярнопористого тела, отнесенный к разности влагосодержаний;

q – тепловой поток от поверхности в глубь бетона;

q_{mu} – поток влаги, вызванный градиентом влагосодержания ∇U ;

q_{mt} – поток влаги, вызванный градиентом температуры ∇_t ;

q_{mp} – поток влаги, вызванный градиентом давления ∇_p ;

∇p^I – градиент давления, пропорциональный плотности потока

влаги $q_m = q_{mu} + q_{mt} + q_{mp}$;

∇p^{II} – градиент давления, вызванный неравномерным изменением давления и удельного объема воздуха по сечению;

∇p^{III} – градиент давления, вызванный увеличением разности между парциальным давлением воздуха в порах материала и парциальным давлением воздуха окружающей среды.

²СП РК 2.04-01-2017. Строительная климатология. – А.: КазНИИСА, 2017.

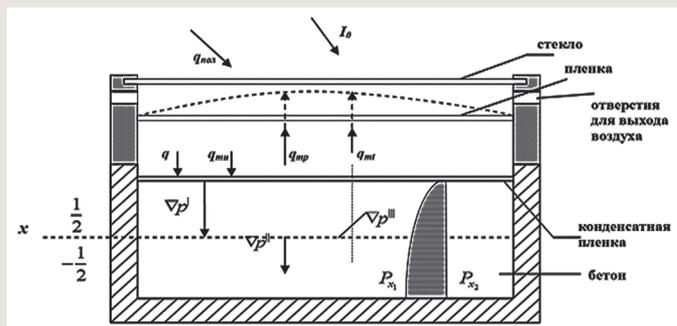


Рис. 3. Схема тепловых процессов под гелиопокрытием.

**Сурет 3. Гелио жабыны бар жылу процестерінің схемасы.
Figure 3. Diagram of thermal processes under the helio cover.**

В процессе тепловой обработки известняковых бетонов и бетонитов от начала и до конца прогрева потоками прямой солнечной радиации все открытые поверхности изделия покрыты пленкой конденсата. Благодаря интенсивному теплообмену и шероховатости поверхности изделия, на ней могут образовываться местные скопления конденсата в виде лужиц и капелек, размеры и количество которых зависят от интенсивности нагрева, определяемого главным образом температурным напором $\theta = t_c - t_{II}$. Температура пленки конденсата t_{cp} выше температуры поверхности материала t_{II} и ниже температуры греющей паровоздушной среды t_c . Температура материала t_x даже на очень незначительном расстоянии от поверхности всегда (пока происходит передача тепла изделию) ниже температуры поверхности, т. е. $t_x < t_{II} < t_{cp} < t_c$.

Температура воздуха, находящегося в порах и капиллярах бетона, равна температуре его твердого скелета. Следовательно, для того, чтобы насыщенный водяной пар из пространства под покрытием мог проникнуть в поры материала и там сконденсироваться, он должен вначале проникнуть сквозь пленку конденсата на поверхность изделия, затем переместиться в порах материала на некоторую глубину, где температура t_x неизбежно ниже температуры насыщения t_n , т. е. ниже температуры перехода вещества из газообразного состояния в жидкое.

Исследованиями доказано, что с использованием даже низкопрочного известняка-ракушечника возможно получить при обычных расходах цемента конструктивные бетоны прочностью до 300 кг/см² и объемным весом менее, чем тяжелые бетоны. С этой точки зрения была разработана полимерцементная композиция для производства облицовочных материалов и перегородок для зданий и сооружений^{3, 4}. Недостатком существующих полимерных композиций является низкая прочность изделий при значительном расходе цемента⁴.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ферронская А.В., Малинина Л.А., Волков Ю.С. Производство и применение бетона и железобетона как экологическая доминанта. // Бетон и железобетон – пути развития: научные труды

³Кенжетаяв Г.Ж., Серикбаева А.К., Букаев Е.З., Айтимова А.М., Боранбаева А.Н., Баймукашева Ш.К. Полимерцементная композиция. / Пат. 4370 РК: опубли. 25.10.2019. – Бюл. №43. – 3 с.

⁴Бобкова Н.М., Терещенко И.М., Качан И.С., Лившиц О.И. Керамическая масса для изготовления облицовочных плиток. / А.с. 1368298. СССР: опубли. 23.01.88. – Бюл. №3. – 3 с.

Снижение прочности облучаемого солнечной энергией изделия происходит вследствие того, что при высокой температуре вокруг гидратируемых частиц цемента образуются плотные оболочки новообразований, препятствующих доступу воды вглубь негидратируемых ядер. Гидратация затухает, и прочность изделий не увеличивается. А при закрытой поверхности за счет применения пленки вокруг гидратируемых частиц цемента не образуются плотные оболочки новообразований, препятствующих доступу воды вглубь негидратируемых ядер, соответственно прочность изделия повышается.

Результаты

1. Рассмотрено использование солнечной энергии в производстве строительных материалов из отходов известняка-ракушечника. Исследования показывают, что в Мангистауском регионе существует большой потенциал для использования солнечной энергии в энергоемких технологиях, в частности, технологии изготовления блочного камня при утилизации отходов известняка-ракушечника.

2. Степень совершенства и интенсивность процесса тепловлажностной обработки бетонов в среде насыщенного водяного пара зависит, в первую очередь, от условий внешнего и внутреннего тепло- и массопереноса, так как эти факторы являются причиной возникновения объемных изменений в материале и связанных с ними внутренних напряжений, а также скорости и равномерности формирования структуры бетона. В процессах тепловой обработки с модулем открытой поверхности, тепло в изделии распространяется от внешних зон в глубь материала преимущественно путем теплопроводности.

Обсуждение результатов

В настоящее время в Казахстане в результате интенсивных работ по добыче полезных ископаемых накопилось более 20 млрд тонн различных отходов (вскрышные породы, шлаки, другое вторичное сырье), способствующих загрязнению подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха; отрицательно влияющих на состояние земельных ресурсов, ускоряющих эрозионные процессы, деформации вмещающих пород и земной поверхности. Предлагается новая технология полимерцементной композиции, полученная на основе отходов добычи известняка-ракушечника с применением гелиоустройств.

Заключение

Поскольку производство бетона является энергоемким процессом, для обеспечения энергосбережения необходимо производство и внедрение добавок – ускорителей отверждения бетона, поэтому особую актуальность приобретают проблемы комплексного и системного подхода к вопросам использования солнечной энергии при утилизации отходов известняка-ракушечника.

- 2-й Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону. Пленарные доклады в 5 т. – М.: Дипак, 2005 (5-9 сентября). – Т. 1. – С. 349-360. (на русском языке)
2. Кулибаев А.А. Особенности развития отрасли строительных материалов в Казахстане. // Вестник Национальной инженерной академии РК. – 2006. – №4. – С. 114-119. (на русском языке)
 3. Букаев Е.З., Серикбаева А.К. Перспективность применения серы, нефтепромышленности для получения строительных материалов. // Развитие науки и техники в освоении недр Казахстана. // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посв. 90-летию академика Ш. Есенова. – Актау, 2017. – С. 274-278. (на русском языке)
 4. Грозав В.И., Муталибова Г.К. Снижение средней плотности бетонов на основе заполнителей из отходов камнепиления известняков-ракушечников. // Материалы научно-технической конференции «Природообустройство сельскохозяйственных территорий». – М.: МГУП, 2001. – С. 105-106. (на русском языке)
 5. Duran-Herrera A., De-Leon-Esquivel J., Bentz D.P., Valdez-Tamez P. Самоуплотняющиеся бетоны с использованием золы-уноса и мелкодисперсного известнякового порошка: усадка и удельное поверхностное электрическое сопротивление эквивалентных растворов. // Строительство и строительные материалы, 2019. – Т. 199. – С. 50-62. (на английском языке)
 6. Busari A., Dahunsi B., Akinmusuru J. Устойчивый бетон для строительства жестких дорожных покрытий с использованием дегидроксилированной каолинитовой глины: механические и микроструктурные свойства. // Строительство и строительные материалы, 2019. – Т. 211. – С. 408-415. (на английском языке)
 7. Кенжетаяев Г.Ж., Бектенов М.Б., Жайылхан Н.А., Убиева А.А. К вопросу использования солнечной энергии для утилизации отходов из камня-ракушечника известняка. // Научный журнал Министерства образования и науки «Поиск». Серия естественных и технических наук. – 2003. – № 3. – С. 227-232. (на русском языке)
 8. Байрамов Р.Б., Аманов Ч.А., Курбаниязов Ч.С., Мындиев Н.М., Кравченко В.Л. Приход радиации на комбинированную поверхность при естественном облучении. // Изв. АН ТССР. – Сер. физ.-тех., хим. и геол. наук. – 1983. – №5. – С. 45-48. (на русском языке)
 9. Букаев Е.З., Серикбаева А.К., Кенжетаяев Г.Ж., Муталибова Г.К. Процессы создания новых материалов из отходов добычи стенового камня. // Вестник КазНИТУ. – Алматы, 2020. – №4. – С. 290-299. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ферронская А.В., Малинина Л.А., Волков Ю.С. Бетон және темірбетонды өндіру және пайдалану – экологиялық басым. // Бетон және темірбетон – даму жолдары. Бетон және темірбетон туралы 2-ші Бүкілресейлік (Халықаралық) конференцияның ғылыми еңбектері. 5 т. пленарлық баяндамалар. – М.: Дипак, 2005 (5-9 қыркүйек). – Т. 1. – Б. 349-360. (орыс тілінде)
2. Құлыбаев А.А. Қазақстандағы құрылыс материалдары өнеркәсібінің даму ерекшеліктері. // ҚР Ұлттық инженерлік академиясының Хабаршысы. – 2006. – № 4. – Б.114-119. (орыс тілінде)
3. Букаев Е.З., Серікбаева А.Қ. Күкірт, мұнай өнеркәсібін құрылыс материалдарын өндіру үшін пайдалану перспективалары // Қазақстанның минералды ресурстарын игерудегі ғылым мен технологияның дамуы: Академик Ш.Есеновтің 90 жылдығына арналған халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары. – Ақтау, 2017. – Б. 274-278. (орыс тілінде)
4. Грозав В.И., Муталибова Г.К. Эктас-ұлутас тас кесу қалдықтарынан толтырғыштар негізінде бетондардың орташа тығыздығын төмендету. // «Ауылшаруашылық аумақтарын табиғи басқару» ғылыми-техникалық конференциясының материалдары. – Мәскеу: ММБУ, 2001. – Б. 105-106. (орыс тілінде)
5. Duran-Herrera A., De-Leon-Esquivel J., Bentz D.P., Valdez-Tamez P. Ұшына күлі мен ұсақ эктас ұнтағын қолданатын өзін-өзі нығыздайтын бетондар: Эквивалентті ерітінділердің шөгуі және беткі электрлік тұрақтылығы. // Құрылыс және құрылыс материалдары. – 2019. – Т.199. – Б. 50-62. (ағылшын тілінде)
6. Busari A., Dahunsi B., Akinmusuru J. Гидроксилденген каолинитті сазды қолдану арқылы қатты жабын төсеу үшін тұрақты бетон: механикалық және микроқұрылымдық қасиеттері. // Құрылыс және құрылыс материалдары. – 2019. – Т. 211. – Б. 408-415. (ағылшын тілінде)
7. Кенжетаяев Г.Ж., Бектенов М.Б., Жайылхан Н.А., Убиева А.А. Эктас-ұлутас қалдықтарын утилизациялау үшін күн энергиясын пайдалану мәселесі. // Білім

және ғылым министрлігінің ғылыми журналы «Ізденіс». Жаратылыстану және техникалық ғылымдар сериясы. – 2003. – № 3. – Б. 227-232. (орыс тілінде)

8. Байрамов Р.Б., Аманов Ч.А., Курбаниязов Ч.С., Миндиев Н.М., Кравченко В.Л. Табиғи сәулелену әсерінен радиацияның аралас бетке келуі. // КСРО ҒА Хаб. Хим. және геол. ғылымдар, физ.-тех. сер. – 1983. – №5. – Б. 45-48. (орыс тілінде)
9. Букаев Е.З., Серікбаева А.К., Кенжетәев Ф.Ж., Муталибова Г.К. Қабырға тасының өндіру қалдықтарынан жаңа материалдарды жасау үдерістері. // ҚазҰТУ Хабаршысы. – Алматы, 2020. – №4. – Б. 290-299. (орыс тілінде)

REFERENCE

1. Ferronskaya A.V., Malinina L.A., Volkov Yu.S. Production and use of concrete and reinforced concrete - as an ecological dominant. // Concrete and reinforced concrete – ways of development. Scientific works of the 2nd All-Russian (International) conference on concrete and reinforced concrete. Plenary reports in 5v. – M.: Deepak, 2005 (September 5-9). – V. 1. – P. 349-360. (in Russian)
2. Kulibaev A.A. Features of the development of the building materials industry in Kazakhstan. // Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan. – 2006. – №4. – P. 114-119. (in Russian)
3. Bukayev Ye.Z., Serikbayeva A.K. Prospects for the use of sulfur, oil industry for the production of building materials // Development of science and technology in the development of mineral resources of Kazakhstan: mater. int. scientific-practical conf. dedicated the 90th anniversary of academician Sh.Yessenov. – Aktau, 2017. – P. 274-278. (in Russian)
4. Grozav V.I., Mutalibova G.K. Reduction of the average density of concretes based on aggregates from stone-sawing waste of limestone-shell rocks. Materials of the scientific and technical conference «Environmental management of agricultural territories». – Moscow: MSUP, 2001. – P. 105-106. (in Russian)
5. Duran-Herrera A., De-Leon-Esquivel J., Bentz D.P., Valdez-Tamez P. Self-compacting concretes using fly ash and fine limestone powder: Shrinkage and surface electrical resistivity of equivalent mortars. // Construction and Building Materials, 2019. – Vol. 199. – P. 50-62. (in English)
6. Busari A., Dahunsi B., Akinmusuru J. Sustainable concrete for rigid pavement construction using de-hydroxylated Kaolinitic clay: Mechanical and microstructural properties. // Construction and Building Materials, 2019. - Vol. 211. – P. 408-415. (in English)
7. Kenzhetaev G.Zh., Bektenov M.B., Zhayilkhan N.A., Ubieva A.A. On the use of solar energy for the disposal of waste from limestone shell rock // Scientific journal of the Ministry of Education and Science «Poisk». Series of natural and technical sciences. – 2003. – №3. – P. 227-232. (in Russian)
8. Bayramov R.B., Amanov Ch.A., Kurbaniyazov Ch.S., Mindiev N.M., Kravchenko V.L. The arrival of radiation on a combined surface under natural irradiation. // Not. AS USSR. – Ser. phys-tech., chem. and geol. sciences. – 1983. – №5. – P. 45-48. (in Russian)
9. Bukayev Ye.Z., Serikbayeva A.K., Kenzhetaev G.Zh., Mutalibova G.K. Process of developing new materials from waste of extraction a wall stone. // Vestnik KazNRTU. – Almaty, 2020. – №4. – P. 290-299. (in Russian)

Сведения об авторах:

Букаев Е.З., магистр естественных наук, докторант PhD Каспийского государственного университета технологий и инженеринга им. Ш. Есенова – Yessenov University (г. Актау, Казахстан), ybukayev2@gmail.com

Серікбаева А.К., канд. техн. наук, профессор Каспийского государственного университета технологий и инженеринга им. Ш. Есенова – Yessenov University (г. Актау, Казахстан), akmaral.serikbayeva@yu.edu.kz

Муталибова Г.К., канд. техн. наук, доцент Российского государственного аграрного университета Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия), cirhe@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Букаев Е.З., жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Ш. Есенов атындағы Каспий Мемлекеттік технологиялар және инженеринг университетінің – Yessenov University PhD докторанты (Ақтау қ., Қазақстан), ybukayev2@gmail.com

Серікбаева А.К., техника ғылымдарының кандидаты, Ш. Есенов атындағы Каспий Мемлекеттік технологиялар және инженеринг университетінің – Yessenov University профессоры (Ақтау қ., Қазақстан), akmaral.serikbayeva@yu.edu.kz

Муталибова Г.К., техника ғылымдарының кандидаты, К.А. Тимирязев атындағы Мәскеу ауылшаруашылық академиясының Ресей Мемлекеттік аграрлық университетінің доценті (Мәскеу қ., Ресей), cirhe@mail.ru

Information about the authors:

Bukayev Ye.Z., Master of Natural Sciences, PhD Doctoral Student of the Yessenov Caspian State University of Technology and Engineering – Yessenov University (Aktau, Kazakhstan), ybukayev2@gmail.com

Serikbayeva A.K., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Yessenov Caspian State University of Technology and Engineering – Yessenov University (Aktau, Kazakhstan), akmaral.serikbayeva@yu.edu.kz

Mutalibova G.K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Russian State Agrarian University of Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, (Moscow, Russia), cirhe@mail.ru

Код МРНТИ 52.35.29

А.А. Жубанова¹, К.Т. Тастамбек², Д.К. Шерелхан³, М.У. Зиябекова³¹Казахский Национальный университет им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан),²Научно-исследовательский институт проблем экологии (г. Алматы, Казахстан),³Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии (г. Алматы, Казахстан)

КОНСТРУИРОВАНИЕ МИКС-КОНСОРЦИУМА НА ОСНОВЕ ЗООМИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА И БУРЫХ УГЛЕЙ

Аннотация. Ограниченное применение органоминеральных удобрений при нарастающей деградации почв приводит к снижению уровня плодородия, в частности, биологической активности почв и широкому распространению фитопатологических процессов. Ресурсы органических удобрений могут быть существенно увеличены за счет применения гуминовых веществ, выпускаемых на основе окисленных бурых углей, содержащих высокие концентрации гуминовых кислот. В настоящее время большой интерес также представляет изучение микроорганизмов, способных к конверсии (трансформации) органических компонентов, входящих в состав бурых углей, с образованием гетерогенных гуминовых кислот. В связи с этим, исследования по разработке технологии получения комплексного удобрения на основе зоомикробных сообществ и казахстанских окисленных бурых углей крайне актуальны.

Ключевые слова: бурый уголь, дождевой червь, гуминовый препарат, зоомикробное сообщество, микробный пейзаж, гумус, угольное месторождение, урожайность, плодородие почв, консорциум.

Зоомикробтық қауымдастық пен қоңыр көмір негізіндегі микс-консорциум құру

Андатпа. Топырақтың тозу деңгейінің жоғарылауымен органикалық тыңайтқыштардың шектеулі қолданылуы құнарлылық деңгейінің төмендеуіне әкеледі, атап айтқанда, топырақтың биологиялық белсенділігі және фитопатологиялық процестердің кеңінен таралуы. Органикалық тыңайтқыштардың қоры гумин қышқылдарының жоғары концентрациясы бар тотыққан қоңыр көмір негізінде өндірілетін гуминді заттарды қолдану есебінен айтарлықтай артуы мүмкін. Қазіргі уақытта гетерогенді гумин қышқылдарының түзілуімен қоңыр көмірді құрайтын органикалық компоненттерді түрлендіруге (трансформациялауға) қабілетті микроорганизмдерді зерттеу де үлкен қызығушылық тудырады. Осыған байланысты зоо-микробтық қауымдастықтар мен қазақстандық тотыққан қоңыр көмір негізінде комплексті тыңайтқыштар алу технологиясын жасау жөніндегі зерттеулер өте өзекті болып табылады.

Кілтті сөздер: қоңыр көмір, жауын құрт, гуминді препарат, зоомикробты қауымдастық, микробтық пейзаж, гумус, көмір кен орны, өнімділік, топырақтың құнарлығы, консорциум.

Construction of a mix consortium based on a zoo-microbial community and brown coals

Abstract. The limited amendment of natural fertilizers with increasing soil degradation leads to a decrease in soil fertility, in particular, the biological activity of soils and the phyto-pathological processes. The resources of "green" organic fertilizers can be significantly increased due to the use of humic substances produced on the basis of low-rank brown coal containing high concentrations of humic acids. Currently, the study of microorganisms capable of converting (transforming) the organic components that make up coal with the formation of heterogeneous humic acids is also gaining the great interest. In this regard, research on the development of technology for the production of complex fertilizers based on zoo-microbial communities and Kazakhstan low-rank brown coal is extremely relevant.

Key words: lignite, earthworm, humic substances, zoomicrobial community, microbial landscape, humus, coal deposit, productivity, soil fertility, consortium.

Введение

Одной из важнейших задач агро-биологических научных исследований является поиск новых способов получения экономически наиболее выгодных и экологически безопасных для использования в антропогенных ландшафтах видов органических удобрений. При скрининге сырья для производства новых удобрений исходят из того, что в Казахстане имеются довольно значительные запасы полезных минеральных ископаемых, содержащих гуминовые кислоты, а также возможность организации производства экологически чистого и безотходного производства удобрений на их основе.

Накапливаясь в значительных объемах, зачастую, на ограниченных территориях, низкокачественные бурые угли создают высококую

экологическую опасность, угрожая нарушением санитарно-токсикологической обстановки, самовозгораниями^{1, 2}. Необходима технология, позволяющая быстро и эффективно нивелировать влияние отбросов на окружающую среду. Такого рода ресурсосберегающим и экологически безопасным способом является зоомикробное компостирование, предполагающее утилизацию широчайшего спектра отходов, включая выветренные (окисленные) бурые угли.

Низкокачественные угли имеют широкий спектр различных макро- и микроэлементов, а также органических веществ, содержащих большую долю гуминовых кислот, которые по своей природе близки к почвенным. Выветренные в пластах бурые угли практически не используются в качестве топлива

или сырья, и при добыче угля открытым способом поступают в отвалы вместе с разными породами. Количество таких углей оценивается по определенному месторождению только при детальной разведке, но оно огромно и может составлять десятки и даже сотни миллионов тонн ежегодно [1, 2].

Благоприятной экологической нишей для жизнедеятельности многих микроорганизмов являются угольные месторождения, в том числе, буроугольные бассейны и терриконы угольных шахт. Микроорганизмы оказывают значительное влияние на органическое вещество угля [3].

Благодаря активной деятельности гуминовых кислот, их значение существенно возрастает и приводит к улучшению физико-химических

¹Каурбеков Ж.К., Емельянова В.С., Жубанов К.А., Мылтыкбаева Ж.К., Байжомартов Б.Б. Теория и практика переработки угля. – Алматы: Қазақ университеті, 2013. – 496 с.

²Просьянников В.И. Эффективность применения окисленных углей в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в лесостепной зоне Кемеровской области: автореф. к. х. н.: 06.01.04. – Барнаул: Кузбассвузиздат, 2007. – 16 с.

свойств данного угля. Положительное воздействие органического вещества бурых и окисленных углей на почвенную экосистему обусловлено, прежде всего, активным метаболизированием их микроорганизмами³ [4, 5].

Главным источником преобразования созревающих гуминовых веществ являются дождевые черви. Они, как представители макрофауны почвенной экосистемы, обеспечивают эко-нишу для других микроорганизмов, физически и химически конвертируя субстрат, участвуют в создании кластерных структур и регуляции воздушных режимов почв. Дождевые черви не способны измельчать минеральные и техногенные частицы, но они пульверизируют органические остатки в пищеварительном тракте. При измельчении удельная поверхность субстрата возрастает в сотни раз. При этом резко повышается его доступность для микробиоты в желудке и, как следствие, возрастает скорость разложения органической части угля [6].

Применение дождевых червей для переработки твердых ископаемых позволяет повысить степень насыщения воздухом субстрата и снизить концентрацию газообразных продуктов аноксигенных процессов. При жизнедеятельности верми-массы субстрат проходит через кишечник и поступает обратно

Таблица 1
Подбор компонентов экспериментального гумуса
Кесте 1
Эксперименттік гумустың компоненттерін таңдау
Table 1
Selection of experimental humus components

Варианты	Почва	ОБУ	БГВ	<i>Eisenia fetida</i>
I	+			
II	+			+
III	+		+	
IV	+		+	+
V	+	+		
VI	+	+		+

в виде копролитов. Эти экскременты состоят из смеси органоминеральных частиц [7].

Несмотря на общепризнанную роль микроорганизмов в формировании гумуса из окисленного бурого угля и в создании препаратов на их основе для использования в сельскохозяйственном производстве, пока еще в научной литературе имеется недостаточно экспериментальных данных об их взаимодействии с дождевыми червями, влиянии на рост и развитие сельскохозяйственных культур, на величину и качество урожая в различных агротехнических условиях при их использовании для обработки посевного и посадочного материала, в связи с чем выполненные научные исследования в этой области являются актуальными. Цель данного этапа исследований –

создание микробного консорциума целевого назначения.

Материалы

▪ *Окисленные бурые угли пришахтных территорий Ой-Карагайского угольного месторождения Алматинской области.*

▪ *Дождевые черви.* В работе использовали взрослых особей червей *Eisenia fetida*, которых содержали в пластмассовых ваннах с почвой при ~20°C и влажности 60-80% от ПВ.

▪ *Почва.* Исходным сырьем для выращивания вермикультуры использовали темно-серые почвы предгорных ландшафтов территории технопарка Казахского Национального университета им. аль-Фараби.

Методы

Работа включала анализ экспериментальных вермикультур с органическими субстратами (окисленные бурые угли и гуминовые вещества, выделенные из угля) и лабораторное моделирование «зоо-микробного» сообщества.

Получение и разведение верми-материала проводились с использованием червей *E. fetida*. Субстраты вермикультур – модифицированный чернозем, продолжительность вермикомпостирования – 3 мес. Пробы копролитов получали, выдерживая червей на стерильной фильтровальной бумаге в чашках Петри при температуре ~5°C в течение 3 ч.

Результаты

В качестве основного компонента при изготовлении комплексного удобрения на основе

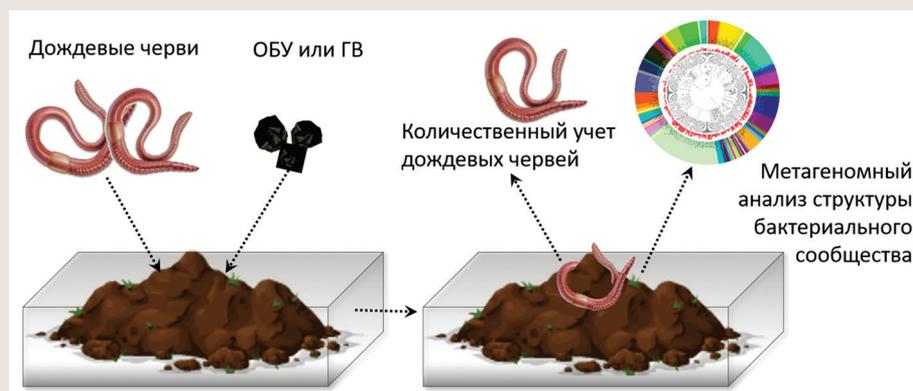


Рис. 1. Концептуальная схема комплексного конструирования зоомикробного сообщества.

Сурет 1. Зоомикробтық қауымдастықтың кешенді құрылысының тұжырымдамалық схемасы.

Figure 1. Conceptual scheme for the complex construction of the zoomicrobial community.

³Якушев А.В. Микробиологическая характеристика вермикомпостов: автореф. к. х. н.: 03.00.07. – Москва, 2009. – 16 с.

Основные показатели α -биоразнообразия зоомикробных комплексов (уровень филум)

Таблица 2

Зоомикробтық кешендердің α -биоалуантүрлілігінің негізгі көрсеткіштері (филум деңгейі)

Кесте 2

Main indicators of α -biodiversity of zoomicrobial complexes (phylum level)

Table 2

Варианты	Sobs	Shannon индекс	Simpson индекс	Ace	Chao индекс
I	24	1,752766	0,246472	24,412109	24
II	26	1,813435	0,227488	26,475795	26
III	25	1,803599	0,23201	25	25
IV	25	1,788933	0,239779	25,39053	25
V	28	1,839306	0,218615	28,92667	28,5
VI	24	1,542355	0,307467	24,53669	24

микс-консорциума были отобраны биогуминовые вещества (БГВ) и окисленные бурые угли (ОБУ) угольного месторождения Ой-Карагай (Алматинская область, Казахстан). Для получения экспериментального гумуса на основе зоомикробного комплекса были подобраны варианты, приведенные в табл. 1.

В результате исследования были сформированы микробные консорциумы целевого назначения на основе гуминовых веществ окисленных бурых углей, штаммов микроорганизмов и дождевых червей.

На следующем этапе исследования сделана попытка анализа состава микробных сообществ, осуществляющих внутреннюю регуляцию зоомикробного комплекса. Становится очевидным, что таксономическая структура прокариот основана на тесных взаимодействиях между микроорганизмами и дождевыми червями.

Изучалась эффективность внесения БГВ и ОБУ на фоне применения вермикомпостов. Опыт проведен в 4-кратной повторности по схеме, показанной на рис. 1.

Через месяц после конструирования микс-консорциума был проведен количественный учет дождевых червей. По итогам анализа общей численности были обнаружены по ~30 экз. дождевых червей. Наибольшее количество особей – 34 экз. было найдено в Sample IV. Почти 40% обнаруженных червей составляли ювенильные особи, что свидетельствует о начавшемся процессе размножения

данного вида в новых условиях. В Sample II было зафиксировано 30 экз. червей. Из них 25% были ювенильными. Проведенный нами эксперимент по культивированию дождевых червей на почвах с БГВ показал, что черви быстро осваивают среду, активно расселяются.

Изучение таксономической характеристики микробного сообщества вермикомпостов молекулярно-генетическими методами показывает, что дождевые черви и природа сырья вносят существенный вклад в формирование микробиоты вермикомпостов.

Для изучения микро-таксономической структуры модельных вариантов зоомикробных сообществ проведен сравнительный метагеномный анализ на приборе HiSeq (Illumina, США). Основные показатели альфа-разнообразия микробных сообществ представлены в табл. 2. Полученные данные

свидетельствуют о функциональных (трофических) отличиях микробного сообщества в зависимости от исходного сырья, используемого для вермикультур.

На рис. 2 представлены результаты анализа данных бета-разнообразия (Hierarchical Clustering Tree и Principal Coordinates Analysis), которые показывают, что таксономическая структура прокариот определяется в основном природой сырья.

Кишечник дождевых червей является специфическим местом обитания микроорганизмов. Физико-химические (состав питательных компонентов, влажность, pH, redox) и биологические факторы (ферментативная активность) формируют не типичные для почвы микробные сообщества.

Бактериальные сообщества всех зоомикробных комплексов сформированы преимущественно филумами *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Chloroflexi* и *Bacteroidetes* (рис. 3). Наибольшие доли в микробных сообществах имеет группа *Actinobacteria* (общая доля в пробах ~35%), часто занимающая доминантное положение в почвенной микробиоте. Их экологическая роль заключается чаще всего в разложении и синтезе гуминовых веществ. Значительную долю в сообществах данных комплексов составляют представители групп истинных симбионтов *Proteobacteria* (~23%), *Acidobacteria* (~10%) и *Bacteroidetes* (~5%). Кроме того, во всех пробах обладают

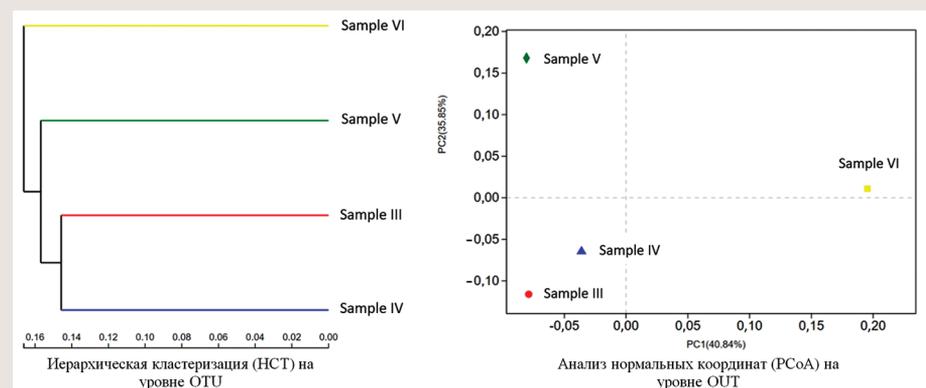


Рис. 2. Результаты сопоставления таксономической структуры бактерий.

Сурет 2. Бактериялардың таксономиялық құрылымын салыстыру. Figure 2. Comparison of the taxonomic structure of bacteria.

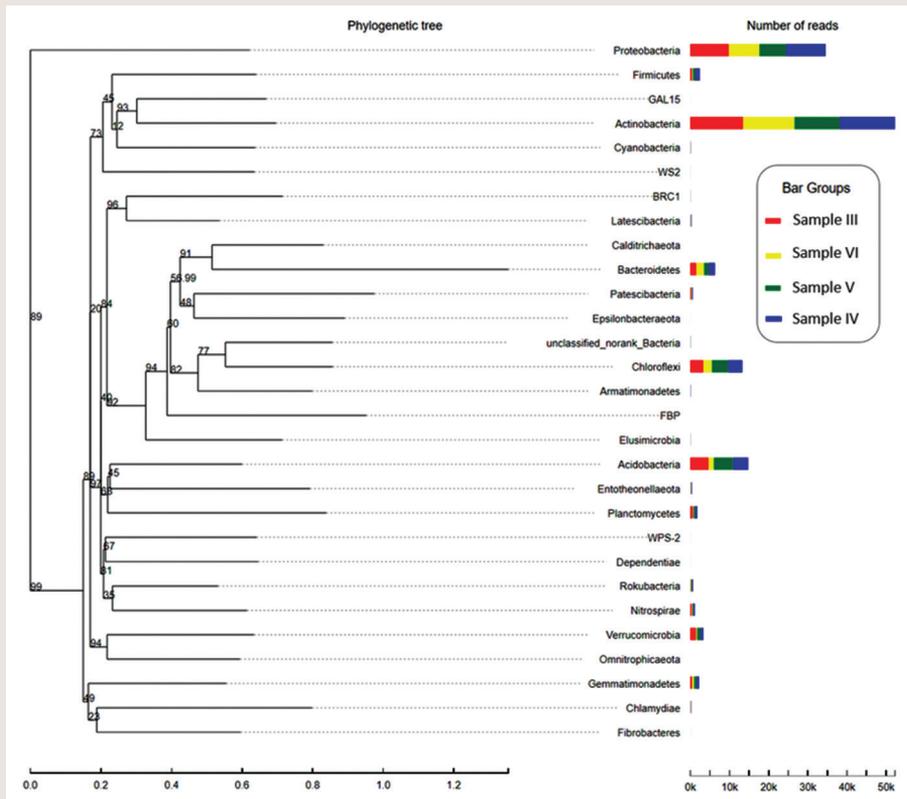


Рис. 3. Филогенетическое дерево на уровне филума.
Сурет 3. Филогенетикалық ағаш филум деңгейінде.
Figure 3. Phylogenetic tree at the phylum level.

определенной представленностью бактерии филума *Verrucomicrobia* (~3%). Многие представители этих филумов могут выступать симбионтами беспозвоночных, в частности, дождевых червей.

Зоомикробная ассоциация в той или иной степени определяет протекание основных почвенных физико-химических процессов и состояние биотического баланса в целом. Эффекты от взаимодействия животных и микроорганизмов реализуются в процессах разложения и/или минерализации органической части ОБУ, мобилизации и/или

иммобилизации ГВ. Тесные взаимодействия определяют активность микробных популяций, а также популяций фауны. Следствием этих взаимодействий является формирование комплекса фауны почвы и микробиоты, динамика биомассы и их профильное распределение.

Дождевые черви облигатно зависят от бактерий как источника незаменимых аминокислот, которые сами синтезировать не могут. Они также нуждаются в органическом азоте и фосфоре, запас которых сосредоточен в почве и в микробной биомассе. Микроорганизмы могут

быть основным ресурсом азота, но не углерода для червей. Однако эффективность ассимиляции углерода можно увеличить, добавляя в среду разные легкодоступные органические вещества, такие как ГВ. Однако, эти соединения образуются или преобразуются в результате деятельности микроорганизмов и их экзоферментов.

Заключение

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы: получены культуры дождевых червей *Eisenia fetida*. Вермикультура была разведена в лабораторных условиях (температура – 20-28°C, освещенность – 200-400 лк, влажность – 50-70%, рН среды – 6,0-8,0, регулярное насыщение кислородом воздуха), наработано максимальное количество биомассы для создания зоо-микробного комплекса.

В начале работы биомасса червей составила ~100 мг на 1 кг почвы, а после культивации наблюдалось увеличение массы на ~450 мг. В результате сравнительного метагеномного анализа (16S рДНК) проб кишечной микрофлоры дождевых червей был сделан вывод о наличии доминирующих филумов *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Chloroflexi*, *Bacteroidetes* и *Verrucomicrobia*. Были получены зоомикробные комплексы: ОБУ + зоомикроб и бГВ + зоомикроб. Метагеномный анализ данных комплексов (IV и VI), произведенных одним видом дождевого червя, показал, что компоненты (ОБУ и ГВ) зоомикробных сообществ существенно влияют на структуру микробного сообщества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Fakoussa R.M., Hofrichter M. Биотехнология и микробиология угольной деградации. // Микробиология и биотехнология. – 1999. – №52(1). – С. 25-40. (на английском языке)
2. Zhou L., Yuan L., Zhao B., Li Y., Lin Z. Структурные характеристики гуминовых кислот, полученных из китайского выветренного угля при различных условиях окисления. // PLoS One. – 2019. – №14(5). – e0217469. (на английском языке)
3. Marcelli F., Marasco R., Balloi A., Rolli E., Cappitelli F., Daffonchio D., Borin S. Минерально-микробные взаимодействия: биотехнологический потенциал биопоглощения. // Биотехнология. – 2012. – №157. – С. 473-481. (на английском языке)
4. Canellas L.P., Olivares F.L, Okorokova-Façanha A.L., Façanha A.R. Гуминовые кислоты, выделенные из компоста дождевых червей, способствуют удлинению корней, появлению бокового корня и увеличению плазматической мембраны H⁺АТФ

в корнях кукурузы. // Физиология растений. – 2002. – №130(4). – С. 1951-1957. (на английском языке)

5. Little, K.R., Rose, M.T., Jackson, W.R., Cavagnaro, T.R., Patti, A.F. Улучшают ли органические изменения, полученные из лигнита, рост пастбищ на ранних стадиях и ключевые биологические и физико-химические свойства почвы? // Сельскохозяйственные науки. – 2014. – Т. 65. – С. 899-910. (на английском языке)
6. Schobert H. Введение в низкосортные угли: типы, ресурсы и текущее использование. – Даксфорд (Великобритания): Woodhead. – 2017. – С. 3-21. (на английском языке)
7. Cubillos-Hinojosa J.G., Valero N., Peralta A. de J. Влияние низкосортного угля, инокулированного угольно-солюбилизующими бактериями, для восстановления солонцеватых почв в полевых условиях. // Rev. Fac. Nac. Agron. Medellin. – 2017. – Т. 70. – С. 8271-8272. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Fakoussa R.M., Hofrichter M. Биотехнология және көмірдің деградациясының микробиологиясы. // Микробиология және биотехнология. – 1999. – №52(1). – Б. 25-40. (ағылшын тілінде)
2. Zhou L., Yuan L., Zhao B., Li Y., Lin Z. Қытайдың ауа-райының әр түрлі тотығу жағдайындағы көмірден алынған гумин қышқылдарының құрылымдық сипаттамалары. // PLoS One. – 2019. – №14(5). – e0217469. (ағылшын тілінде)
3. Mapelli F., Marasco R., Balloi A., Rolli E., Cappitelli F., Daffonchio D., Borin S. Минерал-микробтардың өзара әрекеттесуі: биотехнологиялық биотехнологиялық әлеует. // Биотехнология. – 2012. – №157. – Б. 473-481. (ағылшын тілінде)
4. Canellas L.P., Olivares F.L., Okorokova-Façanha A.L., Façanha A.R. Жауын құртынан композициядан оқшауланған гумин қышқылдары тамырдың созылуын, тамырдың пайда болуын және жүгері тамырларындағы плазма мембранасының H + ATP белсенділігін күшейтеді // Өсімдік физиолы. – 2002. – №130(4). – Б. 1951-1957. (ағылшын тілінде)
5. Little K.R., Rose M.T., Jackson W.R., Cavagnaro T.R., Patti A.F. Қоңыр көмірден алынған органикалық түзетулер жайылымдардың ерте сатысында өсуін және топырақтың негізгі биологиялық және физикалық-химиялық қасиеттерін жақсартма ма? // Жайылым туралы ғылыми зерттеулер. – 2014. – Т. 65. – Б. 899-910. (ағылшын тілінде)
6. Schobert H. Төмен деңгейлі көмірге кіріспе: түрлері, ресурстары және қазіргі қолданысы – Дуксфорд (Ұлыбритания): Woodhead, 2017. – Б. 3-21 б. (ағылшын тілінде)
7. Cubillos-Hinojosa J.G., Valero N., Peralta A. de J. Дала жағдайында тұзды-содалы топырақты қалпына келтіру үшін көмірде еритін бактериялармен егілген төмен дәрежелі көмірдің әсері. // Rev. Fac. Nac. Agron. Medellin. – 2017. – Т. 70. – Б. 8271-8272. (ағылшын тілінде)

REFERENCE

1. Fakoussa R.M., Hofrichter M. Biotechnology and microbiology of coal degradation. // Appl Microbiol Biotechnol. – 1999. – №52(1). – P 25-40. (in English)
2. Zhou L., Yuan L., Zhao B., Li Y., Lin Z. Structural characteristics of humic acids derived from Chinese weathered coal under different oxidizing conditions. // PLoS One. – 2019. – №14(5). – e0217469. (in English)
3. Mapelli F., Marasco R., Balloi A., Rolli E., Cappitelli F., Daffonchio D., Borin S. Mineral-microbe interactions: biotechnological potential of bioweathering. // Biotechnol. – 2012. – №157. – P. 473-481. (in English)
4. Canellas L.P., Olivares F.L., Okorokova-Façanha A.L., Façanha A.R. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H + ATPase Activity in Maize Roots. // Plant Physiol. – 2002. – №130(4). – P. 1951-1957. (in English)
5. Little K.R., Rose M.T., Jackson W.R., Cavagnaro T.R., Patti A.F. Do lignite-derived organic amendments improve early-stage pasture growth and key soil biological and physicochemical properties? // Crop Pasture Sci. – 2014. – Vol. 65. – P. 899-910. (in English)
6. Schobert H. Introduction to low-rank coals: Types, resources, and current utilization. – Duxford (UK): Woodhead. – 2017. – P. 3-21. (in English)
7. Cubillos-Hinojosa J.G., Valero N., Peralta A. de J. Effect of a low rank coal inoculated with coal solubilizing bacteria for the rehabilitation of a saline-sodic soil in field conditions. // Rev. Fac. Nac. Agron. Medellin. – 2017. – Vol. 70. – P. 8271-8272. (in English)

Сведения об авторах:

Жубанова А.А., д-р биол. наук, профессор Казахского Национального университета им. аль-Фараби, (г. Алматы, Казахстан), azhar_1941@mail.ru

Тастамбек К.Т., научный сотрудник Научно-исследовательского института проблем экологии (г. Алматы, Казахстан), преподаватель Алматинского технического университета (г. Алматы, Казахстан), tastambeku@gmail.com

Шерелхан Д.К., младший научный сотрудник Научно-исследовательского института проблем биологии и биотехнологии (г. Алматы, Казахстан), преподаватель Алматинского технического университета (г. Алматы, Казахстан), sherelkhandinara@gmail.com

Зиябекова М.У., младший научный сотрудник Научно-исследовательского института проблем биологии и биотехнологии (г. Алматы, Казахстан), mayra_041307@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Жубанова А.А., биология ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті профессоры (Алматы қ., Қазақстан), azhar_1941@mail.ru

Тастамбек К.Т., Экология мәселелері ғылыми зерттеу институтының ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), Алматы технологиялық университеті оқытушы (Алматы қ., Қазақстан), tastambeku@gmail.com

Шерелхан Д.К., Биология және биотехнология мәселелері ғылыми зерттеу институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), Алматы технологиялық университеті оқытушы (Алматы қ., Қазақстан), sherelkhandinara@gmail.com

Зиябекова М.У., Биология және биотехнология мәселелері ғылыми зерттеу институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), mayra_041307@mail.ru

Information about the authors:

Zhubanova A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), azhar_1941@mail.ru

Tastambek K.T., Researcher of the Scientific Research Institute of Ecological Problems (Almaty, Kazakhstan), Teacher of the Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan), tastambeku@gmail.com

Sherelkhan D.K., Junior Researcher of the Scientific Research Institute of Biology and Biotechnology Issues (Almaty, Kazakhstan), Teacher of the Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan), sherelkhandinara@gmail.com

Ziyabekova M.U., Junior Researcher of the Scientific Research Institute of Biology and Biotechnology Issues (Almaty, Kazakhstan), mayra_041307@mail.ru



**1-4 июня 2021
Новокузнецк**

XXX Международная специализированная выставка технологий горных разработок

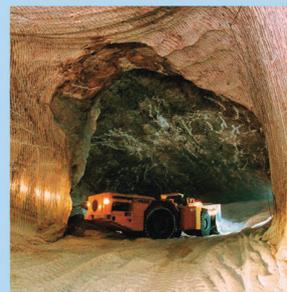
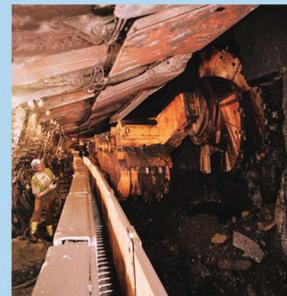
УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

XII Международная специализированная выставка

ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VII Международная специализированная выставка

НЕДРА РОССИИ



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Выставочный комплекс “Кузбасская ярмарка”,
ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк
т./ф: 8 (3843) 32-11-89, 32-22-22
www.ugolmining.ru



Организаторы



ВК “Кузбасская ярмарка”



Messe
Düsseldorf

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

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

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

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

Дополнительные рубрики:

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

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

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

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

К статье прилагаются сведения на английском языке:

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

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

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

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

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

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

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

4. Условия приобретения журналов авторами.

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

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ЭНЕРГЕТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ '2020



**10-12
ноября**



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**

Киев, Броварской проспект, 15

Ⓜ "Левобережная"

☎ (044) 201-11-57, 201-11-67
e-mail: lyudmila@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, МВЦ.укр,
www.tech-expo.com.ua