

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 **15.05.2020 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 История ветерана Великой Отечественной войны и Героя Соцтруда из Усть-Каменогорска ®

Минерально-сырьевые ресурсы

6 *Метакса Г.П., Метакса А.С., Боленов Е.М., Алишева Ж.Н.*
Анализ возможностей использования природных реакторов для добычи полезных ископаемых

11 *Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Ходжаев Р.Р.*
Конструирование и обоснование природоподобных технологий возобновления минеральных ресурсов

Геодезия

16 *Сулейменова Д.Н., Игемберлина М.Б., Сатбергенова А.К., Пентаев Т.П.*
Современные геодезические средства и методы наблюдений за изменением пространственных параметров зданий

22 *Капасова А.З., Бахыт Е., Аманбаева А.Б.*
Радар жүйесі арқылы ашық карьерде үздіксіз мониторинг жүргізу тәсілі

Переработка полезных ископаемых

26 *Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Замалиев Н.М., Даулетжанова Ж.Т.*
Новое полимерное антипирогенное покрытие для угля и спецкокса из вторичных продуктов

Горные машины

32 *Шуриев Т.Х., Подболотов С.В., Кольга А.Д., Столповских И.Н.*
Совершенствование конструкции осевых вентиляторов главного и местного проветривания

38 *Махмудов Д.Р., Каримов Ш.В.*
Современные проблемы транспортирования горной массы со дна глубокого карьера и пути их решения

Подземное и шахтное строительство

44 *Имансакипова Б.Б., Московчук П.А., Шакиева Г.С., Кидирбаев Б.*
Ранжирование участков трассы метро по степени проблемности на основе комбинированного метода оценки факторов риска и их уровней

Охрана труда и безопасность в горной промышленности

50 *Samet R.S., Akimbekov N.Sh., Zhubanova A.A.*
The use of microorganisms as a biological method for control of methane concentration in coal deposits

54 Требования к оформлению статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Дорогие читатели!

Уважаемые коллеги!

Готовя очередную колонку, посвященную майскому номеру нашего журнала, я в этом году испытывал особое чувство ответственности и желания высказаться, потому что 2020 год для нас, граждан бывшего СССР, познавших в этой стране прекрасные годы детства, юности, возмужания и становления как личностей, и как специалистов, особенный, напоминающий и о тех испытаниях и страданиях, которые выпали на долю наших людей в годы Великой Отечественной войны, и о Победе, которую мы одержали над врагом всего человечества, повергнув его в собственном логове 9 мая 1945 года.

Помню город Усть-Каменогорск, где работал мой отец с 1943 по 1946 годы. Моя мама денно и ночью вязала и шила для отправки на фронт шерстяные рукавицы и носки, кистеты для махорки, как и все женщины нашей страны, которые не были заняты трудом на заводах, фабриках, в поле и на фермах. С нашей семьей жили вместе мобилизованные офицеры перед отправкой на фронт. Они писали нам письма, как своим родственникам, и, если письма прекращали приходить, это значило, что произошло что-то непоправимое. Потом помню 9 мая, когда перед нашим домом, как и по всему городу, возникали стихийные митинги ликующих людей, и мне, ребенку, было ясно, что пришел долгожданный день, когда сбывлись чаяния и мечты всех советских людей.

Уже учась в старших классах школы и в стенах Казахского горно-металлургического института в г. Алма-Ате, я вместе со своими друзьями – одноклассниками и однокурсниками – узнавал подробности и детали подвига советского народа, который вынес

1418 дней и ночей непрерывной битвы, потеряв на полях сражений более 27 миллионов лучших своих сыновей и дочерей, и освободил не только свою страну, но и спас мир от чумы фашизма.

В эту великую Победу мы, казахстанцы, вложили свою достойную лепту, если так можно сказать о погибших людях, о разрушенных семьях, об обездоленных детях-сиротах. На алтарь Победы мы положили более 600 тысяч жизней молодых, здоровых, красивых, умных, любивших беззаветно свою Родину солдат из 1200 тысяч казахстанцев, ушедших на поля войны в 1941-45 гг. Мы сегодня, в год 75-летия со дня Победы, со слезами на глазах вспоминаем их и можем только выразить свое желание не допустить больше такой бойни. Если бы эти полные сил, здоровья, желания жить, любить и создавать семьи, строить свое счастливое будущее люди были живы, в бывшем СССР жило бы около 400 млн человек, в том числе более 30 млн казахстанцев. История не знает сослагательного наклонения, поэтому, вспоминая ее даты, нам надо помнить ее уроки и строить нашу жизнь сегодня на мирных рельсах.

Победа ковалась не только на фронтах войны, потому что ее приближение зависело и от того, насколько тыл справлялся с нарастающим спросом в военном снаряжении и в продуктах питания. Казахстан, как и все другие республики Союза, быстро переориентировал экономику на военные нужды. Особенно усилилась роль горно-металлургического комплекса Казахстана, который получил свое развитие еще в предвоенные годы, благодаря созданным в конце 20-х и в 30-х годах предприятиях на базе как известных с древних времен, так и открытых советскими геологами месторождениях. За первые 1,5 года войны в цветной металлургии было введено в строй 25 рудников и 11 обогатительных фабрик. Результаты работы геологов, горняков, обогатителей, металлургов и строителей были более чем впечатляющими. Казахстан дал Родине столько свинца, что 9 из 10 пуль, разивших врага, были изготовлены из него, броневая сталь для танков и военных кораблей изготавливалась на заводах Урала на 60-70% из казахстанского молибдена, марганца и вольфрама. Руды, содержащие олово, добывались в Восточно-Казахстанской области. Золото, служившее как валютный металл для приобретения за рубежом оборудования, машин, продовольствия, производили на рудниках комбинатов «Алтайзолото», «Каззолото» и «Майкаинзолото». В разгар войны было закончено строительство Актюбинского завода ферросплавов, Казахский металлургический завод в Темиртау 31 декабря 1944 года выдал первую плавку высококачественной стали.

Карагандинский угольный бассейн сыграл исключительно важную роль, учитывая, что основной источник добычи угля в то время – шахты Донбасса – оказались на оккупированной территории. За годы войны в республике были построены и сданы в эксплуатацию 19 новых шахт и 3 угольных разреза общей мощностью более 6 млн тонн в год.

Казахстанцы, восприняв как собственную боль страдания людей на оккупированных территориях, как собственную беду – разрушение экономики страны из-за потери экономического потенциала, как один встали на непрерывную трудовую вахту, которая принесла свои плоды, поскольку фронт получил все, чтобы разить врага и победить.

День Победы 9 мая 1945 года работники рудников, фабрик и заводов Ачисая, Чимкента, Лениногорска, Зырянска, Балхаша, Дзержинска, Усть-Каменогорска, Текели, Караганды, Актюбинска, Темиртау, Дзезды, Асубулака, Таргына, Маралихи, Степняка, Бестюбе, Жолымбета и десятков других населенных пунктов встретили, выполнив и перевыполнив все плановые задания.

Сегодня с нами рядом нет большинства тех людей, которые денно и ночью ковали Победу, но живы их потомки, которые преумножают их достижения и создают облик нового Казахстана.

Давайте пожелаем тем, кто ушел из жизни: «Пусть земля им будет пухом!». Живым ветеранам – счастливой старости, благополучия и достатка, уверенности, что они не зря трудились, не жалея сил, потому что потомки приняли из их рук Знамя Победы и никогда никому не позволят осквернить нашу Землю своим присутствием, если они придут к нам с мечом!

С Днем Победы, дорогие читатели!



KAZZINC

ИСТОРИЯ ВЕТЕРАНА ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ И ГЕРОЯ СОЦТРУДА ИЗ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА

Память уже нередко подводит Хайруллу Бахтыбаева. Сказывается возраст: за 95 лет произошло столько событий, что многие из них забылись. Но есть вещи, которые ветеран Великой Отечественной войны помнит назубок, будто таблицу умножения. Среди них – технические характеристики гвардейского миномета БМ-13 – знаменитой «Катюши».



Бахтыбаев Хайрулла

В начале 1941 года 16-летний Хайрулла Бахтыбаев из села Покровка Тарбагатайского района и не подозревал, что спустя пару лет окажется в Ташкенте. Из солнечной столицы Узбекской ССР он отправится на фронт...

Первыми на войну ушли один за другим старшие братья Хайруллы. Некоторых из них родные не увидели больше никогда.

В 1942 году Хайрулла отправился в Ташкент. Там в пехотном училище готовили младших офицеров. В 1943 году курсант Бахтыбаев стал командиром расчета гвардейского миномета БМ-13. За следующие два года Хайрулла видел много городов. Каждый – освобожден от фашистских захватчиков, каждый – пройден вдоль и поперек во время сражений, каждый – это несколько дней боевых действий: Киев, Житомир, Будапешт, Бухарест и Вена.

– В боях отца контузило, – рассказывает старший сын ветерана Фарит. – В детстве мы с братом не могли понять, почему папа спит в шапке. Потом он объяснил: голова болит и мерзнет после травмы. Не спросили – не говорил бы. Отец всегда бодрился и ни на что не жаловался.

После войны Хайрулла вернулся к мирной жизни, стал плавильщиком на свинцово-цинковом комбинате Усть-Каменогорска (сейчас ТОО «Казцинк»). Начальство знало: самые сложные задачи по плечу молодому мужчине. В числе первых Бахтыбаев пошел работать на свинцовый завод, когда производство только осваивали. Ум и исключительная ответственность сотрудника принесли результат – печи в цехе работали безаварийно, продукцию выпускали ударными темпами. За свои заслуги в области цветной металлургии Хайрулла Бахтыбаев получил звание Героя Соцтруда.

– Отец много работал, но это не мешало ему серьезно увлекаться фотосъемкой, – говорит младший сын ветерана Хамит. – Занимался и садоводством. Делал все энергично, будто играючи. Мы с братом в детстве постоянно крутились вокруг него, так он умел заинтересовать нас, мальчишек.

После выхода на пенсию ветеран продолжал удивлять окружающих своей молодажью и жизнелюбием.

– Иной раз люди кивали на внука Рустама и спрашивали отца: «Это ваш сын?», – вспоминает Хамит. – Папе в то время было за пятьдесят. Думаю, именно благодаря своей энергичности он дожил до столь преклонного возраста.

Еще один секрет долголетия Хайруллы Бахтыбаева – счастливая семейная жизнь. Во всех больших и малых свершениях супруга поддерживала жена Раиса.

– Невероятно, но мы даже не знаем, как познакомились наши родители, – делится Хамит. – Почему? Мы не задавались этим вопросом. Казалось, что отец с мамой всю жизнь были вместе: так прекрасно они понимали друг друга. Шесть лет назад мамы не стало. Сейчас отец иногда забывается – годы берут свое, беспокоится и говорит: Рая куда-то ушла и не возвращается, надо ее искать. Нам это понятно: ведь при жизни они почти никогда не расставались надолго.

Трудовой путь Х. Бахтыбаева стал примером для его родных. Старший сын ветерана, Фарит, с молодости и до пенсии работал в «Казцинке», внук Рустам – старший мастер на Усть-Каменогорском металлургическом комплексе.

– Отец привил всем нам любовь к труду и добросовестность, – говорит Фарит. – Такие качества характера бесценны во все времена.



**Хайрулла Бахтыбаев
в молодости**



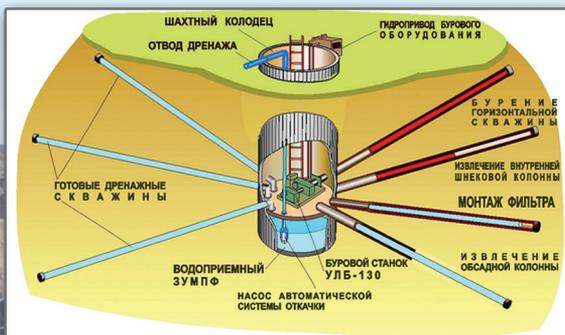
**Х. Бахтыбаев работал
плавильщиком
на свинцово-цинковом
комбинате Усть-
Каменогорска**

Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»

ЛАБОРАТОРИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАСЧЁТОВ И ДРЕНАЖА

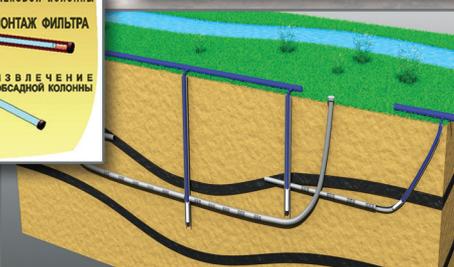
ОАО «ВИОГЕМ»

1966–2020



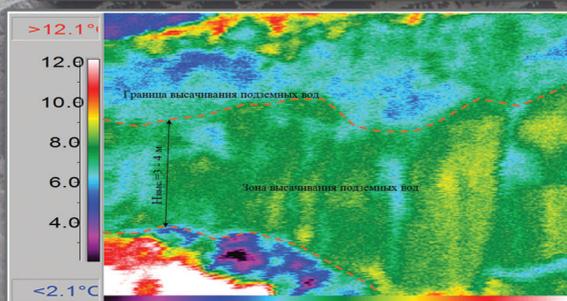
Защита застроенных территорий от подтопления

Разработанные способы дренажа успешно применяются для защиты гражданских и промышленных объектов от негативного влияния подземных вод



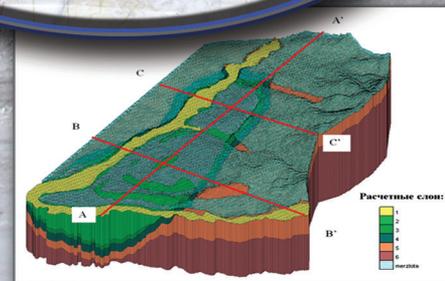
Защита горных выработок от подземных вод

На протяжении 60 лет разработки наших специалистов помогают обрабатывать обводнённые месторождения в России, ближнем и дальнем зарубежье



Мониторинг и охрана водных ресурсов

Проектирование технических мероприятий выполняется с обязательным учётом действующих природоохранных норм. С целью мониторинга состояния подземных вод и эффективности запроектированных горно-осушительных систем мы выполняем специальные наблюдения



Применение современных технологий

Применение тепловизора и беспилотников позволяет нам удерживать лидирующие позиции на рынке и уверенно развиваться.

Геофильтрационное моделирование

Создание компьютерных гидрогеологических моделей горных объектов для защиты от обводнения

308007, г. Белгород
Пр. Б. Хмельницкого, 86
(4722) 26-08-90; 34-63-16
volkov@viogem-sp.ru
www.lifrid.ru

Код МРНТИ 52.01.77

Г.П. Метакса, А.С. Метакса, Е.М. Боленов, Ж.Н. Алишева

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

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕАКТОРОВ ДЛЯ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Аннотация. В статье изложена новая идея повторного использования месторождений урана и нефти, разработанная в Институте горного дела им. Д.А. Кунаева. Цикл реабилитации месторождений предусматривает использование параметров природного залегания в комплексе с инициацией процессов синтеза, ускорение которых достигается путем внешних переменных воздействий. Это дает повод для более глубокого изучения параметров работы природных реакторов, непрерывно воспроизводящих определенные химические элементы. В нашем случае объектом изучения в системе «воздействие – отклик» было выбрано озеро Иссык-Куль. Также в работе дается обоснование синтеза заданных полезных ископаемых на основании частотно-временных параметров для повторного использования существующих месторождений в качестве природных реакторов.

Ключевые слова: месторождение, радон, воздействие – отклик, геотехнология, природные реакторы, полезные ископаемые.

Пайдалы қазбаларды өндіру үшін табиғи реакторларды пайдалану мүмкіндіктерін талдау

Аңдатпа. Ең танымал табиғи реакторлардың бірі Габон штатының Окло [1] қаласында орналасқан. Бұл уран кен орны уран ядросының бөлінуінің тізбекті реакциясы өздігінен пайда болғандығымен танымал. Бүгінгі таңда реакция изотоптардың қорларының таусылуына байланысты тоқтап қалды, бірақ кен орны ғылыми әлем үшін әлі де қызықты, өйткені табиғи реакциялар толық түсінілмейді. Біздің зертханада болашақта табиғи жағдайда қолдануға болатын жасанды кен орындарын пайдалану мүмкіндіктеріне талдау жасалды. Бұл белгілі бір химиялық элементтерді үздіксіз көбейтетін табиғи реакторлардың жұмыс параметрлерін тереңірек зерттеуге мүмкіндік береді. Біздің жағдайда ол «әсер ету-жауап» жүйесінде зерттеу нысаны ретінде таңдалды – Ыстықкөл Көлі. Сондай-ақ, жұмыс барланған кен орындарын табиғи минералды синтездеуге арналған реактор ретінде пайдалану үшін уақыт жиілігінің параметрлері негізінде негіздейді.

Түйінді сөздер: өріс, радон, әсер – жауап, геотехнология, табиғи реакторлар, минералдар.

Analysis of the possibilities of using natural reactors for mining

Abstract. The article suggests a new idea of reuse of uranium and oil deposits, developed at the D.A. Kunaev Institute of mining. The field rehabilitation cycle involves the use of natural occurrence parameters in combination with the initiation of synthesis processes, which are accelerated by external variables. This gives rise to a more in-depth study of the parameters of the operation of natural reactors that continuously reproduce certain chemical elements. In our case, Issyk-Kul lake was chosen as the object of study in the «impact – response» system. The paper also provides a justification for the synthesis of specified minerals based on frequency-time parameters for reuse of existing deposits as natural reactors.

Key words: deposit, radon, impact-response, geotechnology, natural reactors, minerals, sphere of gravity, energy potential, Kepler's third Law, spectral composition.

Введение

Один из самых знаменитых природных реакторов находится в Окло (Габон)¹. Данное урановое месторождение знаменито тем, что в нем происходила цепная реакция деления ядер урана самопроизвольно. На сегодняшний день реакция прекратилась из-за истощения запасов изотопа, но месторождение по-прежнему остается интересным для научного мира, т. к. природные реакции не изучены до конца. В нашей лаборатории был произведен анализ возможностей использования искусственных месторождений, которые в будущем могли бы применяться в природных условиях.

Актуальность решения проблемы повторного использования искусственных месторождений обусловлена возрастающим количеством отвалов, бедных руд и заброшенных рудников.

Освоение новых территорий или возвращение на старые месторождения – это всегда результат сочетания конструктивных идей, знаний и умелого использования технических средств и мыслительных процессов. На сегодняшний день появилось очень много различных разработок по освоению новых и старых нефтяных и газовых месторождений: от геолого-гидродинамических до интеллектуальных моделей. Если посмотреть

на добычу нефти на глобальном уровне, то в США, где была запущена сланцевая революция², она выросла с 2000 г. на 93%, а в Казахстане – в 2,6 раза. Но, несмотря на это, на сегодняшний день необходимы новые идеи по повторному использованию месторождений.

Методы исследования

В Институте горного дела им. Д.А. Кунаева предложена новая идея повторного использования месторождений урана и нефти. Цикл реабилитации месторождений предусматривает использование параметров природного залегания в комплексе с инициацией процессов синтеза, ускорение которых достигается путем внешних переменных воздействий.

Разрабатываемая технология относится к классу энергосберегающих, т.к. используются природные источники энергии и уже готовые для использования скважины. В качестве обоснования для проведения нового цикла работ приводится пример естественной генерации радона на озере Иссык-Куль (Киргизия).

Более 250 лет назад появилось «Слово о рождении металлов от трясения Земли сентября 6 дня 1757 года говоренное», высказанное М.В. Ломоносовым³. За это время наука существенно продвинулась в термоядерном синтезе всех металлов в создании нанотехнологий и новых

¹The natural nuclear reactor at Oklo: A comparison with modern nuclear reactors. // Radiation Information Network. – 2005 (April).

²BP Statistical Review of World Energy 2019.

Таблица 1
Расчетные значения Кеплеровского соотношения
для основных ритмов Земли

Кестелі
Жердің негізгі ырғақтары үшін Кеплерлік
арақатынастың есептік мәндері

Table 1
Calculated values of the Kepler ratio for the main
Earth rhythms

Наименование цикла	Константа К, м ³ /с ²
Суточный	$3,477 \times 10^{10}$
Лунный	$3,767 \times 10^7$
Годовой	$2,6 \times 10^5$
Солнечный	$1811 = 1,811 \times 10^3$

материалов, имеющих размеры структурных элементов, присущих молекулярному уровню рассмотрения. Однако востребованность этого «Слова...» проявилась в третьем тысячелетии, когда техногенные воздействия приобрели свойства неуправляемой стихии, особенно в горном деле. Развивающаяся геомеханика потребовала от горняков знания всех процессов накопления и разрядки напряжений для всех уровней рассмотрения – от наноразмеров до макромасштабов реального строения литосферы. Отсюда вытекает необходимость внимательного изучения процессов синтеза некоторых элементов таблицы Д.И. Менделеева, происходящих естественным путем, например синтез радона на озере Иссык-Куль.

Результаты исследований и их обсуждение

Озеро Иссык-Куль расположенное на территории сейсмогенерирующих районов Кыргызстана, обладает способностью синтезировать радиоактивный газ радон. Предгорья этого озера богаты месторождениями мышьяка, сурьмы, ртути, олова, цинка, углерода, редкоземельных металлов.

По выражению М.В. Ломоносова, «...следует показать, как металлы в слоях и в жилах рождаются; и что трясение земли к точному их воспроизведению способствует...». На языке современной науки мы должны показать спектральный состав процессов внешнего воздействия и отклика многофазной структуры этого озера, т. е. для того, чтобы обосновать необходимость постоянного возобновления и поддержания равновесной концентрации радона, надо искать резонансные условия в системе «воздействие – отклик».

Сфера тяготения планеты Земля имеет свои физические особенности и, соответственно, спектральный состав процессов накопления и разрядки под действием суточных, лунных, годовых и солнечных циклов⁴. Под сферой тяготения планеты понимают область пространства, внутри которой притяжение планеты сильнее притяжения Солнца⁵. Аналитические и численные

методы небесной механики могут решать задачи определения периодов для «нулевых спутников», у которых большая полуось орбиты равна радиусу Земли. Определенный таким образом период⁵ составляет 84,4 мин. Это означает, что для сферы тяготения нашей планеты позволительно пользоваться решениями Кеплеровских задач с радиусами, у которых большая полуось равна или меньше радиуса Земли. Тогда для основных временных циклов Земли легко определить константу K взаимодействия по третьему Закону Кеплера:

$$K = R^3/T^3, \quad (1)$$

где R – радиус Земли ($R = 6378$ км);

T – период земных циклов (суточного, лунного, годового, солнечного).

В табл. 1 приведены расчетные значения постоянной K для основных ритмов планеты.

Расчетные данные свидетельствуют о том, что для каждого цикла этот коэффициент имеет конкретное значение и, в зависимости от вида взаимодействия, меняется на 2-3 порядка по мере возрастания продолжительности цикла рассмотрения.

При резонансе, чтобы достичь наилучших результатов⁶, важно, чтобы длина каждого элемента проводящей среды была равна одной четвертой длины волны, умноженной на нечетное число n . По этому признаку озеро Иссык-Куль, имеющее длину 182 км, ширину 58 км и максимальную глубину 0,7 км, обладает двойным резонансным соответствием по отношению к длине волны глубинного параметра ($n = 65$ и 21). Кроме того, выявляются резонансные соответствия с экспериментально определенным планетным ритмом Н. Тесла (1 ч 45 мин) по главному (орбитальному) признаку, т. е. радиус орбиты для такого периода, рассчитанный по третьему Закону Кеплера, равен $R = 5,11 \times 10^8$ м, что соответствует 80 радиусам Земли. Физически это определяет границу современной магнитосферы⁷, а длины волн такой протяженности обладают огромным энергетическим потенциалом. Это означает, что любое отклонение от равновесия, например, во время магнитной бури, приведет к резонансному отклику именно в этом регионе.

Возникающая реакция на внешнее воздействие вынуждена распространяться, вызывая круговые движения, т. к. геометрическое соотношение длины и ширины озера равно числу π – константе всех видов вращательного движения. Спектральный состав таких откликов для самого глубокого места озера ($h = 702$ м), определенный по третьему Закону Кеплера, находится в следующем диапазоне:

1) для орбитального уровня рассмотрения:

$$(K = 3,36 \times 10^{18}) \quad - T_o = 10,1 \times 10^{-6} \text{ с}, \quad v = 99 \text{ кГц};$$

2) для суточного вращения:

$$- T_c = 9,93 \times 10^{-2} \text{ с}, \quad v = 10 \text{ Гц};$$

3) для приливно-отливных лунных циклов:

$$- T_n = 3,68 \text{ с}, \quad v = 0,37 \text{ Гц};$$

³Ломоносов М.В. Слово о рождении металлов от трясения Земли сентября 6 дня 1757 года говоренное. // О слоях земных. – М.: Госгеолитиздат, 1949. – 210 с.

⁴Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. – Алматы, 2004. – 504 с.

⁵Чеботарев Г.А. Аналитические и численные методы небесной механики. – М.-Л.: Наука, 1965. – 365 с.

⁶Тесла Н. Научные и технические статьи. / Интернет-публикация, раздел «Война и землетрясения». – 1899.

⁷Дмитриев А.Н. Огненное пересоздание климата Земли. / Интернет-публикация СНС, «Пульс будущего». – 2003. <http://pulse.webservis.ru>.

4) для сезонных циклов земного года:

$$- T_{200} = 36,32 \text{ с};$$

5) для солнечного года (12 лет):

$$- T = 435,2 \text{ с} = 7,25 \text{ мин.}$$

Полученные расчетные данные свидетельствуют о том, что частотно-временной диапазон отклика глубокой части озера находится в области ультразвуковых частот для 1 уровня рассмотрения, в инфразвуковом диапазоне – для 2 и 3 уровней, а для 4 и 5 уровней – в области сейсмогенерируемых волн.

Собственные частоты продольных и поперечных волн в озере приведены в табл. 2. Приведенные данные свидетельствуют о том, что собственные частотно-временные параметры озера находятся в звуковом и инфразвуковом диапазонах, характерном для сейсмоприемников. Условия согласования по резонансному признаку определяются значениями целочисленного ряда геометрических соотношений продольных и поперечных размеров озера по отношению к глубине. Возникают предпосылки для возникновения спиральных завихрений, распространяющихся вглубь с периодами, приведенными в табл. 3.

Заключение

Такова периодичность «дыхания» озера в ответ на внешние воздействия разного уровня. При замерах

в различных точках можно фиксировать частоты, близкие к промышленной частоте, а также улавливать ритмы длительностью от 26 с до 7,5 сут. В таком резервуаре каждое внешнее воздействие приводит к отклику со значительным потенциалом спирального действия, распределение которого может приводить к непрерывному, но циклическому, воспроизведению радиоактивного газа радона, и не только его. Здесь уместно привести рассуждение М.В. Ломоносова: «...вижу встречающийся вопрос: родятся ли металлы и ныне беспрестанно – или от создания мира с прочими вещами сотворены...». Выполненная работа убедительно показывает, что процесс синтеза радона является постоянным, т. к. этот элемент является газом, и поддержание равновесной его концентрации требует систематической подпитки, которая должна происходить за счет протекания естественных процессов синтеза этого элемента. Видимо неслучайно одна из методик прогноза землетрясений основана на определении концентрации радона в некоторых минеральных источниках^{8,9} [1].

Выводы

Анализ возможностей использования искусственных месторождений дает повод для изучения параметров работы природных реакторов, непрерывно воспроизводящих определенные химические элементы.

Таблица 2

Собственные частоты озера Иссык-Куль, обусловленные геометрией озера ($v = V/\lambda$, $\lambda = 1/2L$, B)

Кесте 2

Көл геометриясына негізделген Ыстықкөл көлінің меншікті жиілігі ($v = V/\lambda$, $\lambda = 1/2L$, B)

Table 2

Natural frequencies of Issyk-Kul lake due to the geometry of the lake ($v = V/\lambda$, $\lambda = 1/2L$, B)

Вид отклика	Для продольных волн		Для поперечных волн	
	период, с	частота, Гц	период, с	частота, Гц
Электромагнитный	$0,3 \times 10^{-3}$	$3,27 \times 10^3$	$0,097 \times 10^{-3}$	$10,34 \times 10^3$
Механический в твердой подложке	14,5	69×10^{-3}	4,6	0,21
Механический в воде	60,(6)	$16,5 \times 10^{-3}$	19,(3)	0,052

Таблица 3

Частотно-временные параметры откликов на внешнее возмущение для продольных и поперечных волн озера (расчет выполнен по третьему Закону Кеплера)

Кесте 3

Көлдiң бойлық және көлденең толқындары үшін сыртқы қозуға арналған пікірлердiң жиіліктік-уақыттық параметрлері (есеп Кеплердiң үшінші заңы бойынша орындалған)

Table 3

Frequency-time parameters of responses to external perturbation for longitudinal and transverse waves of the lake (calculated according to Kepler's third Law)

Уровень рассмотрения	Для продольных волн		Для поперечных волн	
	период, с	частота, Гц	период, с	частота, Гц
Орбитальный	$1,49 \times 10^{-2}$	67	$2,67 \times 10^{-2}$	37,45
Суточный	146	–	26,2	–
Приливно-отливный	$3,96 \times 10^3$	–	$0,7 \times 10^3$	–
Земной год	$5,37 \times 10^4$	–	$0,96 \times 10^4$	–
Солнечный год	$6,43 \times 10^5$	–	$1,05 \times 10^5$	–

⁸De Swaaf, Kirt. Da rumort es ständig im Untergrund: Interview with Pier Francesco Biagi. // Der Standard. – 2011. – 22 März.

⁹Deans S.R., Roderick S. The radon transform and some of its application. – New York: Wilwy. – 1983.

В озере Иссык-Куль, выбранном авторами в качестве объекта изучения, синтез радона осуществляется за счет преобразования внешних воздействий резонансным откликом, обусловленным геометрией озера, в ультразвуковом, инфразвуковом и тектоническом диапазонах.

Прогноз М.В. Ломоносова о возникновении металлов при землетрясениях подтверждается данными современной науки, формируя, таким образом, новое направление развития отраслей промышленности, особенно геомеханики и геотехнологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Tsunogai U. & Wakita H. Предвестники химических изменений в подземных водах: землетрясение в Кобе. // Наука. – Япония, 1995. – Т. 269. – №5220. – Р. 61-63. doi:10.1126/science.269.5220.61. – PMID 17787705.*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Tsunogai U. & Wakita H. Жер асты суларындағы химиялық өзгерістер: Кобе сілкінісі. // Ғылым. – Жапония, 1995. – Т. 269. – №5220. – Б. 61-63. doi: 10.1126 / science.269.5220.61. – PMID 17787705.*

REFERENCE

1. *Tsunogai U. & Wakita H. Precursory chemical changes in ground water: Kobe earthquake. // Science. – Japan, 1995. – Vol. 269. – №5220. – P. 61-63. doi:10.1126/science.269.5220.61. – PMID 17787705.*

Сведения об авторах:

Метакса Г.П., д-р техн. наук, академик Национальной Академии горных наук, заведующая лабораторией физико-технических проблем комплексного освоения недр Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), gmetaksa@mail.ru

Метакса А.С., магистр, младший научный сотрудник лаборатории физико-технических проблем комплексного освоения недр Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), metaxa_anna@mail.ru

Боленов Е.М., магистр, ведущий инженер лаборатории физико-технических проблем комплексного освоения недр Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), e24.01@mail.ru

Алишева Ж.Н., PhD, магистр, научный сотрудник лаборатории физико-технических проблем комплексного освоения недр Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), zhannat_86.2007@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Метакса Г.П., техника ғылымдарының докторы, Ұлттық тау-кен ғылымдары Академиясының академигі, Д.А. Қонаев тау-кен ісі Институтының – «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» республикалық мемлекеттік кәсіпорнының филиалы Жер қойнауын кешенді игерудің физика-техникалық мәселелері зертханасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан), gmetaksa@mail.ru

Метакса А.С., магистр, Д.А. Қонаев тау-кен ісі Институтының – «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» республикалық мемлекеттік кәсіпорнының филиалы Жер қойнауын кешенді игерудің физика-техникалық мәселелері зертханасының меңгерушісі кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), metaxa_anna@mail.ru

Боленов Е.М., магистр, Д.А. Қонаев тау-кен ісі Институтының – «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» республикалық мемлекеттік кәсіпорнының филиалы Жер қойнауын кешенді игерудің физика-техникалық мәселелері зертханасының меңгерушісі жетекші инженері (Алматы қ., Қазақстан), e24.01@mail.ru

Алишева Ж.Н., PhD, магистр, Д.А. Қонаев тау-кен ісі Институтының – «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы» республикалық мемлекеттік кәсіпорнының филиалы Жер қойнауын кешенді игерудің физика-техникалық мәселелері зертханасының меңгерушісі ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), zhannat_86.2007@mail.ru

Information about the authors:

Metaksa G.P., Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Mining Sciences, Head at the Laboratory of Physical and Technical Problems of Integrated Development of Mineral Resources of the Institute of Mining named after D.A. Kunaev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), gmetaksa@mail.ru

Metaksa A.S., Master's Degree, Junior Researcher at the Laboratory of Physical and Technical Problems of Integrated Development of Mineral Resources of the Institute of Mining named after D.A. Kunaev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), metaxa_anna@mail.ru

Boленov E.M., Master, Senior Engineer at the Laboratory of Physical and Technical Problems of Integrated Development of Mineral Resources of the Institute of Mining named after D.A. Kunaev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), e24.01@mail.ru

Alishева Zh.N., PhD, Master's Degree, Researcher at the Laboratory of Physical and Technical Problems of Integrated Development of Mineral Resources of the Institute of Mining named after D.A. Kunaev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), zhannat_86.2007@mail.ru

Статья публикуется в рамках программы целевого финансирования №Br 05236712



КАЗАХСТАН
2020

**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

Код МРНТИ: 52.01.91

А.Е. Воробьев¹, К.А. Воробьев¹, Р.Р. Ходжаев²¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (г. Москва, Россия),²Товарищество с ограниченной ответственностью «Научно-инженерный центр GeoMark» (г. Караганда, Казахстан)

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Аннотация. Раскрыта принципиальная сущность природоподобных технологий возобновления минеральных ресурсов. Показано, что эволюция человечества пока еще неизбежно приводит к появлению системного кризиса между биосферой и техносферой. Даны понятия терминам бионика, биомиметика и природоподобные технологии; представлены основные этапы их развития. Описаны примеры различных бионических устройств и технологий. Детализированы устройства в виде искусственных растений и искусственных листьев, позволяющих получать электрическую энергию и синтезировать необходимые химические соединения. Рассмотрены основные процессы, происходящие в живых организмах, на основе которых были выработаны главные принципы техногенного возобновления минеральных ресурсов: увеличение объемов техногенных руд и придание минеральным отходам легкоусвояемой формы.

Ключевые слова: бионика, биомиметика, природоподобные технологии, принципы, базовое техногенное воспроизводство, минеральное сырье.

Минералдық ресурстар қайта бастау үшін табиғатқа ұқсас технологиялар негіздемесі мен құрастыру

Аңдатпа. Ашылуы принципті мәні табиғатқа ұқсас технологияларды жаңарту минералдық ресурстар. Адамзат эволюциясы әлі де Биосфера мен Техносфера арасында жүйелі дағдарыстың пайда болуына алып келеді. Бионика, биомиметика және табиғатқа ұқсас технологиялар терминдеріне түсініктер берілген және олардың дамуының негізгі кезеңдері берілген. Әр түрлі бионикалық құрылғылар мен технологиялардың мысалдары сипатталған. Электр энергиясын алуға және қажетті химиялық қосылыстарды синтездеуге мүмкіндік беретін жасанды өсімдіктер және жасанды жапырақтар түріндегі құрылғылар нақтыланды. Тірі организмдерде болып жатқан негізгі үдерістер қарастырылды, олардың негізінде минералдық ресурстардың техногендік жаңаруының негізгі принциптері: техногендік кендердің көлемін ұлғайту және минералдық қалдықтарға жеңіл түзілетін форма беру.

Түйінді сөздер: бионика, биомиметика, табиғатқа ұқсас технологиялар, қағидаттар, базалық техногенді өндірісі, минералдық шикізат.

Design and justification of natural-like technologies for renewing mineral resources

Abstract. The basic essence of nature similar technologies of renewal of mineral resources is disclosed. The evolution of mankind leading to crisis between the biosphere and a technosphere is shown. Concepts are given to terms of the bionics, a biomimetik and nature similar technologies and their stages of development are presented. Examples of various bionic devices and technologies are described. Devices in the form of the artificial plants and artificial leaves allowing to receive electric energy and to synthesize necessary chemical compounds are detailed. The main processes happening in live organisms on the basis of which the main principles of technogenic renewal of mineral resources were developed are considered.

Key words: bionics, biomimetika, nature similar technologies, renewal, mineral resources, principles, basic technogenic reproduction, mineral raw materials, technogeogenesis, biogenous mobilization.

«От животных мы путем подражания научились важнейшим делам.
Мы – ученики наука в ткацком и портняжных ремеслах,
ученики ласточки в построении жилищ ...»
греческий философ Демокрит
(460-370 гг. до н.э.)

Введение

В общем случае, эволюция человечества предопределяется имеющимися взаимоотношениями органического и неорганического мира, а также значением скорости появления новых научных познаний, открытия и использования объективно существующих различных эффектов и явлений, с выводом из них отдельных законов и закономерностей, позволяющим осуществлять дальнейшее развитие науки и технологий.

Методы/исследования

Противоречия между биосферой и техносферой

Глобальным вызовом всему человеческому обществу стала проблема техногенного загрязнения биосферы. В частности, ежегодно мировая промышленность производит $5,16 \times 10^{12}$ т разнообразных промышленных и бытовых отходов, которые поступают в окружающую среду^{1,2} [1], но подавляющая их часть явно чужеродна

биосфере, т. к. не имеет естественных организмов-редуцентов, а потому не всегда может включиться в планетарный биогеохимический круговорот атомов³.

Причиной сложившейся кризисной ситуации является ярко выраженный антагонизм между эволюционно сложившейся биосферой и созданной за короткий промежуток времени человеком техносферой^{1,2}. Технический прогресс явил такие технологии, которые по своей сути являются довольно плохими копиями отдельных элементов биосферных процессов (причем, вырванными из естественного природного контекста) [2].

Результаты

Научно-практическое направление бионика

Президентом РФ В.В. Путиным на 70-й сессии генеральной ассамблеи ООН было предложено внедрение принципиально новых *природоподобных технологий* (представляющих русскоязычный перевод термина

¹Воробьев А.Е. Человек и биосфера. Основы взаимодействия, эволюции и самоорганизации. / Под ред. чл.-корр. РАН Пучкова Л.А. – М.: МГТУ, 1998. – 216 с.

²Пучков Л.А., Воробьев А.Е. Человек и биосфера: вхождение в техносферу. – М.: МГТУ, 2000. – 342 с.

³Перельман А.И. Геохимия биосферы. – М.: URSS, 2017. – 168 с.

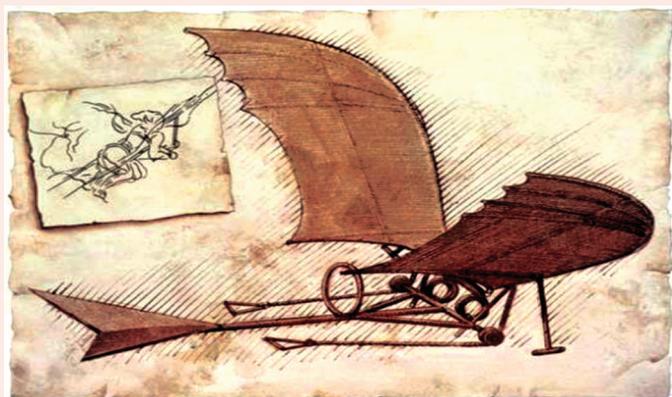


Рис. 1. Летательный аппарат Леонардо да Винчи, разработанный на основе крыльев птиц.
Сурет 1. Леонардо да Винчи ұшу аппараты құстардың қанаты негізінде әзірленген.
Figure 1. Leonardo da Vinci aircraft developed based on bird wings.

«биомиметика»), которые не будут наносить урон окружающему миру, а начнут существовать с ним в определенной гармонии (коэволюции, по терминологии академика Н. Моисеева) и позволят восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой⁴.

Необходимо выделять несколько этапов развития бионики (биомиметики, природоподобных технологий).

Первый этап – механическое копирование в технике объектов живой природы. Этот подход использовал в своих изобретениях итальянский ученый и инженер Леонардо да Винчи, создавший единичные образцы природоподобных устройств (рис. 1).

Однако исторически самым первым решением таких природоподобных технологий было использование формы паутины, которая натолкнула древних рыбаков на идею создания рыболовных сетей⁵. Изобретатель бумаги китаец Чай-Лун создал ее в 105 г. н. э., смешивая измельченный бамбук с водой. Эта идея пришла к нему при внимательном изучении строительства гнезд «бумажными» осами. Для получения бумаги для своих гнезд эти осы первоначально выбирают высохшее дерево, от которого они отрывают древесные волокна и мощными челюстями перетирают их в порошок, который затем пережевывают со слюной, отделяя при этом клетчатку. Таким образом, получается масса необходимой для строительства гнезда бумаги. При этом осы настолько искусно владеют технологией производства бумаги, что способны делать пять ее вариантов – от тончайшего пергамента до плотного картона.

В XIX веке были разработаны всякие перекрытия зданий и сооружений, которые были изобретены российским инженером В. Шуховым и впервые применены для зданий выставочных павильонов Нижегородской ярмарки в 1896 г. Такие перекрытия также копируют принципы и элементы ловчей паутины.

У птиц скопированы некоторые элементы крыльев самолетов (винглеты – вертикальные законцовки консоли крыла), служащие для снижения интенсивности концевых вихря, вызванного перетокком воздушного течения из области высокого давления в разделенную плоскостью крыла [3] область пониженного давления⁶ (рис. 2).

Второй этап развития бионики представляет собой функциональное (математическое или программное) моделирование технических устройств и систем, осуществляемое на основе подобию живым организмам, которое заключается в изучении структурных схем существующих живых организмов, их числовых характеристик, их назначения и изменения во времени.

В качестве примера такого подхода целесообразно привести открытый в 1990 г. немецким биологом В. Бартлоттом «эффект лотоса». Выяснилось, что поверхность лотоса обладает множеством выступов («шипов»). В результате любая капля воды, попадая на такую поверхность, имеет весьма малую площадь соприкосновения с поверхностью лотоса и, скатываясь с нее (рис. 3), забирает с собой имеющееся загрязнение. На этой основе

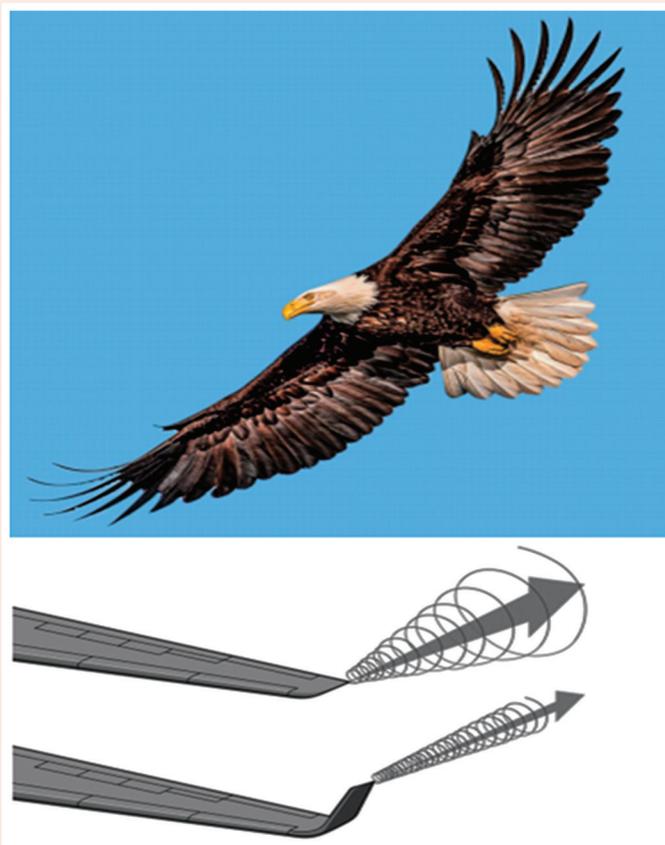


Рис. 2. Перья белоголового орла и винглеты самолета.
Сурет 2. Қауырсыны ақ бас қыран және ұшақтың винглетлер.
Figure 2. White-headed eagle feathers and plane winglets.

⁴Семидесятая сессия генеральной ассамблеи ООН. // Президент России. Интернет-сайт. – 28.09.2015. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/50385>. Дата обращения: 16.10.2018.

⁵Гуйю А., Мейе Ж.А. Бионика. Когда наука имитирует природу. – М., Техносфера, 2013. – 293 с.

⁶Teschner T-R. A comparative study between winglet and raked wingtip wing configurations: Bachelor thesis. / Department of automotive and aeronautical engineering. – Hamburg University of Applied Sciences, 2012.

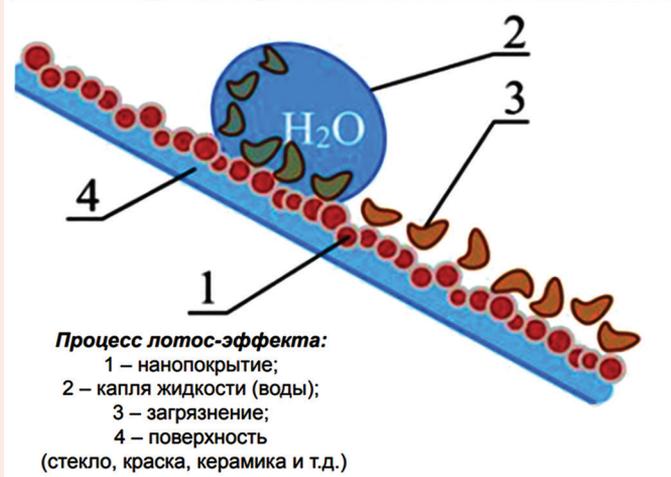


Рис. 3. Эффект лотоса.
Сурет 3. Лотос эффект.
Figure 3. Effect of a lotus.

была разработана технология производства супергидрофобного материала, запатентованного, как лотос-эффект.

Также в используемых подходах к бионическому конструированию учитывалось, что все живые растения постоянно испаряют влагу, поэтому перманентно нуждаются в подпитке новой влагой (водой), которая движется от их корней к листьям⁷. На этом природном эффекте группа ученых под руководством М. Махарбиза из Калифорнийского университета (США) разработала синтетические «листья», испаряющие аналогично природным воду со своей поверхности, вырабатывая при этом электричество. Эти синтетические «листья» представляют собой стеклянные пластины, пронизанные системой многочисленных капилляров и электрических проводников. Вода подается в центральную магистраль (аналог ствола растения) с постоянной скоростью 1,5 см/с, откуда по системе многочисленных капилляров поступает к «листьям» и затем испаряется с их поверхности. Поверхность «листьев» и вода образуют два проводящих электричество слоя (по типу пластин конденсатора, где диэлектриком выступают крошечные пузырьки воздуха с испарившейся влагой). Эти пузырьки, двигаясь внутри

такого «конденсатора», за счет различных электрических показателей воздуха и воды, приводят к появлению электрического заряда, генерируя, таким образом, электрическую энергию. Такой искусственный аналог растения может произвести от 2 до 5 микровольт электрического потенциала на 1 ячейку, что соответствует уровню мощности 2 микроватта на 1 см³ объема активной площади.

Кроме того, ученым удалось создать фотокаталитическую систему, которая под действием солнечного света производит синтез-газ из углекислого газа и воды [4]. Ранее этот продукт получали с помощью газификации угля⁸ на основе технологического процесса, который наносит значительный вред окружающей среде.

В созданном устройстве два внешних слоя, расположенные с обоих концов искусственного «листа», представляют собой светопоглотители, выполненные из галоидных перовскитов и ванадата висмута $BiVO_4$, соединенных с катализатором из кобальта [4]. Когда такое устройство погружено в воду, то один его конец начинает производить водород, а другой при этом осуществляет химическую реакцию, которая превращает углекислый газ и воду в угарный газ и водород, образуя синтез-газ.

Команда исследователей из Иллинойского университета (США) представила свой новый технический дизайн такого искусственного «листа»⁹, который позволяет точно и максимально эффективно вбирать в свою структуру углекислый газ, а затем на основе искусственного фотосинтеза конвертировать его в кислород и другие химические элементы, представляющие определенный промышленный интерес в качестве топлива. Такой искусственный «лист» покрывается внешним защитным слоем из полупроницаемой мембраны, составленной преимущественно из четвертичной аммониевой смолы, которая позволяет ему воспроизводить практически все свойства настоящего природного листа растения. Основная идея здесь заключается в том, что, когда солнечные лучи попадают на подобный искусственный «лист», то вода из него медленно выпаривается через имеющиеся поры, а на ее место всасываются частички углекислого газа, который, благодаря последующему процессу искусственного фотосинтеза, конвертируется в монооксид углерода.

Третий этап развития бионических устройств состоит в использовании в технике и технологиях основных процессов, происходящих в живых объектах.

Эти процессы заключаются в:

- *использовании атомов и химических соединений из окружающей среды, а также солнечной энергии в процессе осуществления своей жизнедеятельности:* при этом биогенная мобилизация элементов живыми организмами осуществляется путем формирования замкнутых биогеохимических круговоротов химических элементов, движущей силой которых выступает энергия живого вещества [1];

⁷Искусственный фотосинтез. <https://dailytechinfo.org/news/439-iskusstvennyj-fotosintez-v-sinteticheskix-listyax.html>.

⁸Воробьев А.Е., Норов Ю.Д., Джамиева Р.Б. Инновационные методы газификации и термодеструкции месторождений горючего сланца. / Под ред. д.т.н. К.С. Санакулова. – Бухара (Узбекистан): Бухоро, 2011. – 168 с.

⁹Создан искусственный лист с возможностью фотосинтеза. // <https://fainaidea.com/nauka/materialy/sozdan-iskusstvennyj-list-s-vozmozhnostyu-fotosinteza-174344.html>.

▪ *стремлении к росту объемов биомассы отдельного организма или популяции*: еще академик В.И. Вернадский впервые обратил внимание на то, что важнейшей функцией живого вещества является постоянное воспроизводство биомассы;

▪ *преобразовании окружающей среды «под себя»* (строительство бобрами плотин; сооружение ходов в почве при сооружении нор животными и некоторыми птицами, а также каналов дождевыми червями и т. д.);

▪ *образование отходов в количестве и форме, пригодной для жизнеобеспечения других живых организмов*: кроме увеличения объемов синтеза первичной биомассы, живое вещество, как правило, эволюционирует в сторону усложнения уровня своей организации и ускорения планетарных круговоротов химических элементов³.

Обсуждение результатов

Бионическая технология возобновления минеральных ресурсов

Разработанная в 1993 г. проф. А.Е. Воробьевым технология возобновления минерального сырья^{10,11} относится к такому разделу бионики, как стремление живых организмов и их популяций к постоянному наращиванию объемов своей биомассы. При реализации этой инновационной технологии недропользования за счет целенаправленного перераспределения полезных компонентов в массиве техногенных минеральных объектов (отвалов и хвостохранилищ) обеспечивается приток объемов геомассы, относимой к балансовым рудам. Техногенез золота в техногенных минеральных образованиях (разрушение, химическое растворение, перенос и аккумуляция) приводит к его перераспределению [5] и в ряде случаев обеспечивает образование локальных зон его повышенной концентрации^{10,11}. Актуальность данной технологии определяется значительными

объемами минеральных отходов горных производств. Так, к 2016 г. в мире в отвалах и хвостохранилищах оказалось заскладированным до 600 млрд т геомассы, где содержится (по разным оценкам) от 10% до 40 % неизвлеченного золота со средним содержанием 0,2-0,5 г/т.

Также весьма важным представляется придание образуемым минеральным отходам горного производства форм и свойств, пригодных для использования в дальнейшем биосферой. Природным примером могут послужить процессы разрушения и переноса реками различных минералов с последующим обогащением ими продуктивных почв долин и дельт при весенних разливах, служащим повышению плодородия.

Все реки земного шара за год переносят в механически взвешенном и растворенном состоянии около 4,5 млрд т геовещества, образуемого за счет разрушения вмещающих речное русло пород. В наиболее крупных системах рек твердый сток измеряется десятками миллионов тонн в год [6]; твердый сток Хуанхэ – 1500 млн т, Инда – 450 млн т, Амударья – 94 млн т, Нила – 62 млн т, Волги – 25 млн т, Оби – 15 млн тонн. Кроме того, речные воды не только разрушают вмещающие горные породы, но и частично их выщелачивают и химическим образом преобразуют.

Заключение

В соответствии с бионическим подходом для экологически безопасного, а в некоторых случаях – с приданием большего плодородия сельскохозяйственным почвам минеральные отходы горных производств должны быть лишены вредных для биосферы химических соединений (прежде всего – из воздействующих при их переработке технологических растворов), измельчены до первых мкм и рассеяны в биосфере в соответствии с природным содержанием в реках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ткаченко Ю.Л. Какие технологии являются природоподобными? Новая тема для концептуальной дискуссии. // *Успехи современной науки*. – 2016. – №3. – С. 101-107.
2. Ковальчук М., Нарайкин О. Природоподобные технологии – новые возможности и новые угрозы. // *Индекс безопасности*. – №3-4(118-119). – Т. 22. – С. 103-108.
3. Дружинин А.А., Орлова Е.С., Волков А.В., Парыгин А.Г., Наумов А.В., Рыженков А.В., Вихлянцев А.А., Šoukal J., Sedlař M., Komárek M., Pochylý F., Rudolf P., Fialová S. Повышение эффективности малых и микрогидротурбин на основе применения природоподобных технологий для создания автономных источников энергии. // *Теплоэнергетика*. – 2019. – №12. – С. 86-96.
4. Andrei V., Reuillard B. & Reisner E. Получение солнечных синдов без смещения путем интеграции молекулярного кобальтового катализатора с тандемами перовскита BiVO₄. // *Nat. Mater.* – 2020. – №19. – С. 189-194.
5. Наумов В.А., Фиоруччи А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н., Фетисов В.В. Научные основы управления геологическими процессами в техногенно-минеральных образованиях. // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2018. – №9(75). – С. 89-92.
6. Савичев О.Г., Домаренко В.А., Перегудина Е.В., Лепокурова О.Е. Трансформация минерального состава донных отложений от истоков к устьям рек. // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2018. – №7. – С. 43-56.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ткаченко Ю.Л. Қандай технологиялар табиғатқа ұқсас болып табылады? Пікірталас тіпті үшін жаңа тақырып. // *Қазіргі ғылымдағы жетістіктер*. – 2016. – №3. – Б. 101-107.

¹⁰ Воробьев А.Е. Принципы создания ресурсовозобновляющих технологий. // *Деп. рук. 27/9-68*. – М.: МГИ, 1993. – 15 с.

¹¹ Воробьев А.Е. Ресурсовоспроизводящие технологии горных отраслей. – М.: МГТУ, 2001. – 150 с.

2. Ковальчук М., Нарайкин О. Табиғатқа ұқсас технологиялар – жаңа мүмкіндіктер мен жаңа қауіптерді. // Қауіпсіздік индексі. – №3-4(118-119). – Т. 22. – Б. 103-108.
3. Дружинин А.А., Орлова Е.С., Волков А.В., Парыгин А.Г., Наумов А.В., Рыженков А.В., Вихлянцев А.А., Šoukal J., Sedlař M., Komárek M., Pochylý F., Rudolf P., Fialová S. Дербес энергия көздерін жасау үшін табиғатқа ұқсас технологияларды қолдану негізінде шағын және микрогидротурбин тиімділігін арттыру. // Теплоэнергетика. – 2019. – №12. – Б. 86-96.
4. Andrei V., Reuillard B. & Reisner E. Перовскитті тандемдермен молекулалық кобальт катализаторын интеграциялау арқылы екіжақты күн сндромын шығару. // Nat. Mater. – 2020. – №19. – Б. 189-194.
5. Наумов В.А., Фиоруччи А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н., Фетисов В.В. Техногендік-минералдық түзілімдердегі геологиялық процестерді басқарудың ғылыми негіздері. // Халықаралық зерттеу журналы. – 2018. – №9(75). – Б. 89-92.
6. Савичев О.Г., Домаренко В.А., Перегудина Е.В., Лепокурова О.Е. Су түбі шөгінділерінің минералды құрамының қайнар көздерінен өзен сағаларына ауысуы. // Томск политехникалық университетінің жаңалықтары. Георесурстық инженерия. – 2018. – №7. – Б. 43-56.

REFERENCE

1. Tkachenko Yu.L. What technologies are natural-like? New topic for conceptual discussion. // Successes of modern science. – 2016. – №3. – P. 101-107.
2. Kovalchuk M., Naraykin O. Natural-like technologies - new opportunities and new threats. // Security Index. – №3-4(118-119). – Т. 22. – P. 103-108.
3. Druzhinin A.A., Orlova E.S., Volkov A.V., Parygin A.G., Naumov A.V., Ryzhenkov A.V., Vikhlyantsev A.A., Šoukal J., Sedlař M., Komárek M., Pochylý F., Rudolf P., Fialová S. Increase in efficiency small and microwater-wheels on the basis of use of nature similar technologies for creation of autonomous power sources. // Power system. – 2019. – №12. – P. 86-96.
4. Andrei V., Reuillard B. & Reisner E. Bias-free solar syngas production by integrating a molecular cobalt catalyst with perovskite – BiVO₄ tandems. // Nat. Mater. – 2020. – №19. – P. 189-194.
5. Naumov V.A., Fiorucci A., Goldyrev V.V., Brukhov V.N., Fetisov V.V. Scientific Foundations of Geological Process Management in Technogenic and Mineral Formations. // International Research Journal. – 2018. – №9(75). – P. 89-92.
6. Savichev O.G., Domarenko V.A., Peregudina E.V., Lepokurov O.E. Transformation of mineral composition of bottom sediments from the origins to the mouth of rivers. // News of the Tomsk Polytechnic University. Georesurs engineering – 2018. – №7. – P. 43-56.

Сведения об авторах:

Воробьев А.Е., д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник Института инновационных инженерных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (г. Москва, Россия), fogel_al@mail.ru

Воробьев К.А., бакалавр департамента «Недропользование и нефтегазовое дело» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (г. Москва, Россия), k.vorobyev98@mail.ru

Ходжаев Р.Р., д-р техн. наук, директор Товарищества с ограниченной ответственностью «Научно-инженерный центр ГеоМарк» (г. Караганда, Казахстан), director@nicgeomark.kz

Авторлар туралы мәлімет:

Воробьев А.Е., техника ғылымдарының докторы, профессор, Инновациялық инженерлік технологиялар институты Ресейлік халықтар достығы университеті бас ғылыми қызметкері (Мәскеу қ., Ресей), fogel_al@mail.ru

Воробьев К.А., «Жер қойнауын пайдалану және мұнай газ ісі» департаментінің Ресейлік халықтар достығы университеті бакалавры (Мәскеу қ., Ресей), k.vorobyev98@mail.ru

Ходжаев Р.Р., техника ғылымдарының докторы, «ГеоМарк» Ғылыми-инженерлік орталығы директоры (Қарағанды қ., Казахстан), director@nicgeomark.kz

Information about the authors:

Vorobev A.E., Doctor of Technical Science, Professor, Chief Researcher at the Institute of Innovative Engineering Technologies of the Russian University of Peoples Friendship (Moscow, Russia), fogel_al@mail.ru

Vorobyev K.A., Bachelor's Degree Student at the Department of Subsoil Use and Oil&Gas engineering of the Russian University of Peoples Friendship (Moscow, Russia), k.vorobyev98@mail.ru

Khodzayev R.R., Doctor of Technical Science, Director of the Limited Liability Partnership «GeoMark Research Centre» (Karaganda, Kazakhstan), director@nicgeomark.kz

Код МРНТИ 36.23.39

Д.Н. Сулейменова, М.Б. Игемберлина, А.К. Сатбергенова, Т.П. Пентаев
 Казахский национальный университет им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан)

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ИЗМЕНЕНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗДАНИЙ

Аннотация. Современные тенденции в строительстве, а именно увеличение этажности зданий, уплотнение городской застройки, стесненность строительных площадок, освоение подземного пространства, насыщение инженерными коммуникациями неизменно приводят к возникновению и последующему увеличению негативного техногенного воздействия проводимого строительства на уже построенные объекты, расположенные в прилегающих зонах. В результате осадки грунтов оснований и фундаментов или нарушений в конструкциях будут наблюдаться изменения в пространственных параметрах зданий, такие как отклонение от вертикального положения, смещение конструктивных элементов и т.д. Для контроля этих параметров на практике используются различные традиционные геодезические методы от геометрического нивелирования до пространственного лазерного сканирования и GPS технологии, а также широкий набор инструментальных средств типа наклономеров, различных отвесов и систем измерения неравномерности осадков конструкции сооружения.

Ключевые слова: мониторинг, уникальное здание, сооружение, GPS мониторинг, наклонометры, датчики, акселерометры.

Ғимараттардың кеңістіктік параметрлерінің өзгеруін бақылау үшін қолданылатын замануи геодезиялық құралдарды мен әдістері

Андатпа. Құрылыстағы қазіргі заманғы үрдістер, атап айтқанда, ғимараттардың қабаттылығын арттыру, қалалық құрылыстың нығаюы, құрылыс алаңдарының тығыздалуы, жер асты кеңістігін игеру, инженерлік коммуникациялармен қанықтыру іргелес аймақтарда орналасқан салынған объектілерге жүргізіліп жатқан құрылыстың теріс техногендік әсерінің туындауына және кейіннен ұлғаюына әкеп соқтырады. Бұл параметрлерді бақылау үшін практикада негізінен геометриялық нивелирлеуден бастап кеңістіктік лазерлік сканерлеуден және GPS технологияларына дейінгі түрлі дәстүрлі геодезиялық әдістер, сондай-ақ көлбеу, әр түрлі тіктеуіштер түріндегі аспаптық құралдардың және құрылыс конструкциясының жауын-шашынның біркелкі еместігін өлшеу жүйелерінің кең жиынтығы пайдаланылады.

Түйінді сөздер: мониторинг, бірегей ғимараттар, ғимараттар, GPS мониторинг, наклонометрлер, датчиктер, акселерометрлер.

Modern geodesic tools and methods for observing changes in spatial parameters of buildings

Abstract. Modern trends in construction, namely the increase in the number of storeys of buildings, urban development compaction, tightness of construction sites, development of underground space, saturation of engineering communications invariably lead to the emergence and subsequent increase in the negative technogenic impact of construction on already built objects located in adjacent zones. As a result of precipitation of soil bases and foundations or violations in structures, changes in the spatial parameters of buildings will be observed, such as deviation from the vertical position, displacement of structural elements, etc. To control these parameters in practice, various traditional geodetic methods are mainly used, from geometric leveling to spatial laser scanning and GPS technology, as well as a wide range of tools such as tilt meters, various plumb lines and systems for measuring uneven precipitation of the structure.

Key words: monitoring, unique building, construction, GPS monitoring, laser scanning, technical control, tilt meters, sensors, parameters, accelerometers.

Введение

В настоящее время особое значение приобретает проблема контроля технического состояния зданий и сооружений с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций и обоснования выбора комплекса инженерных мероприятий по их недопущению. При этом очевидно, что контроль технического состояния несущих конструкций должен носить систематический характер и позволять осуществлять оценку происходящих изменений на основе количественных критериев, т. е. базироваться на процедурах выявления соответствия фактической прочности, жесткости и устойчивости конструктивных элементов нормативным требованиям.

Уникальные здания и сооружения – это сооружения, на которые в проектной документации

предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

- использование конструкций и конструктивных систем, требующих применения нестандартных методов расчета, либо разработки специальных методов расчета, либо требующих экспериментальной проверки на физических моделях, а также применяемых на территориях, сейсмичность которых превышает 9 баллов;
- высота более 100 м;
- ширина пролета более 100 м;
- вылет консолей более 20 м;
- углубление подземной части ниже планировочной отметки земли более чем на 10 м.

Методы

Мониторинг технического состояния оснований и строительных конструкций уникальных зданий и сооружений проводят с целью

обеспечения их безопасного функционирования, его результаты являются основой эксплуатационных работ на этих объектах. При мониторинге осуществляется контроль за процессами, протекающими в конструкциях объектов и грунте, для своевременного обнаружения на ранней стадии тенденции негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и оснований, которое может повлечь переход объекта в ограниченно работоспособное или аварийное состояние, а также получения необходимых данных для разработки мероприятий по устранению возникших негативных процессов^{1,2}.

Эти методы подробно описаны в специализированной литературе и справочно-нормативных документах. Полученные данные по этим методам об изменении

¹Таракановский В.К. Обзор современных средств мониторинга состояния конструкций и грунтов оснований высотных зданий. //Электронный журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений». <https://patag.ru/pressa/overview-means-mgss.24.05.2010>.

²Технический регламент о безопасности зданий и сооружений №384-ФЗ.

Таблица 1
Технические характеристики наземного лазерного сканера Leica RTC360

Жер бетінде Leica RTC360 лазерлік сканердің техникалық сипаттамалары

Кесте 1

Table 1

Technical characteristics of the Leica RTC360 ground laser scanner

Характеристики	Значения
Количество камер	3
Точность измерения расстояния	1 мм + 10 ppm
Максимальное расстояние	130 м
Рабочая температура, °С	-5 / +40
Температура хранения, °С	-40 / +70
Вес сканера, кг	5.35
Скорость сканирования (максимальная)	2 000 000 т/с

пространственных геометрических характеристик показывают только конечный результат деформации зданий, но не отражают реального процесса развития этапа изменений и состояния грунтов основания строительного объекта. Но, тем не менее, некоторые из них можно использовать в качестве наиболее современных методов инструментального мониторинга здания.

Методика GPS мониторинга зданий во многом подобна традиционным геодезическим наблюдениям. При создании системы мониторинга по периметру высотного здания и на отдельных конструктивных элементах устанавливаются высокоточные GPS приемники, а также создается опорная сеть на основе базовых станций, расположенных вне зоны влияния сооружения.

Применяют также приемники ГНСС, например Leica GMX902 (рис. 1). Точность приемников ГНСС зависит от различных факторов, включая число отслеживаемых спутников, геометрию засечки, продолжительность наблюдений, точность эфемерид, ионосферные возмущения, влияние помех отраженного сигнала и разрешение неоднозначности. Серия Leica GMX902 – это высокоточные мультисистемные, мультисистемные GNSS приемники, созданные специально для мониторинговых задач. Ими можно выполнять круглосуточный контроль малейших смещений объектов, требующих повышенного внимания, таких как мосты, плотины,

оползневые склоны и здания. GMX902 GG обеспечивает точные сырые данные GPS/GLONASS L1/L2 с частотой до 20 Гц. GMX902 GNSS дополнительно поддерживает GPS L5 и Galileo L1/E5a/E5b/E5a+b (AltBOC) с частотой до 50 Гц.

Одной из самых современных геодезических методик мониторинга высотных зданий является лазерное сканирование. Суть технологии заключается в определении пространственных координат точек поверхности объекта посредством измерения расстояния до всех точек с помощью лазерного безотражательного дальномера. При каждом измерении луч дальномера отклоняется от своего предыдущего положения так, чтобы пройти через узел некой мнимой нормальной сети, называемой сканирующей матрицей. Количество строк и столбцов матрицы может регулироваться. Чем выше плотность точек матрицы, тем выше плотность точек на поверхности объекта. Результатом измерений является некое множество точек с трехмерными координатами².

В большинстве конструкций сканеров используется импульсный лазерный дальномер. На пути к объекту импульсы лазерного излучения проходят через систему зеркал, которые осуществляют пошаговое отклонение лазерного луча. Наиболее распространенной является конструкция, состоящая из двух подвижных зеркал, одно из которых отвечает за вертикальное смещение

луча, а другое – за горизонтальное. Зеркала сканера управляются прецизионными сервомоторами, которые обеспечивают точность направления луча лазера на снимаемый объект. Примером наземного лазерного сканера³ является Leica RTC360. Технические характеристики этого прибора приведены в табл. 1 [1].

Рекомендуется использование высокоавтоматизированного портативного 3D-сканера RTC360 совместно с полевым программным обеспечением Leica Cyclone FIELD 360 для мобильных устройств с целью автоматической регистрации сканов в режиме реального времени и Leica Cyclone REGISTER 360 для быстрого и точного уравнивания облаков точек, сделанных с различных пунктов съемки. Сканер Leica RTC360 может служить отличным решением для создания виртуальной реальности VR и дополненной реальности AR.

При сканировании координаты точек обычно вычисляются в системе координат самого сканера. Поэтому необходимо провести дополнительное определение координат как минимум трех мишеней в стандартизированной системе. Чаще всего эта задача решается с помощью безотражательного тахеометра. Трех точек будет достаточно для трансформации координат всего



Рис. 1. GNSS приемники Leica GMX902.
Сурет 1. GNSS қабылдағыштар Leica GMX902.
Figure 1. GNSS receivers the Leica GMX902.

³https://gfk-leica.ru/katalog/lazernye_skanery/leica_rtc360/

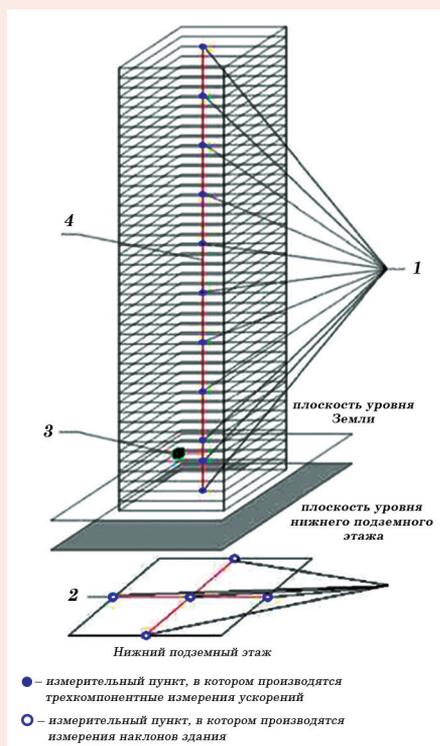


Рис. 2. Схема расположения измерительных пунктов станции мониторинга.

Сурет 2. Мониторинг станциясының өлшеу пункттерінің орналасу схемасы.
Figure 2. Layout of measuring points of the monitoring station.

массива данных в необходимую нам координатную систему^{4,5}.

В дальнейшем при систематическом проведении циклов сканирования объекта можно получить смещения каждой точки скана или некоторого массива точек, отвечающего определенному конструктивному элементу. Это позволяет анализировать перемещения конструкции в целом, отдельных элементов относительно друг друга, а также контролировать раскрытие трещин, важных стыков.

В зависимости от материала конструктивного элемента могут использоваться различные способы монтажа тензометрических датчиков. В железобетонных конструкциях датчики устанавливаются на арматуру или на специальные подвесы внутри арматурного каркаса непосредственно перед заливкой

бетона. Для контроля развития напряжений в арматуре используются датчики, установленные в лабораторных условиях на отрезок арматуры требуемого диаметра, который легко встраивается в существующее арматурное поле при помощи сварки. Мониторинг напряженно-деформационного состояния стальных конструкций осуществляется при помощи накладных тензометрических датчиков, которые либо имеют специальные установочные блоки-наконечники, привариваемые к конструкции, либо крепятся непосредственно к конструкции при помощи аппарата точечной сварки или эпоксидной смолы [2].

При создании системы мониторинга зачастую невозможно установить датчики во все интересующие элементы конструкции, так как для этого необходимо использовать слишком большое количество датчиков и коммутационных комплектующих, что неизбежно приводит к значительному росту стоимости системы. В этом случае представляется рациональным устанавливать датчики в наиболее нагруженных конструктивных элементах фундамента, подземной части и первых этажах⁶ [3].

На рис. 2 схематично указано, как используются следующие элементы: измерительные пункты 1, устанавливаемые на несущих конструкциях различных этажей высотного здания с датчиками для регистрации ускорений колебания конструкций, расположенные на одной вертикальной прямой вблизи центра масс здания (возможно другое размещение в зависимости от конфигурации высотного здания).

Датчики обеспечивают высокочувствительные измерения ускорений колебаний здания (от 10-5 м/с²) по трем ортогональным компонентам в полосе частот от 0,5 Гц до 50 Гц в динамическом диапазоне до 120 при частоте дискретизации сигнала 400 Гц/канал. Интеллектуальные возможности датчиков предусматривают самотестирование

и автоматическую калибровку каналов измерения, аналого-цифрового преобразователя, питающих напряжений и оценку работоспособности датчика перед каждым сеансом регистрации; программное включение и выключение конкретных датчиков по требованию программы; измерительные пункты 2 (рис. 2), устанавливаемые на несущих конструкциях нижнего подземного этажа высотного здания с датчиками для регистрации кренов здания. Датчики обеспечивают измерение углов наклона в диапазоне $\pm 300''$ при точности измерения $\pm 3''$, имеют устройство автоматической температурной компенсации и устойчивы к механическим динамическим воздействиям.

Средняя наработка на отказ датчика составляет 10000 ч, местом централизованного сбора информации является станция 3 (рис. 2). Технические средства центра сбора информации содержат персональный компьютер и адаптер, обеспечивающий ввод цифровых данных датчиков в компьютер; систему связи 4 (рис. 2) между измерительными пунктами и местом централизованного сбора информации. Система связи обеспечивает передачу данных датчиков (общим числом до 32) в центр сбора по двухжильной коммуникационной линии в стандарте интерфейса RS-485.

Программные средства станции включают управляющую программу, пользовательский графический интерфейс и средства цифровой интерактивной обработки.

Управляющая программа обеспечивает работоспособность и функционирование станции в целом. В задачи управляющей программы входят инициализация и подготовка технических средств станции к работе; конфигурирование и тестирование системы; управление вводом цифровой информации в персональный компьютер. Пользовательский интерфейс программы обеспечивает удобное графическое представление многоканальной

⁴<http://www.prom-terra.ru/uslugi/geodezicheskie-raboty/gps-izmereniya/>

⁵Токарева А.А. Мониторинг высотных зданий с применением современных технологий. // GeoIzServis: проектно-исследовательские работы. <https://www.geoygservis.ru/publishing/monitoring-vysotnykh-zdaniy-s-primeneniem-sovremennykh-tekhnologiy/>

⁶Современные технологии производства. Мониторинг высотных зданий. <https://extxe.com/15322/monitoring-vysotnyh-zdaniy/>

Таблица 2

Технические характеристики датчиков наклона поверхности

Кесте 2

Беттің еңіс датчиктерінің техникалық сипаттамалары

Table 2

Technical characteristics of surface tilt sensors

Характеристики	Тип сенсора		
	Твердотельный акселерометр	Серво-акселерометр	Преобразователь DTE
Полные шкалы	$\pm 10^\circ, \pm 20^\circ$	$\pm 10^\circ, \pm 14,5^\circ, \pm 30^\circ$	$\pm 10^\circ, \pm 20^\circ$
Разрешение датчика	0,001% шкалы	0,001% шкалы	0,05% шкалы
Суммарная точность	$< \pm 0,4\%$ шкалы	$< \pm 0,07\%$ шкалы	$< \pm 0,4\%$ шкалы
Рабочая температура	$-40 \dots +85^\circ\text{C}$	$-20 \dots +80^\circ\text{C}$	от $-40 \dots +85^\circ\text{C}$

информации в режиме реального времени и обеспечен комфортной справочной системой и контекстной помощью. У оператора, проводящего обработку и анализ зарегистрированной информации, есть широкий выбор инструментов для документирования, архивирования и конвертации данных.

В настоящее время разработаны автоматизированные системы геодезического мониторинга высотных зданий, такие как GeoMos (Leica Geosystems), Циклоп (геодезический мониторинг) и другие. Измерения перемещения деформационных марок (деформационных призм, GPS-приемников) в таких системах выполняются различными типами измерительных приборов, которые управляются единой автоматизированной компьютерной системой. Измерительными приборами в этих системах служат высокоточные электронные тахеометры и нивелиры, датчики углов наклона и спутниковые системы GPS, температурные датчики и т. д. Управляющие блоки таких систем позволяют проводить измерения дистанционно, в автоматическом режиме с высокой скоростью и точностью [3, 4].

Альтернативой геодезическим методикам контроля пространственных характеристик здания служат инструментальные средства мониторинга, которые также позволяют отслеживать изменения пространственного состояния и геометрических параметров конструкции.

Для измерения отклонения здания от вертикали используются датчики наклона поверхности (наклонометры). Существуют одноосные и двухосные модификации наклонометров, которые оснащаются различными типами сенсоров: твердотельным акселерометром, компенсированным серво-акселерометром, электрическим преобразователем DTE и другими. Наклонометры (рис. 3) устанавливаются непосредственно на конструктивные элементы для долговременного автоматического контроля изменения угла наклона поверхности конструкций.

Располагая серию датчиков вдоль вертикальной оси здания на разных этажах, можно контролировать не только изменения угла наклона, но и равномерность изменения этого параметра по высоте. В случае возможной неравномерности в отклонении разных частей здания целесообразно закладывать несколько вертикальных профилей датчиков наклона в каждой из частей конструкции. Технические характеристики датчиков наклона поверхности в зависимости от типа сенсора представлены в табл. 2.

Одним из важнейших показателей нарушения нормальной работы конструкции или изменения состояния грунтов основания является неравномерность распределения осадков конструкции здания по площади. Возникновение неравномерных осадков может привести к развитию деформаций как отдельных элементов, так и конструкции в целом⁷ [5].

Инклинометры являются одним из наиболее широко используемых типов датчиков систем автоматического мониторинга (рис. 4). Они предназначены для обнаружения геометрических отклонений в размерах конструктивных элементов строительных конструкций, деформаций и осадки зданий и сооружений; оснащены набором функций, обеспечивающих их надежность в работе.

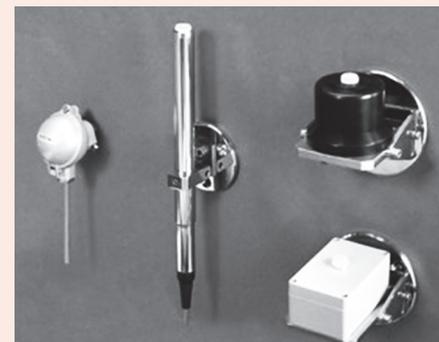


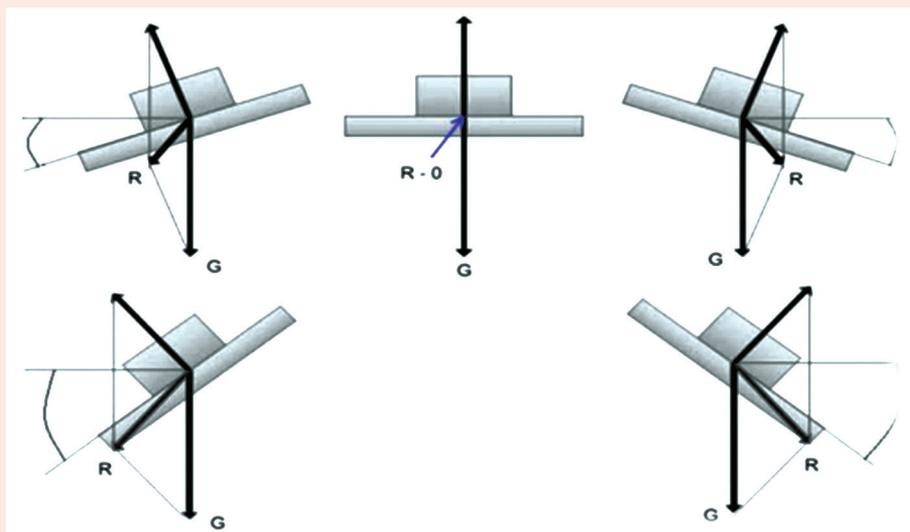
Рис. 3. Внешний вид датчиков наклона поверхности.

Сурет 3. Беттің еңіс датчиктерінің сыртқы түрі.
Figure 3. Appearance of surface tilt sensors.



Рис. 4. Инклинометр.
Сурет 4. Инклинометр.
Figure 4. Inclinometer.

⁷Tonon F., Kottenstette J. Laser and Photogrammetric Methods for Rock Face Characterization. Report on a workshop held in Golden, Colorado in conjunction with the Golden Rocks Symposium. – 2006.



**Рис. 5. Расположение векторов.
Сурет 5. Векторлардың орналасуы.
Figure 5. The location of the vectors.**

Исходя из того, что гравитационные силы всегда перпендикулярны относительно земли, отклонение положения сенсора от вертикали в какой-либо из плоскостей приводит к появлению на выходах сигнала, пропорционального углу наклона и являющегося результатом сложения двух векторов (рис. 5): вектора силы притяжения (G) и вектора текущего положения сенсора в пространстве; результирующий вектор (R) пропорционален углу отклонения сенсора от вертикали.

Акселерометры и измерительные комплексы контроля колебательных ускорений предназначены

для измерения малых линейных ускорений в диапазоне частот собственных колебаний строительных конструкций. Они применяются в системах контроля подвижек инженерных сооружений, геотехнических системах инструментального контроля, системах частотного мониторинга и контроля напряженно-деформационного состояния объекта мониторинга в системах СММК.

Акселерометры оснащены набором функций, обеспечивающих их надежность в работе, это: цифровая самодиагностика для обнаружения отказов и сбоев в работе; проверочная калибровка

памяти; непрерывный контроль линий связи.

Заключение

Проведение геотехнического мониторинга традиционными методами (проходка инженерно-геологических выработок, скважин и шурфов, установка глубинных марок и других мероприятий) в условиях тесной городской застройки затруднено.

Для безопасного ведения строительных работ и получения информации о возможных изменениях инженерно-геологических условий площадки в процессе возведения и состоянии конструкций зданий, попадающих в зону влияния нового строительства, наиболее целесообразно применение таких методов обследования, которые смогут работать и предоставлять достоверную информацию, не нарушая процессов эксплуатации здания или ведения строительных работ.

В настоящее время существует широкий спектр оборудования и методик мониторинга высотного объекта, поэтому выбор конкретных типов и характеристик оборудования должен определяться, исходя из архитектурного и конструктивного решения здания, результатов физического и компьютерного моделирования, а также анализа материалов инженерно-геологических изысканий и геолого-геофизической ситуации площадки строительства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антонович К.М., Карпик А.П. Мониторинг объектов с применением GPS-технологий и других методов определения положения. // Известия вузов. Геодезия и картография. – 2003. – №4. – С. 123-135.
2. Неугоников А.П., Рубцов И.В., Егоров Ф.А., Крыжановский А.Л., Коньков Е.В., Гапонов С.С., Поспелов В.И. Трехуровневая система мониторинга надежности фундаментов строительных сооружений. // Новый уральский строитель. – 2004. – №11. – С. 47-49.
3. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. // Стройиздат, 1998. – С. 192-195.
4. Rabensteiner K. Усовершенствованная съемка и мониторинг туннелей. // Felsbau. – Эссен: VGE, 1996. – №14. – Вып. №2. – С. 98-102.
5. Schubert W., Moritz B. Современное состояние в области оценки и интерпретации данных мониторинга перемещений в туннелях. // Геомеханика и проходка туннелей. – Berlin: Ernst & Sohn, 2011. – Вып. 4. – №5.

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Антонович К.М., Карпик А.П. GPS-технологияларды және жағдайды анықтаудың басқа да әдістерін қолдану арқылы объектілердің мониторингі: жоғары оқу орындарын хабарлар. // Геодезия және картография. – 2003. – №4. – Б. 123-135.

2. *Неугоников А.П., Рубцов И.В., Егоров Ф.А., Крыжановский А.Л., Коньков Е.В., Гапонов С.С., Пospelов В.И. Үш деңгейлі жүйесі мониторинг сенімді іргетас құрылыс ғимараттары. // Жаңа орал құрылысшы. – 2004. – №11. – Б. 47-49.*
3. *Далматов Б.И. Топырақ механикасы, негіздер және іргетастар. // Стройиздат. – 1998. – Б. 192-195.*
4. *Rabensteiner K. Туннельдердің жетілдірілген түсірілімі мен мониторингі. // Felsbau. – Эссен: VGE, 1996. – №14. – Шығ. №2. – Б. 98-102.*
5. *Schubert W., Moritz B. Халықтың орын ауыстыруын бағалау және түсіндіру саласындағы қазіргі жағдай туннельдегі мониторинг деректері. // Геомеханика және туннельдеу – Berlin: Ernst & Sohn, 2011. – Шығ. 4. – №5.*

REFERENCE

1. *Antonovich K.M., Karpik A.P. Monitoring of objects using GPS technologies and other methods of determining the position: proceedings of universities. // Geodesy and cartography. – 2003. – №4. – P. 123-135.*
2. *Neugonikov A.P., Rubtsov I.V., Egorov F.A., Kryzhanovsky A.L., Kon'kov E.V., Gaponov S.S., Pospelov V.I. Three-Level system for monitoring the reliability of foundations of construction structures. // New Ural Builder. – 2004. – №11. – P. 47-49.*
4. *Rabensteiner K. Advanced tunnel surveying and monitoring. // Felsbau. – Эссен: VGE, 1996. – №14. – Vol. №2. – P. 98-102.*
5. *Schubert W., Moritz B. State of the art in evaluation and interpretation of displacement monitoring data in tunnels. // Geomechanics and Tunnelling – Berlin: Ernst & Sohn, 2011. – Vol. 4. – №5.*

Сведения об авторах:

Сулейменова Д.Н., PhD докторант кафедры «Картография и геоинформатика» Казахского Национального университета им. аль-Фараби, (г. Алматы, Казахстан), suleymenovad81@gmail.com

Игемберлина М.Б., PhD докторант кафедры «Картография и геоинформатика» Казахского Национального университета им. аль-Фараби, (г. Алматы, Казахстан), igemberlina@mail.ru

Сатбергенова А.К., PhD докторант кафедры «Картография и геоинформатика» Казахского Национального университета им. аль-Фараби, (г. Алматы, Казахстан), a.satbergenova@gmail.com

Пентаев Т.П., д-р техн. наук «Картография и геоинформатика» Казахского Национального университета им. аль-Фараби, (г. Алматы, Казахстан), suleymenovad81@gmail.com

Авторлар туралы мәлімет:

Сулейменова Д.Н., аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, «Картография және геоинформатика» кафедрасының PhD докторанты, (Алматы қ., Қазақстан), suleymenovad81@gmail.com

Игемберлина М.Б., аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, «Картография және геоинформатика» кафедрасының PhD докторанты, (Алматы қ., Қазақстан), igemberlina@mail.ru

Сатбергенова А.К., аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, «Картография және геоинформатика» кафедрасының PhD докторанты, (Алматы қ., Қазақстан), a.satbergenova@gmail.com

Пентаев Т.П., техника ғылымдарының докторы, Қазақ Ұлттық Университеті, «Картография және геоинформатика» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан), suleymenovad81@gmail.com

Information about the authors:

Suleymenova D.N., PhD Doctoral Student of the Department of Cartography and Geoinformatics of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), suleymenovad81@gmail.com

Igemberlina M.B., PhD Doctoral Student of the Department of Cartography and Geoinformatics of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), igemberlina@mail.ru

Satbergenova A.K., PhD Doctoral Student of the Department of Cartography and Geoinformatics of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), a.satbergenova@gmail.com

Pentaev T.P., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Cartography and Geoinformatics of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), suleymenovad81@gmail.com

Код МРНТИ 52.13.04

А.З. Капасова, Е. Бахыт, А.Б. Аманбаева

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

РАДАР ЖҮЙЕСІ АРҚЫЛЫ АШЫҚ КАРЬЕРДЕ ҮЗДІКСІЗ МОНИТОРИНГ ЖҮРГІЗУ ТӘСІЛІ

Аннотация. Мақалала Жәйрем кен байыту комбинатының «Батыс» карьеріндегі IBIS ARCSAR георадарымен үздіксіз мониторинг жүргізу нәтижелері қарастырылады. Пайдалы қазбалардың кен орындарын ашық тәсілмен игеру кезінде тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуге ерекше көңіл бөлінеді, бұл үшін негізгі қауіпсіз шешім жаңа технологияларды пайдалана отырып, кен орындарына үздіксіз мониторинг жүргізу болып табылады. Қазіргі заманғы технологияның дамуына байланысты георадар IBIS ArcSAR ашық кеніш кемерлері тұрақтылығының мониторингі үшін арналған. Ашық кеніш беткейлерін мониторингілеу үшін георадар құрудағы IDS Georadar бірегей тәжірибесі кезекті рет IBIS ArcSAR технологиясы базасында жаңа буын георадар жүйесін құрумен төңкеріс жасауға мүмкіндік берді.

Түйінді сөздер: үздіксіз мониторинг, тау-кен жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері, тектоникалық бұзылыстар, геомеханикалық зерттеулер, қауіпсіз тау-кен жұмыстары, IBIS ArcSAR георадар жүйесі, карьер беткейлерінің тұрақтылығы.

Способ проведения непрерывного мониторинга на открытом карьере с помощью радара

Аннотация. В статье рассмотрены результаты непрерывного мониторинга георадаром ArcSAR на карьере Западный Жайремского горно-обогатительного комбината. При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом особое внимание уделяется безопасному ведению горных работ, для чего главным решением безопасности является проведение непрерывного мониторинга месторождения по последним технологиям. В связи с развитием современных технологий радары IBIS-ArcSAR предназначены для мониторинга устойчивости открытых горных уступов. Уникальный опыт IDS Georadar в создании радаров для мониторинга бортов карьеров и отвалов в очередной раз позволил совершить революцию созданием радарной системы нового поколения на базе технологии ArcSAR.

Ключевые слова: непрерывный мониторинг, физико-механические свойства горных пород, тектонические нарушения, геомеханические исследования, безопасные горные работы, система георадаров IBIS ArcSAR, устойчивость бортов карьера.

Method of continuous monitoring in an open pit using a radar system

Abstract. The article considers the results of continuous monitoring by the ArcSAR at the Zapadny quarry of the Zhairrem mining and processing plant. When developing mineral deposits by open-pit mining, special attention is paid to the safe conduct of mining operations, for which the main safety solution is to conduct continuous monitoring of the Deposit using the latest technologies. Due to the development of modern technologies, the IBIS-ArcSAR radars are designed to monitor the stability of open mountain ledges. The unique experience of IDS Georadar in creating radars for monitoring the sides of quarries and dumps once again allowed us to revolutionize the creation of a new generation radar system based on ArcSAR technology.

Key words: continuous monitoring, physical and mechanical properties of rocks, tectonic disturbance, geomechanical research, safe mining operations, IBIS ArcSAR georadar system, stability of the quarry side, the fastest scan time, high precision, long distance.

Кіріспе

Тау-кен жұмыстарының жүргізілуі барысында кен қазбаларының игерілуі, қазу тереңдігінің ұлғаюуына байланысты, карьер беткейлерінің тұрақтылығы сақтап тұру үшін, кен орнына геологиялық, гидрогеологиялық, геомеханикалық зерттеулер тұрақты жүргізілуі керек.

Зерттеу әдістері

Зерттеу жұмыстарын жүргізбес бұрын әсер ететін факторларды анықтап алу керек:

- тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттерін;
- кеннің құлау бұрышын – α , жылжу бұрышын – β ;
- кеннің орналасу тереңдігін – H , қалыңдығын – m ;
- тау жыныстарының су өткізгіштігін;
- жер асты кен игеру әдісін (тау-кен канапасы);
- бұрғылау, ату жұмыстарын;
- карьерге жақын төгілген үйінді.

Осы көріп тұрғандарыңыздай әсер ететін факторлар жетерлік. Мысалы 1-суретте судың әсерінен сазды жыныстың құлауы ал, 2-суретте тектоникалық бұзылымдардың әсерінен таужыныстарының құлауы көрсетілген^{1, 2}.

Жұмыстың негізгі мазмұны

Осындай мысалдарды көптеп келтіруге болады. Бұл процестер нақтылы зерттелмесе, өз кезегінде қауіпті техникалық және экономикалық зардаптарға әкеліп соқтыруы мүмкін. Бұл мәселені шешудің бірден-бір жолы – ол тау жыныстарының массивіне геомеханикалық баға беру, яғни тау жыныстарының



Сурет 1. Сазды жыныстардың судың әсерінен құлауы.

Рис. 1. Вывал глинистых пород под воздействием воды.

Figure 1. Fall of clay rocks under the influence of water.



Сурет 2. Тектоникалық бұзылымдардың әсерінен таужыныстарының құлауы.

Рис. 2. Падение пород под воздействием тектонических разрушений.

Figure 2. Rock fall under the influence of tectonic destruction.

¹Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.

²Отчет о геомеханических исследованиях Feasibility Study участков месторождения Жайрем. / SRK Consulting. – 2016.

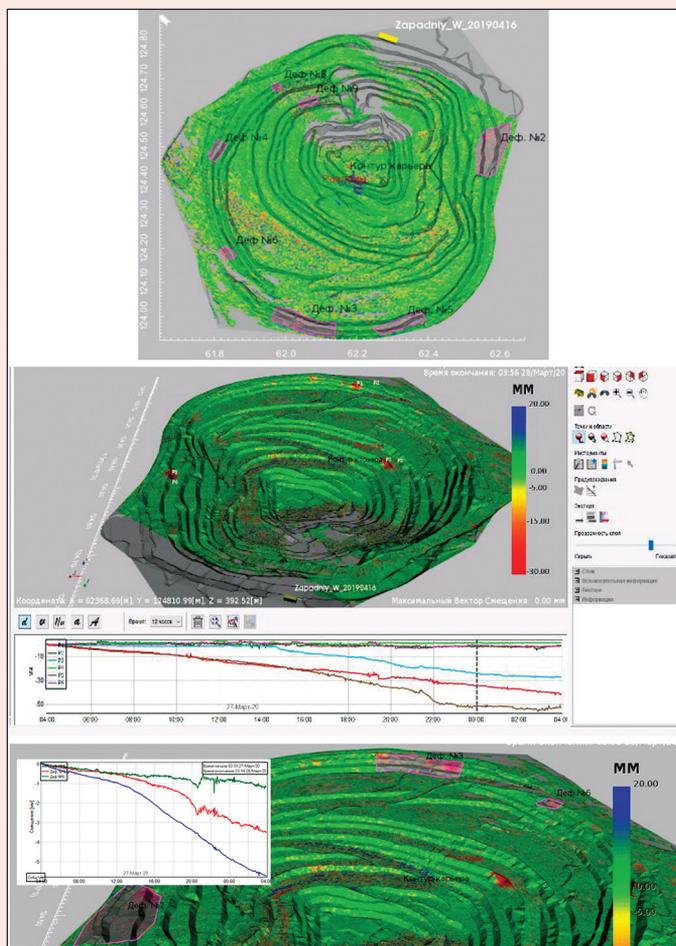


Сурет 3. IBIS ArcSAR георадар жүйесі
Рис. 3. Система георадаров IBIS ArcSAR.
Figure 3. IBIS ArcSAR georadar system.

қасиеттерін, құрылымдық ерекшеліктерін зерттеу және аспаптық бақылау жүргізу^{3, 4}.

Қазіргі заманғы технологияның дамуына байланысты георадар IBIS ArcSAR ашық кеніш кемерлері тұрақтылығының мониторингі үшін арналған. Ашық кеніш беткейлерін мониторингілеу үшін георадар

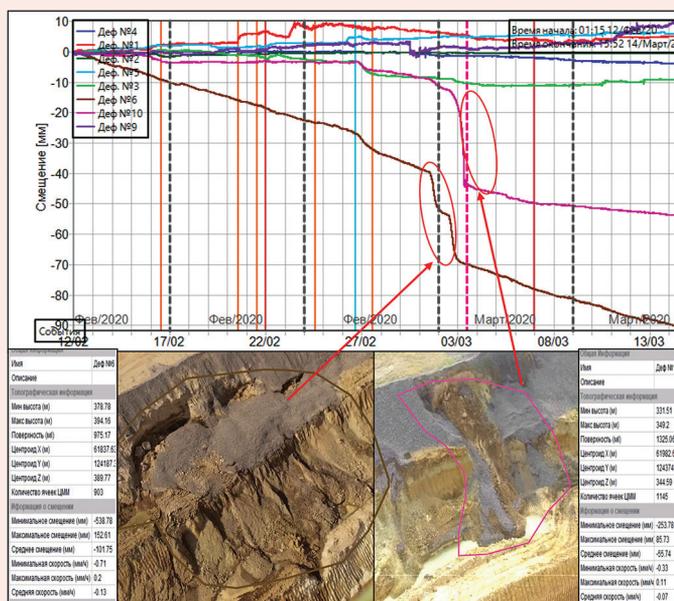
құрудағы IDS Georadar бірегей тәжірибесі кезекті рет IBIS ArcSAR технологиясы базасында жаңа буын георадар жүйесін құрумен төңкеріс жасауға мүмкіндік берді. IBIS ArcSAR жоғары қауіпсіздік стандарттарын және тәуекелдерді сенімді басқаруды жылдам өрістетеді, сенімді қамтамасыз ету үшін жобаланған. Тактикалық немесе стратегиялық мониторинг болсын, IBIS ArcSAR маңызды шешімдерді қабылдау үшін бірегей икемділік пен өнімділікті көрсетеді. Қазіргі күні IBIS ArcSAR – бұл 360° жабыны бар тау-кен өнеркәсібінде бірінші және жалғыз радар болып табылады. Жүйе ең үлкен қашықтықты (5000 м) және ең жылдам сканерлеу уақытын (360° 40", 180° 20") сондай-ақ деректерді автоматты гео-байланыстыру үшін ГНС-тың кіріктірілген қабылдағышы бар. IBIS ArcSAR/HEXAGON компаниясынан Георадар-бұл карьерлер беткейлері мен борттарының мониторингінде революция жасаған келесі ұрпақ георадары. Баюу



Сурет 4. Батыс ашық карьеріндегі IBIS ArcSAR георадар визуализациясы.

Рис. 4. Визуализация георадара IBIS ArcSAR в открытом карьере Западный.

Figure 4. Visualization of the IBIS ArcSAR georadar in the West open pit.



Сурет 5. IDS ArcSAR георадарының мониторинг нәтижесі.

Рис. 5. Результаты мониторинга георадарами IBIS ArcSAR.

Figure 5. IBIS ArcSAR georadar monitoring results.

³Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. – М.: МГГУ, 2003. – 474 с.

⁴Певзнер М.Е. Борьба с деформациями горных пород на карьерах. – М.: Недра, 1978. – 255 с.

⁵Официальный сайт IDS Mining Solutions <https://www.idscorporation.com/georadar/our-solutions-products/mining>

жылжуларды ерте анықтау, тахеометрлер мен ГТС қабылдағыштарынан деректерді автоматты интеграциялау және геотехникалық талдауға арналған озық аспаптары болып табылады. Кез-келген ауа-райы кезінде сенімді деректерді береді.

Қорытынды

Осығын байланысты IDS ArcSAR радары (сурет 3) көмегімен Жәйрем кен байыту комбинатының

геомеханикалық бөлімі осы факторларды ескере отырып, ашық кеністің «Батыс» карьерінде мониторинг жүргізілді (сурет 4).

Үздіксіз мониторинг нәтижесінде тау-жыныстарының жылжуын нақтылы түрде бақыланды (сурет 5) және өз кезегінде тау-кен жұмыстарының жүргізілуі барысында қауіпсіздік шараларының алдын алуға болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Antonello G., Casagli N., Farina P., Leva D., Nico G., Sieber A.J., Tarchi D. *Жанпай қозғалыстардың мониторингі үшін интерферометрияның жердегі РСА.* // *Көшкін.* – 2004. – №1. – Б. 21-28.
2. Bozzano F., Mazzanti P., Prestininzi, A. *Құрылыс сатысында тұрған инфрақұрылыммен өзара іс-қимыл жасайтын көшкін үздіксіз мониторингіне арналған радиолокациялық платформа.* // *Итальяндық журнал инженерлік геология және қоршаған орта.* – 2008. – №2. – Б. 35-50.
3. Corsini A., Farina P., Antonello G., Barbieri M., Casagli N., Coren F., Guerri L., Ronchetti F., Sterzai P. and Tarchi D. *Ғарыштық және жердегі SAR-интерферометрия азаматтық қорғаудағы сырғыма қауіптілігін басқару құралы ретінде.* // *Жерді қашықтықтан зондаудың халықаралық журналы.* – 2006. – №27. – Б. 2351-2369.
4. Harris N., Noon D., Rowley R. *Беткейдің радиолокациялық тұрақтылығын зерттеу ашық әдіспен.* // *Құрылыс жұмыстарында ашық тау-кен жұмыстарындағы тау беткейлерінің тұрақтылығы туралы халықаралық симпозиумды оңдеу.* – Кейптаун (Оңтүстік Африка), 2006. – Б. 335-342.
5. Ural S., Yüksel F. *Уфсин-Эльбистан, СЕ Турция бұрғылау бассейніндегі құрамында бар горизонттардың геотехникалық сипаттамасы.* // *Инженерлік геология.* – 2004. – №75(2). – Б. 129-146.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Antonello G., Casagli N., Farina P., Leva D., Nico G., Sieber A.J., Tarchi D. *Наземная РСА интерферометрия для мониторинга сдвижения горных масс.* // *Оползни.* – 2004. – №1. – Б. 21-28.
2. Bozzano, F., Mazzanti, P., Prestininzi, A. *Радиолокационная платформа для непрерывного мониторинга оползня, взаимодействующего с находящейся в стадии строительства инфраструктурой.* // *Итальянский журнал инженерной геологии и окружающей среды.* – 2008. – №2. – С. 35-50.
3. Corsini A., Farina P., Antonello G., Barbieri M., Casagli N., Coren F., Guerri L., Ronchetti F., Sterzai P. and Tarchi D. *Космическая и наземная SAR-интерферометрия как инструмент управления оползневой опасностью в гражданской защите.* // *Международный журнал дистанционного зондирования Земли.* – 2006. – №27. – С. 2351-2369.
4. Harris N., Noon D., Rowley R. *Пример использования радара для определения устойчивости бортов карьера.* // *Труды Международного симпозиума по устойчивости горных склонов при открытой добыче полезных ископаемых и гражданском строительстве.* – Кейптаун (Южная Африка), 2006. – С. 335-342.
5. Ural S., Yüksel F. *Геотехническая характеристика лигнитсодержащих горизонтов в лигнитовом бассейне Уфсин-Эльбистан, СЕ Турция.* // *Инженерная геология.* – 2004. – №75(2). – С. 129-146.

REFERENCE

1. Antonello G., Casagli N., Farina P., Leva D., Nico G., Sieber A.J., Tarchi D. *Ground based SAR interferometry for monitoring mass movements.* // *Landslides.* – 2004. – №1. – P. 21-28.
2. Bozzano F., Mazzanti P., Prestininzi A. *A radar platform for continuous monitoring of a landslide interacting with a under-construction infrastructure.* *Italian Journal of Engineering Geology and Environment.* – 2008. – №2. – P. 35-50.
3. Corsini A., Farina P., Antonello G., Barbieri M., Casagli N., Coren F., Guerri L., Ronchetti F., Sterzai P. and Tarchi D. *Space-borne and ground-based SAR*

interferometry as tools for landslide hazard management in civil protection.

// International Journal of Remote Sensing. – 2006. – №27. – P. 2351-2369.

4. *Harris N., Noon D., Rowley R. Case Study of Slope Stability Radar used in Open Cut Mine. // Processing of International Symposium on Stability of Rock Slopes in Open Pit Mining and Civil Engineering. – Cape Town (South Africa), 2006. – P. 335-342.*
5. *Ural S., Yüksel F. Geotechnical characterization of lignite-bearing horizons in the Afsin-Elbistan lignite basin, SE Turkey. // Engineering Geology. – 2004. – №75(2). – P. 129-146.*

Авторлар туралы мәлімет:

Капасова А.З., техника ғылымдарының кандидаты, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «Маркшейдерлік жұмыстар» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), Kapasova_77@mail.ru

Бахыт Е., Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «Маркшейдерлік жұмыстар» кафедрасының магистранты (Қарағанды қ., Қазақстан), Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі «Kazzinc» геотехник инженері (Қарағанды қ., Қазақстан), Yerdaulet_b@mail.ru

Аманбаева А.Б., Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «Маркшейдерлік жұмыстар» кафедрасының магистранты (Қарағанды қ., Қазақстан), Amanbayevaa@inbox.ru

Сведения об авторах:

Капасова А.З., канд. техн. наук, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), Kapasova_77@mail.ru

Бахыт Е., магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), инженер-геотехник Товарищества с ограниченной ответственностью «Kazzinc», Yerdaulet_b@mail.ru

Аманбаева А.Б., магистрант, инженер-геотехник кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), Amanbayevaa@inbox.ru

Information about the authors:

Kapassova A.Z., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Mine Surveying of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), Kapasova_77@mail.ru

Bakhyt Ye., Master Student, at the Department of Mine Surveying of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), Geotechnical Engineer of the Limited Liability Partnership «Kazzinc» (Karaganda, Kazakhstan), Yerdaulet_b@mail.ru

Amanbayeva A.B., Master Student at the Department of Mine Surveying of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), Amanbayevaa@inbox.ru

ПОДПИСКА 2020

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

Подписной индекс 75807

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

+7 (727) 375-44-96

minmag.kz

Instagram @minmag.kz

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



Код МРНТИ 52.01.91

Н.А. Дрижд, А.Ж. Даулетжанов, Н.М. Замалиев, Ж.Т. Даулетжанова

Казахдинский государственный технический университет (г. Караганда, Казахстан)

НОВОЕ ПОЛИМЕРНОЕ АНТИПИРОГЕННОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ УГЛЯ И СПЕЦКОКСА ИЗ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Уголь и продукты переработки продолжают самовозгораться в забоях угольных шахт, площадках открытого хранения угля, а также во время транспортировки и на складах потребителя. В ходе проведения полевых экспериментальных работ по проблеме самовозгорания угля одним из наблюдений рабочей группы КарГТУ явилось то, что промышленные отходы добычных и производственных процессов остаются без должного производственного применения в силу отсутствия технологии переработки. В статье рассмотрен способ утилизации промышленных отходов и получение полимерного антипирогенного покрытия штабелей угля и спецкокса, которые также могут применяться в процессе добычных работ при закладке выработанного пространства. Приведены результаты технических испытаний и сравнительный анализ данных.

Ключевые слова: уголь, кокс, выветривание, самовозгорание, технический анализ, фенольная вода, фенолформальдегидная смола, хранение угля, антипироген, инкубационный период.

Көмір мен арнайы кокстың сақтауына арнап өнім қалдықтарынан жасалған жаңа полимерлі жабын

Андатпа. Көмір және оның өнімдері өздігінен көмір шахталары, көмір қоймалары, сонымен қатар тасымалдау кезі және тұтынушылардың қоймаларында жағыла бастайды. Көмірдің өздігінен жағылу мәселесі бойынша тәжірибелік жаттығулары кезінде КарМТУ жұмыс тобының байқауларының бірі тау-кен өндірісі процестерінен алынған қалдықтар қайта өңдеу технологиясының болмауынан тиісті өндірістік қолданудан тыс қалатыны болып шықты. Сонымен, мақалада өнеркәсіптік қалдықтарды кәдеге жарату және көмір мен арнайы кокстың қабаттарынан полимерге өздігінен жағылуға қарсы жабын алу әдісі қарастырылады. Сонымен қатар техникалық сынақтар мен салыстырмалы деректерді талдау нәтижелері келтірілген. Осындай жабын тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде өндірілген кеңістікті бітеу кезінде қолдануға болатыны сөзсіз.

Түйінді сөздер: көмір, кокс, жарылу, өздігінен жану, техникалық талдау, фенолды су, фенол-формальдегид шайыры, көмір сақтауы, жалын сөндіргіш, инкубациялық кезең.

New polymeric flame-retardant coating for coal and special coke from secondary products

Abstract. Coal and its derivative products continue to ignite spontaneously in the faces of coal mines, open coal storage sites, as well as at transportation and consumer warehouses. During field-experimental testing on subject of coal self-combustion workgroup found that mining sites and coke production are leaving sufficient amount of industrial waste which is not recycled completely has space for improvement. The article discusses a method of recycling industrial waste and obtaining a polymer anti-pyrogenic coating of stacks of coal and special coke, which could be used in the process of in the process of mining operations when laying the mined-out space. There are results of technical tests and comparative data analyzes to support new in-house polymeric flame retardants.

Key words: coal, coke, weathering, spontaneous combustion, technical analysis, phenolic water, phenol-formaldehyde resin, coal storage, flame retardant, incubation period.

Введение

Общеизвестно, что самопроизвольное возгорание может происходить на любой стадии хранения, транспортировки между шахтой и участком конечного использования угля. В дополнение к потенциальному риску возникновения пожара или взрыва самонагревание является и технологической проблемой повышения стоимости угля, потери потребительских свойств угля и продуктов его переработки, а также экологического ущерба, наносимого в результате таких инцидентов [1, 2].

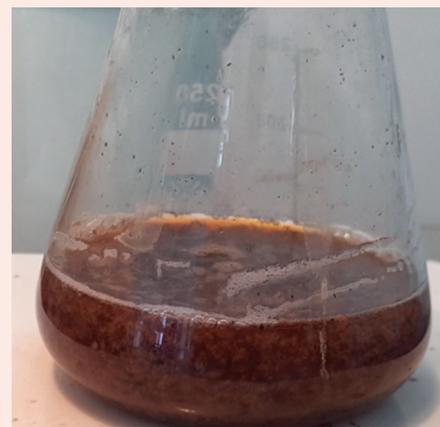
Все угли подвергаются самонагреванию, и, чем длительнее остается уголь незащищенным, тем больше вероятности самонагрева, приводящего к воспламенению. Поэтому в практике горных предприятий используют разработанные технологии сохранения угля в течение всего производственного процесса¹

[3]. Но, несмотря на обилие предложенных способов предотвращения самонагревания, уголь и кокс продолжают самовозгораться как при хранении, так и при перевозке различными видами транспорта [4, 5].

Рабочей группой по исследованию факторов выветривания, самовозгорания угля и спецкокса были проведены ряд экспериментов и технический анализ на базе одного из крупнейших угольных предприятий. По итогам данных исследований были выявлены наиболее действенные антипирогенные покрытия, сохраняющие потребительские качества и увеличивающие инкубационный период штабелей угля и спецкокса. По результатам технических и гранулометрических испытаний полимерные покрытия оказались наиболее действенными, однако дороговизна их использования в масштабах полного цикла производства

не позволяет уложиться в рыночную стоимость продукции [6, 7].

Таким образом, существует интерес в изобретении более рационального антипирогенного покрытия для угля и продуктов его переработки у горных предприятий Карагандинской области. Задачами



**Рис. 1. Синтез ФФС.
Сурет 1. ФФС синтездеу.
Figure 1. Synthesis of PFR.**

¹Захаров Е.И., Качурин Н.М. Самовозгорание углей. – Тула: ТулГУ, 2010. – 318 с.



Рис. 2. Сухая ФФС.
Сурет 2. Құрғақ ФФС.
Figure 2. Dry PFR.



Рис. 3. ФФС, отделенная путем расслоения разных фаз.
Сурет 3. Фазаларды бөлу арқылы бөлінген ФФС.
Figure 3. Separated PFR by separation of different phases.

предлагаемого способа предотвращения выветривания и самовозгорания угля и спецкокса при хранении и транспортировке являются:

понижение пожароопасности, сохранение и улучшение потребительских свойств угля и спецкокса, а также рационализация производства спецкокса путем использования вредных отходов для синтеза полимера и, как следствие, улучшение экологических условий на местах производства, кроме того, предотвращение образования угольной пыли.

Технический результат достигается путем покрытия поверхности угля и спецкокса при складировании полимером (фенолформальдегидной смолой (ФФС)) или добавлением формалина в резервуар-отстойник фенольной воды (отхода коксования), используемой для тушения кокса.

Полимерная смесь покрывает поверхность и проникает в поры угля, предотвращая проникновение кислорода, понижая риск разрушительного воздействия процесса окисления на структуру и состав угля [8]. Фенолформальдегидная основа полимера обладает клейкостью, что при обволакивании поверхности угля и спецкокса склеивает мелкие и, соответственно, нерентабельные фракции, придавая упругость и прочность продукции. Физико-химические свойства ФФС позволяют сохранять ценность покрытия угля и спецкокса при экстремальных погодных условиях: от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$, при сухой и дождливой погоде.

Данный способ позволяет сохранить потребительские свойства

спецкокса и улучшить показатель калорийности углей, так как покрывающая смесь не содержит минералов и иных материалов, увеличивающих зольность и влажность угля. Указанный метод является наиболее рациональным, так как для синтеза ФФС в большинстве используются производственные отходы и доступные на отечественном рынке химикаты, например, формалин.

Внешний вид: вязкая жидкость темного, коричневого цвета; массовая доля фенолформальдегидной смолы – 80-90%; формальдегид – 1-3%; фенол – 1-3%.

Предлагаемый состав смеси по механизму оказывает следующее действие: фенолформальдегидная смола, проникая в поры и трещины угля, блокирует центры его окисления, образует пленку на поверхности. При высыхании состава образуется клейкая пленка, которая блокирует поры угля, тем самым предотвращая поступление кислорода внутрь, склеивает мелкие фракции угля и спецкокса, также обеспечивается термоизоляция за счет плохой термореактивности резольных фенолформальдегидных смол.

Экспериментальная часть

Для синтеза фенолформальдегидной смолы за основу взята общеизвестная практика синтеза, которая включает в себя смешение кристаллов фенола с 37%-м формалином в присутствии соляной кислоты при 100°C [9]. Для проведения синтеза в условиях, наиболее приближенных к производственным



Рис. 4. Покрытый ФФС спецкоке различных фракций: а – 0-6 мм; б – 10-25 мм; в – 0-10 мм; з – 25-40 мм.
Сурет 4. ФФС-мен қапталған арнайы кокстың фракциялары: а – 0-6 мм; б – 10-25 мм; в – 0-10 мм; з – 25-40 мм.
Figure 4. PFR-coated special coke fractions: а – 0-6 mm; б – 10-25 mm; в – 0-10 mm; з – 25-40 mm.

Таблица 1

Показатели технического анализа штабелей спецкокса разных фракций, покрытых различными антипирогенами

Кесте 1

Әр түрлі фракциялардағы арнайы кокстың стектерін техникалық талдауының көрсеткіштері

Table 1

Technical analysis indicators of special coke in different fractions coated with various flame retardants

Штабель	Аналитическая влага, %	Аналитические летучие, %	Аналитический пепел (зольность), %	Фиксированный углерод, %
Спецкокс, фракции 0-10 мм	1,69	6,98	3,53	87,8
Спецкокс, фракции 0-10 мм, покрытый ФФС	2,66	7,23	4,33	85,8
Спецкокс, фракции 10-25 мм	1,61	7,77	4,78	85,8
Спецкокс, фракции 10-25 мм, покрытый ФФС	3,15	8,87	5,17	82,8
Спецкокс, фракции 25-40 мм	1,62	7,57	5,13	85,7
Спецкокс, фракции 25-40 мм, покрытый ФФС	2,91	8,43	5,26	83,4
Фракции спецкокса 0-10 мм				
С применением Текфлекс – полимерным покрытием (Минова)	5,69	11,32	6,78	76,23
С применением антипирогена 3% сернокислого аммония + 3% углекислого кальция	4,66	9,42	8,89	77,01
С покрытием смеси жидкой глины и песка	4,11	14,18	10,80	70,90
С покрытием трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал)	5,44	11,24	7,78	75,72
Фракции спецкокса 10-25				
С применением Текфлекс – полимерным покрытием (Минова)	1,59	9,82	2,91	85,67
С применением антипирогена 3% мочевины + 2% хлористого кальция	2,67	7,51	3,21	86,61
С покрытием смеси глины, песка и извести	6,58	6,01	4,75	82,67
С покрытием трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал)	2,54	6,82	3,29	87,34
Фракции спецкокса 25-40				
С применением Текфлекс – полимерным покрытием (Минова)	2,12	12,00	2,83	83,05
С применением антипирогена 10% инертной пыли + 1% ПАВ	2,06	7,87	5,90	84,17
Со смачиванием угля 2-3% водной суспензией гашенной извести	1,99	9,28	8,85	79,88
С покрытием трехслойной термостойкой полиэтиленовой пленкой (Универсал)	3,19	6,72	2,37	87,70

с учетом специфики и сложности полевого определения концентрации фенола в фенольной воде, было решено производить синтез с избытком формалина без добавления минеральной кислоты, т. к. предполагается присутствие серной кислоты, а также ионов аммиака в составе фенольной воды. С учетом

перечисленных деталей предполагалось получить резольную смолу, которая сохранит вязкие свойства при большом избытке воды.

Итак, было смешано 30 мл фенольной воды красного цвета, предположительно, из-за окисленного 20%-го фенола в составе и 30 мл технического 37%-го формалина

при комнатной температуре. Затем смесь нагревали до 100°C, интенсивное образование светло-коричневых и желтых хлопьев наблюдалось уже при нагреве до 50°C, и хлопья увеличивались в размерах с увеличением температуры, как и предполагалось при планировании эксперимента (рис. 1).

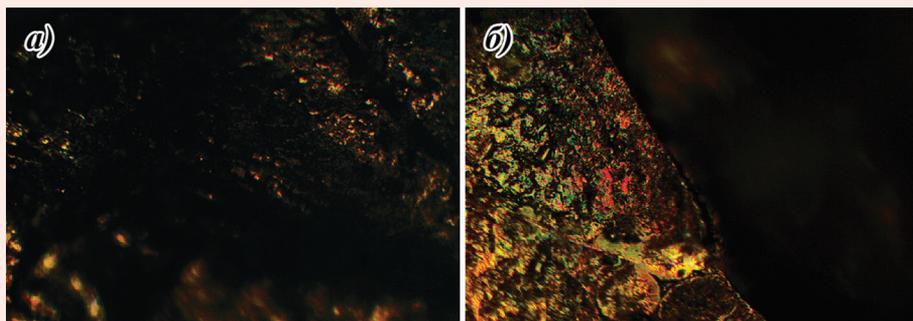


Рис. 5. Поверхность спецкокса при увеличении 40х: а – до обработки ФФС; б – после обработки ФФС.

Сурет 5. 40х үлкейту кезіндегі арнайы кокстың беті: а – ФФС-мен өңдеуге дейін; б – ФФС-мен өңдегеннен кейін.

Figure 5. The surface of the special coke at zoom 40x: a – before PFR processing; b – after PFR processing.

На рис. 5 представлена способность ФФС в заполнении пор и трещин.

Полевые исследования проводились на штабелях углей и спецкокса месторождения Карагандинского угольного бассейна. Во время проведения исследования периодически наблюдались атмосферные осадки. Исследования велись на открытом складе хранения угля, не защищенном от погодных условий, таких как дождь и снег. Стартовой точкой исследования считалось время после воздействия на штабеля угля проливных дождей. Метод исследования заключался в обработке штабелей угля и спецкокса составами исследуемыми антипирогенов в штабелях угля. Сравнительный анализ показателей аналога, прототипа и заявляемого состава представлен в табл. 1.

Заключение

По совокупности технических характеристик данное изобретение дает результаты, сравнимые с полимерами известной марки.

Идея покрытия угля и спецкокса полимером, синтезированным из отходов коксования, имеет ряд положительных действий на продукт, а также на экономику и экологию предприятия в целом. Перспективным также считаем применение ФФС перед закладкой выработанного пространства при подземных и открытых горных работах.

Сухая смола может быть получена путем испарения избытка воды и формалина или отстаиванием синтеза смеси, что приводит к идентичным результатам (рис. 2-3). Также положительным наблюдением стало осветление верхнего слоя жидкости, что может свидетельствовать о расходе и, соответственно нейтрализации свободного фенола из фенольной воды, что потенциально улучшает безопасность труда на производственном объекте.

Результаты исследования и их обсуждение

Сухая ФФС, несмотря на твердую форму, сохранила клейкость и пластичность. ФФС была нанесена равными навесками на спецкокс

трех разных фракций, что позволило наблюдать разные полезные свойства ФФС. Спецкокс мелкой фракции склеивается и создает эффект комковатости, что положительно повлияет на его транспортировку и реализацию. Более не наблюдалось угольной пыли при пересыпании, комки кокса стали прочнее и не разрушались при механическом воздействии средней силы, что также наблюдалось и на более крупных фракциях кокса во время дробления при пробоподготовке (рис. 4). Перед дроблением для проведения термогравиметрического анализа были исследованы поры и трещины кокса на эффект смолы по блокированию проникновения кислорода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Орликова В.П., Головченко Е.А. Самовозгорание угля в местах складирования на поверхности. // *Научный вестник НИИГД «Респиратор»*. – Донецк, 2017. – №2. – С. 31-37.
2. Стась Г.В., Волберг А.В., Смирнова Е.В., Ганин М.П. Риск самовозгорания угля и опасность эндогенных пожаров на шахтах Кузбасса. // *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. – Тула, 2017. – №3. – С. 93-103.
3. Шестакова И.И. Применение ингибирующих веществ для профилактики самовозгорания бурых углей Восточной Сибири и Забайкальского края. // *Вестник ИрГТУ*. – Иркутск, 2014. – №2. – С. 103-107.
4. Москаленко А.Д., Плют Т.В. Пожарные ситуации при перевозке каменных углей. // *Transport business in Russia*. – М., 2015. – №6. – С. 145-148.
5. Турсенев С.А. Пожарная опасность самовозгорания углей при транспортировке морским транспортом. // *Морской вестник*. – Санкт-Петербург, 2010. – №3(35). – С. 70-72.
6. Даулетжанов А.Ж., Дрижд Н.А. Применение антипирогенных материалов для покрытия углей и кокса Шубаркольского месторождения. // *Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10)*. – Караганды, 2018 (14-15 июня). – Ч. IV. – С. 84-86.
7. Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Замалиев Р.М., Даулетжанова Ж.Т. Эффективность применения антипирогенных материалов для нанесения покрытия на уголь и кокс. // *Науковий Вісник Національного Гірничого Університету*. – Днепр, 2019. – №6. – С. 112-116.

8. Пащенко Л.В., Потапенко В.И. Особенности структуры склонных к самовозгоранию углей Донбасса. // Сборник научных трудов ДОНИЖТ. – Донецк, 2018. – №51. – С. 66-84.
9. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Технологии получения и свойства фенолформальдегидных смол и композиций на их основе. // Научное образование «Технические науки». – М., 2017. – №2. – С. 15-28.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Орликова В.П., Головченко Е.А. Сақтау орындарында көмірдің өздігінен жануы. // «Респиратор» ҒЗИ ғылыми хабаршысы. – Донецк, 2017. – №2. – Б. 31-37.
2. Стас Г.В., Вольберг А.В., Смирнова Е.В., Ганин М.П. Көмірдің өздігінен жану қаупі және Кузбасс шахталарында эндогендік өрт шығу қаупі. // ТулМУ хабаршысы. Жер туралы ғылымдар. – Тула, 2017. – №3. – Б. 93-103.
3. Шестакова И.И. Шығыс Сібір мен Транс-Байкал мекеніндегі қоңыр көмірдің өздігінен жануын болдырмау үшін ингибиторлық заттарды қолдану. // ИМТУ хабаршысы. – Иркутск, 2014. – №2. – Б.103-107.
4. Москаленко А.Д., Плют Т.В. Көмірді тасымалдау кезіндегі өрт жағдайлары. // Ресейдегі көлік бизнесі. – Мәскеу, 2015. – №6. – Б. 145-148.
5. Турсенев С.А. Теңіз арқылы тасымалдау кезінде көмірдің өздігінен жануының өрт қаупі. // Морской Вестник, Санкт-Петербург, 2010. - № 3 (35) - Б.70-72.
6. Дәулетжанов А.Ж., Дрижд Н.А. Шұбаркөл кен орнының көмірі мен коксын жабуға анти-пирогенді материалдарды қолдану. // «Ғылым, білім және өндірістің интеграциясы – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары (Сағынов оқулары №10). – Қарағанды, 2018 (14-15 маусым). – IV бөлім. – Б. 84-86.
7. Дрижд Н.А., Дәулетжанов А.Ж., Замалиев Н.М., Дәулетжанова Ж.Т. Антипирогенді материалдарды көмір мен коксты жабуға қолданудың тиімділігі. // Ұлттық техникалық университетінің ғылыми жаршысы. – Днепр, 2019. – №6. – Б. 112-116.
8. Пащенко Л.В., Потапенко В.И. Өздігінен жануға бейім Донбасс көмірлері құрылымының ерекшеліктері. // ДТКИ ғылыми еңбектер жинағы. – Донецк, 2018. – №51. – Б. 66-84.
9. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Фенол-формальдегидті шайырлар мен олардың негізінде жасалған композициялардың технологиялары және қасиеттері. // «Техникалық ғылымдар» ғылыми білімі. – Мәскеу, 2017. – №2. – Б. 15-28.

REFERENCES

1. Orlikova V.P., Golovchenko E.A. Spontaneous combustion of coal in places of storage on the surface. // Scientific Herald of the SRI «Respirator». – Donetsk, 2017. – №2. – P. 31-37.
2. Stas G.V., Volberg A.V., Smirnova E.V., Ganin M.P. The Risk of spontaneous combustion of coal and the danger of endogenous fires in the mines of Kuzbass. // News of TULSU. Earth Sciences. – Tula, 2017. – №3. – P. 93-103.
3. Shestakova I.I. The use of inhibitory substances for the prevention of spontaneous combustion of brown coal in Eastern Siberia and the Trans-Baikal Territory. // Herald of ISTU. – Irkutsk, 2014. – №2. – P. 103-107.
4. Moskalenko A.D., Plyut T.V. Fire situations during the transportation of coal. // Transport business in Russia, Moscow, 2015. – №6. – P. 145-148.
5. Tursenev S.A. Fire hazard of spontaneous combustion of coal during transportation by sea. // Marine Herald. – St. Petersburg, 2010. – №3(35). – P.70-72.
6. Dauletzhanov A.Zh., Drizhd N.A. The use of anti-pyrogenic materials for coating coal and coke of the Shubarkol deposit. // Proceedings of the international scientific-practical conference «Integration of science, education and production – the basis for the implementation of the Nation Plan» (Saginov readings №10). – Karaganda, 2018 (June 14-15). – Part IV. – P. 84-86.
7. Drizhd N.A., Dauletzhanov A.Zh., Zamaliyev N.M., Dauletzhanova Zh.T. Efficiency of application of antipyrogenic materials for coating coals and coke. // Scientific Herald of the National Mining University. – Dnepr, 2019. – №6. – P. 112-116.

8. *Pashchenko L.V., Potapenko V.I. Features of the structure of Donbass coals prone to spontaneous combustion. // Collection of scientific papers of DonRTI. – Donetsk, 2018. – №51. – P. 66-84.*
9. *Vitkalova I.A., Torlova A.S., Pikalov E.S. Production technologies and properties of phenol-formaldehyde resins and compositions based on them. // Scientific Education «Technical Sciences». – Moscow, 2017. – №2. – P. 15-28.*

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*
ORCID ID 0000-0001-7269-7626

Замалиев Н.М., доктор философии, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), *nailzamaliev@mail.ru*
ORCID ID 0000-0003-0628-2654

Даулетжанов А.Ж., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), *dauletzhانov@gmail.com*
ORCID ID 0000-0002-1770-3728

Даулетжанова Ж.Т., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), *kaliyeva_zhanna@mail.ru*
ORCID ID 0000-0001-9682-5127

Авторлар туралы мәліметтер:

Дрижд Н.А., техникалық ғылыми докторы, кафедраның профессоры «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру», Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан), *n_drizhd@mail.ru*
ORCID ID 0000-0001-7269-7626

Замалиев Н.М., PhD докторы, кафедраның аға оқытушысы «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру», Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан), *nailzamaliev@mail.ru*
ORCID ID 0000-0003-0628-2654

Даулетжанов А.Ж., кафедраның докторант «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру», Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан), *dauletzhانov@gmail.com*
ORCID ID 0000-0002-1770-3728

Даулетжанова Ж.Т., кафедраның докторант «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру», Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан), *kaliyeva_zhanna@mail.ru*
ORCID ID 0000-0001-9682-5127

Information about authors:

Drizhd N.A., Doctor of Science, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), *n_drizhd@mail.ru*
ORCID ID 0000-0001-7269-7626

Zamaliyev N.M., PhD, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), *nailzamaliev@mail.ru*
ORCID ID 0000-0003-0628-2654

Dauletzhانov A.Zh. PhD Doctoral Student of the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), *dauletzhانov@gmail.com*
ORCID ID 0000-0002-1770-3728

Dauletzhانова Zh.T., PhD Doctoral Student of the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), *kaliyeva_zhanna@mail.ru*
ORCID ID 0000-0002-1770-3728

Код МРНТИ 52.13.33

Т.Х. Шурiev¹, С.В. Подболотов², А.Д. Кольга², И.Н. Столповских¹¹Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, Россия)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСЕВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО И МЕСТНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены отличительные особенности шахтных вентиляторов главного проветривания. Выполнен анализ требований, предъявляемых к вентиляторам местного проветривания, которые служат для тупиковых выработок, а также шахтных стволов и околоствольных выработок при их проходке. Приведены результаты сравнительной оценки достоинств и недостатков центробежных и осевых вентиляторов. Обосновано, что в настоящее время перспективными являются исследования по пути совершенствования конструкций осевых вентиляторов, упрощения систем регулирования их рабочих параметров и повышения эффективности работы шахтных вентиляторов главного проветривания. Установлено, что одним из путей повышения эффективности работы осевых вентиляционных установок может стать использование двухступенчатых вентиляторов со встречным вращением рабочих колес.

Ключевые слова: центробежные вентиляторы, осевые вентиляторы, рабочие колеса, эффективность работы, параметры, системы регулирования рабочих параметров, рабочее колесо, давление, расход.

Басты және жергілікті желдетудің өстік желдеткіштерінің құрылымын жетілдіру

Андатпа. Мақалада басты желдету шахталық желдеткіштердің ерекшеліктері қарастырылған. Тұйық қазбалар, сондай-ақ шахта оқпандары мен ұңғыма маңындағы қазбалар үшін қызмет ететін жергілікті желдету желдеткіштеріне қойылатын талаптарға талдау жасалды. Ортадан тепкіш және осьтік желдеткіштердің артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстырмалы бағалау нәтижелері келтірілген. Қазіргі уақытта осьтік желдеткіштердің құрылымдарын жетілдіру, олардың жұмыс параметрлерін реттеу жүйелерін оңайлату және басты желдету шахталық желдеткіштерінің жұмыс тиімділігін арттыру жолдары бойынша зерттеулер перспективалы болып табылады. Осьтік желдеткіш қондырғыларының жұмыс тиімділігін арттыру жолдарының бірі жұмыс дөңгелектерінің қарама-қарсы айналуымен екі сатылы желдеткіштерді пайдалану болуы мүмкін.

Түйінді сөздер: центрден тепкіш желдеткіштер, осьтік желдеткіштер, жұмыс дөңгелектері, жұмыс тиімділігі, параметрлер, жұмыс параметрлерін реттеу жүйесі, жұмыс дөңгелегі, қысым, шығын.

Improvement of the design of axial fans of main and local airing

Abstract. The article considers the distinctive features of coal mine main fans for the analysis of requirements for local ventilation fans, which are used for dead-end workings, and shafts and borehole workings in their sinking. The results of a comparative assessment of the advantages and disadvantages of centrifugal and axial fans are presented. It is proved that research on the way to improve the design of axial fans, simplify the systems for regulating their operating parameters and increase the efficiency of main ventilation shaft fans is currently promising. It is established that one of the ways to improve the efficiency of axial ventilation systems can be the use of two-stage fans with counter rotation of the impellers.

Key words: centrifugal fans, axial fans, impellers, operating efficiency, parameters, control systems for operating parameters, impeller, pressure, electric motor, flow rate.

Введение

Турбомашин для транспортирования текучего (вентиляторы и насосы) находят широкое распространение практически во всех отраслях народного хозяйства и в быту. Но, наверное, наибольшее значение они имеют в горной промышленности, особенно при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. От их работы существенно зависят безопасность и условия труда горняков. Потребление энергии турбомашин на некоторых горных предприятиях достигает до 40% от всей потребляемой энергии шахтой^{1,2}.

В настоящее время для вентиляции горных выработок наиболее широко используются центробежные вентиляторы, способные создавать давления, большие, чем осевые, и имеют более устойчивую характеристику. Производители центробежных вентиляторов постоянно работают над совершенствованием существующих и созданием новых конструкций устройств, внедряют новые технологии производства и испытания [1, 2]. Однако, несмотря на все достоинства центробежных вентиляторов, в последнее время намечается тенденция более

широкого использования осевых вентиляторов. Это объясняется такими их основными преимуществами, как:

- простота реверсирования воздушной струи;
- большие возможности регулирования режимов работы;
- меньшими габаритами и массой при значительных производительностях;
- более высокий внутренний КПД.

Кроме того, к достоинствам этих вентиляторов можно отнести простоту создания многоступенчатых конструкций. Многоступенчатые вентиляторы при той же производительности, что и одноступенчатые, обеспечивают более высокое давление, поэтому в настоящее время исследователи идут по пути совершенствования конструкций осевых вентиляторов, упрощения систем регулирования рабочих параметров и повышения эффективности работы вентиляторных установок³ [3-5].

Методы

При реверсировании струи лопатки рабочих колес поворачиваются на 153-158°, благодаря чему изменяется направление их выпуклости. Изменение направления выпуклости лопаток и направления вращения

¹Кумыкова Т. Горная механика: учебник. – Астана: Фолиант, 2015. – 208 с.

²Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы. – Л.: Машиностроение, 1966. – 365 с.

³Кольга М.А., Вдовин К.Н., Кольга А.Д. Центробежная машина для транспортирования текучего. / Патент РФ №77917. – 2008121557/22: опубл. 27.05.2008.

рабочих колес обеспечивает реверсирование струи без ляд и обводных каналов, при этом подача вентилятора, благодаря отсутствию подсосов в реверсирующих устройствах, достигает 60-70% от номинальной.

Регулирование подачи вентиляторов осуществляется изменением угла установки лопаток на рабочем колесе в пределах 15-45°, а более тонкое регулирование – одновременным поворотом лопаток направляющего аппарата на угол 5-10° (иногда до 36°).

Все вентиляторы разрабатываются на основе типовых аэродинамических схем, отработанных в лабораторных условиях. Под аэродинамической схемой подразумевается совокупность признаков и параметров, однозначно характеризующих проточную часть вентилятора с набором основных безразмерных конструктивных параметров, обуславливающих получение соответствующих аэродинамических характеристик.

На рис. 1 и 2 приведены аэродинамические схемы одно- и двухступенчатых осевых вентиляторов. Одноступенчатые вентиляторы могут иметь одну из следующих схем: К – схема с одним рабочим колесом; К + СА – схема, включающая кроме рабочего колеса спрямляющий аппарат (СА); ВНА + К – установка, оборудованная входным направляющим аппаратом; ВНА + К + СА – установка, оборудованная спрямляющим аппаратом.

Каждая из приведенных схем осевых вентиляторов имеет свои особенности. По схеме К обычно выполняются вентиляторы с очень малыми значениями коэффициента давления ($\zeta = 0,15$), у которых относительная величина скорости закручивания и связанная с ней величина динамического давления незначительны. Отсутствие спрямляющего аппарата вызывает уменьшение КПД вентилятора в области рабочих режимов на 5-10% и более. Это значит, что получение необходимых значений давления и подачи вентилятора, выполненного по схеме К (без спрямляющего аппарата), из-за снижения КПД потребует большей мощности на валу.

В спрямляющем аппарате динамическое давление, связанное со скоростью закручивания потока за рабочим колесом, преобразуется в статическое с некоторыми потерями [6], обусловленными течением в его диффузорном лопаточном венце. При этом увеличиваются как полное давление и КПД, так и статическое давление и КПД вентилятора без изменения его мощностной характеристики (схема К + СА).

Схема ВНА + К может использоваться в тех же случаях, что и схема К + СА. Во входном направляющем аппарате поток закручивается против направления вращения колеса на величину, или равную скорости закручивания в колесе, или несколько меньшую. В первом случае поток выходит из колеса в осевом направлении (в абсолютном движении), во втором – с некоторым остаточным закручиванием потока. В схеме ВНА + К относительные скорости течения по сравнению со схемой К + СА возрастают и могут увеличиться даже в 1,5 раза.

Схема ВНА + К + СА сочетает в себе особенности обеих схем: К + СА и ВНА + К. Двухступенчатые вентиляторы имеют схемы К + СА + К + СА и ВНА + К + НА + К + СА. Они имеют более высокий

КПД по сравнению с одноступенчатыми вентиляторами, причем конструкции основных узлов одноступенчатых и двухступенчатых вентиляторов аналогичны.

Наличие направляющих и спрямляющих аппаратов, особенно в двухступенчатых конструкциях, повышает эффективность работы осевых вентиляторов, но вместе с тем усложняет конструкцию, увеличивает габариты, массу и, как правило, приводит к снижению надежности работы всей вентиляционной установки.

Для устранения указанных недостатков (по габаритам, массе, КПД) применяются вентиляторы встречного вращения (рис. 3). Рабочие колеса 1 и 2 вращаются в противоположные стороны. При одинаковых окружных скоростях поток, закрученный в первой ступени, раскручивается второй ступенью в противоположную сторону. Воздушная струя реверсируется изменением направления вращения рабочих колес. Учитывая то, что скорость закручивания потока на выходе из второй ступени равна нулю,

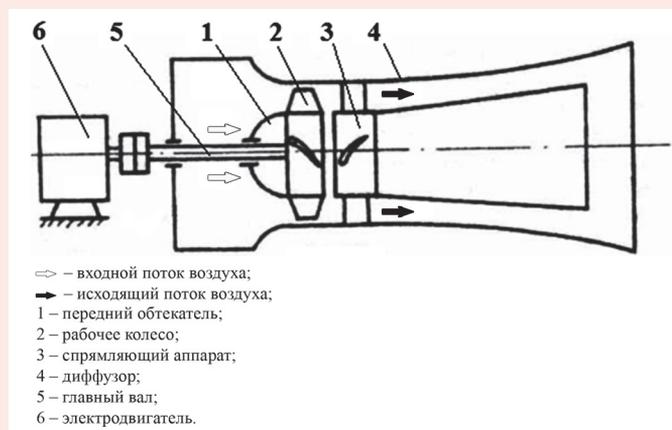


Рис. 1. Одноступенчатый осевой вентилятор по схеме К + СА.

Сурет 1. К + ТА схемасы бойынша бір сатылы осьтік желдеткіш.

Figure 1. Single-Stage axial fan according to the K + SA scheme.

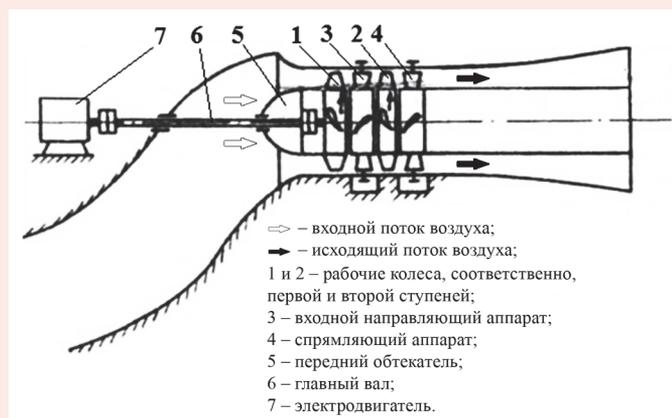


Рис. 2. Аэродинамическая схема двухступенчатого вентилятора по схеме К + СНА + К + СА.

Сурет 2. К + ТБА + К + С схемасы бойынша екі сатылы желдеткіштің аэродинамикалық схемасы.

Figure 2. Aerodynamic scheme of a two-stage fan according to the scheme K + N + K + C.

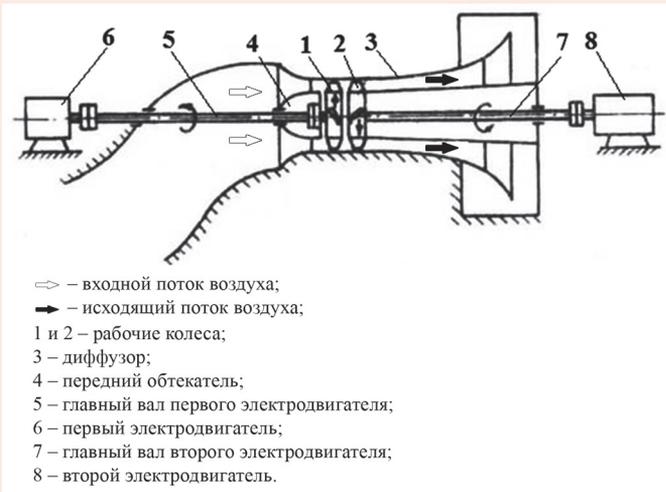


Рис. 3. Аэродинамическая схема вентилятора встречного вращения по схеме К + К.

Сурет 3. К + К схемасы бойынша қарсы айналу желдеткішінің аэродинамикалық схемасы.

Figure 3. Aerodynamic scheme of the counter rotation fan according to the K + K scheme.

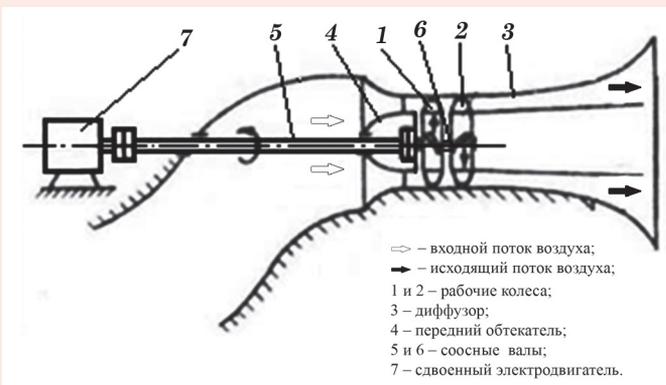


Рис. 4. Аэродинамическая схема вентилятора встречного вращения со двоянным двигателем по схеме К+К.

Сурет 4. К + К схемасы бойынша қосарланған қозғалтқышты айналу желдеткішінің аэродинамикалық схемасы.

Figure 4. Aerodynamic diagram of a counter-rotating fan with a double engine according to the K + K scheme.

то отпадает необходимость в промежуточном направляющем и спрямляющем аппаратах, в результате их исключения значительно упрощается конструкция, уменьшаются размеры и масса вентилятора, значительно повышается его надежность.

Общим недостатком осевых вентиляторов является сложность осуществления связи рабочих колес с приводным валом электродвигателя. При непосредственной установке рабочего колеса на вал двигателя, расположенного в корпусе вентилятора, конструкция вентилятора упрощается, но сам электродвигатель превращается в сопротивление, ограничивающее сечение потока. Поэтому рабочие колеса мощных вентиляторов, используемых в горнодобывающей промышленности, приводятся во вращение трансмиссионными валами

от двигателей, расположенных вне корпуса вентилятора. Такой подход позволяет исключить вредное сопротивление потоку за счет усложнения конструкции привода и увеличения габаритов вентиляционной установки.

Для вентиляторов встречного вращения конструкция привода еще более усложняется (практически в два раза), поскольку требуется два независимых электродвигателя. Поэтому, несмотря на свои достоинства, вентиляторы встречного вращения широкого распространения в горнодобывающей промышленности не получили.

Результаты

Одним из путей решения проблемы упрощения конструкции привода и уменьшения габаритов вентиляционной установки может стать использование электродвигателей специальной конструкции: с двумя статорами и двумя соосно расположенными роторами. Один ротор пустотелый, сквозь него проходит вал второго ротора. Соосно расположенные валы, на концах которых установлены рабочие колеса, вращаются в противоположные стороны (рис. 4).

Схема электродвигателя специальной конструкции представлена на рис 5. Отличительной особенностью такого электродвигателя является объединение двух электродвигателей в один. В объединенных в одно целое двух корпусах 1 и 2 имеются два статора 3 и 4, а также два ротора 5 и 6, установленных на соосных валах, на выходных концах которых 7 и 8 уже за пределами корпуса размещаются рабочие колеса вентилятора.

Работает электропривод таким образом: при поступлении напряжения на выводы обмоток от сети электроэнергия по обмоткам протекает трехфазный ток, создающий вращающееся магнитное поле индуктора, соприкосновение которого с полем возбуждения постоянных магнитов якоря создает вращающий момент; фазные обмотки индукторов 3 и 4 коммутируются в такой последовательности, при которой создаются противоположно направленные вращающиеся электромагнитные поля, обеспечивающие встречное вращение якорей 5 и 6, и, соответственно, валов рабочих колес 7 и 8. Электрическая схема для управления предложенным электроприводом приведена на рис. 6.

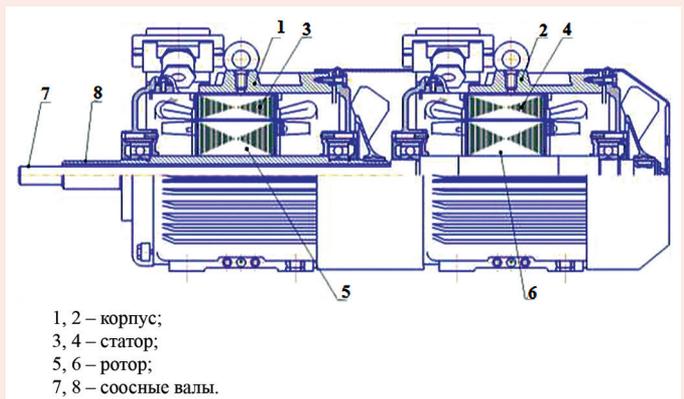


Рис. 5. Общий вид двоянного электродвигателя. Сурет 5. Қосарланған электр қозғалтқышының жалпы түрі.

Figure 5. General view of a dual electric motor.

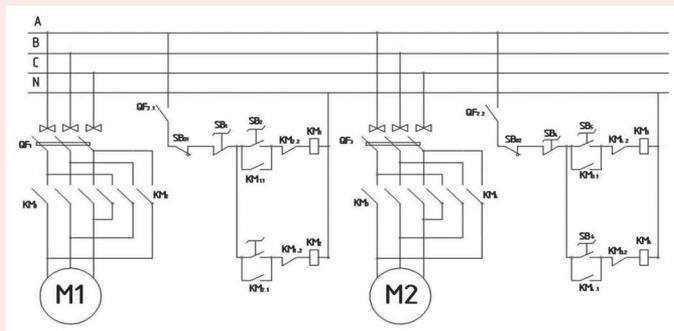


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема электропривода.

Сурет 6. Электр жетегінің қарапайым электр схемасы.

Figure 6. Schematic diagram of the electric drive.

Фазы А, В и С питающего напряжения подводятся к клеммам асинхронного двигателя через трехполюсные автоматические выключатели QF1 и QF2, которые защищают всю схему и позволяют отключать питающее напряжение поочередно через пары силовых контактов магнитных пускателей KM1...KM6. Для этого в цепь обмотки двигателя включены силовые контакты от двух пускателей, которые подключаются поочередно, меняя чередование фаз. В нашей схеме при вращении вперед последовательность фаз такая – А, В, С. При вращении назад – С, В, А, т. е. чередование фаз А и С меняется местами. Катушки магнитных пускателей с одной стороны подключены к нулевому рабочему проводнику N, с другой – через кнопочный пост к фазе С.

Кнопочный пост состоит из семи кнопок:

- 1) нормально разомкнутых SB2; SB5 (*вперед*);
- 2) нормально разомкнутых SB3; SB6 (*назад*);
- 3) нормально замкнутых SB0; SB1; SB4 (*стоп*).

Кнопка SB0 – аварийная остановка всей схемы.

К кнопкам *вперед* параллельно подключен нормально разомкнутый вспомогательный контакт пускателя KM1, соответственно, к кнопкам *назад* – нормально разомкнутый вспомогательный контакт пускателя KM2. Это необходимо для шунтирования кнопок после их нажатия, в противном случае электродвигатель остановится после того, как оператор отпустит кнопку. Также в цепь питания обмотки пускателя KM1 включен нормально замкнутый контакт пускателя KM2, а в цепь обмотки пускателя KM2 включен нормально замкнутый контакт пускателя KM1. Это сделано для блокировки, чтобы предотвратить запуск двигателя назад, когда он вращается вперед, и наоборот, т. е. запустить двигатель в любую из сторон можно только из положения остановки.

Рассмотрим работу схемы для первого электродвигателя M1. Переводим рычаг трехполюсного автоматического выключателя во включенное положение, его контакты замыкаются, схема готова к работе.

Запуск вперед

После нажатия кнопки SB2 (*вперед*) цепь питания обмотки магнитного пускателя KM1 получает питание, якорь катушки втягивается, замыкает силовые контакты KM1 и вспомогательный нормально открытый

контакт KM1, который шунтирует кнопку SB2. Одновременно вспомогательный нормально замкнутый контакт KM1 размыкает цепь управления магнитным пускателем KM2, блокируя тем самым возможность запуска реверса двигателя. Три питающих фазы в последовательности А, В, С подаются на обмотки двигателя и он начинает вращаться вперед. Кнопка SB2 возвращается в исходное нормально разомкнутое состояние. При этом питание на обмотку пускателя KM1 подается через замкнутый вспомогательный контакт KM1. Двигатель запущен и вращается вперед.

Остановка двигателя из положения вперед

Для остановки двигателя или для запуска в другую сторону, необходимо сначала нажать кнопку SB1 (*стоп*). Питание цепи управления размыкается. Якорь магнитного пускателя KM1 под действием пружины возвращается в исходное состояние. Силовые контакты размыкаются, отключая питающее напряжение от электродвигателя. Двигатель останавливается. Одновременно с этим размыкается вспомогательный контакт KM1 в цепи питания обмотки пускателя KM1 и замыкается вспомогательный контакт KM1 в цепи питания пускателя KM2. Кнопка *стоп* возвращается в исходное нормально замкнутое положение. Но, поскольку вспомогательный контакт KM1 разомкнут, питание на обмотку пускателя KM1 не подается, двигатель остается выключенным и схема готова к следующему запуску.

Реверс двигателя

Чтобы запустить двигатель в обратном направлении, необходимо нажать кнопку SB3 (*назад*). Питание подается на обмотку пускателя KM2. Пускатель срабатывает, замыкая силовые контакты KM2 в цепи питания двигателя и вспомогательный контакт KM2, который шунтирует кнопку SB3. Одновременно с этим другой вспомогательный контакт KM2 разрывает цепь питания пускателя KM1. На обмотки двигателя подаются три фазы в порядке С, В, А, он начинает вращаться в другую сторону. После отпущения кнопки SB3 она вернется в исходное положение, но питание на обмотку пускателя KM2 продолжает поступать через замкнутый вспомогательный контакт KM2. Двигатель продолжает вращаться в обратном направлении.

Остановка двигателя из положения назад

Для остановки повторно нажимаем кнопку SB1 (*стоп*). Цепь питания обмотки пускателя KM2 размыкается. Якорь возвращается в исходное положение, замыкая силовые контакты KM2. Двигатель останавливается. Одновременно с этим вспомогательные контакты KM2 возвращаются в исходное состояние.

Работа электродвигателя M2 осуществляется аналогичным образом.

Заключение

В результате использования сдвоенного электродвигателя в вентиляторах встречного вращения, как видно из рис. 4, исключается один электродвигатель с трансмиссионным валом, упрощается конструкция вентиляторной установки.

За счет упрощения конструкции надежность работы вентиляторной установки существенно повышается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Галеркин Ю.Б., Рекстин А.Ф., Солдатова К.В. и др. Радиальные и осерадиальные рабочие колеса центробежных компрессоров – преимущества, недостатки, область применения. // *Компрессорная техника и пневматика*. – 2015. – №7. – С. 23-32.
2. Макаров В.Н., Горбунов С.А., Корнилова Т.А. Перспективное направление повышения эффективности вентиляторов местного проветривания // *Известия вузов. Горный журнал*. – 2013. – №6. – С. 124-129.
3. Urmila B., Subba Rayudu D. Оптимальный алгоритм пространственно-векторной ШИМ для трехуровневого инвертора. // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2011. – Vol. 6. – №9. – С. 24-36.
4. Подболотов С.В., Кольга А.Д., Дерина Н. Математическое моделирование силового обмена в межбукетном пространстве коаксиально расположенных рабочих колес центробежной турбомашин. // *Веб-конференции МАТЕС. Серия «Современные тенденции в производстве технологий и оборудования – IСMTMTE 2018»*. – 2018. – С. 04-016.
5. Подболотов С.В., Кольга А.Д. Центробежный насос со ступенчатым расположением рабочих колес. // *Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горно-шахтного и нефтепромыслового оборудования: материалы II Международной. науч.-практ. конф. «Горная электромеханика»*. – Пермь: ПНИПУ, 2015. – Т. 1. – С. 57-62.
6. Подболотов С.В., Кольга А.Д. Гидравлические потери в элементах турбомашин. // *Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. / Под ред. Г.Д. Першина*. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И.Носова, 2016. – Вып.16. – С. 134-138.
7. Voustan W.G. Измерения воздушных нагрузок: экстраординарные затраты, экстраординарные выгоды. // *The 31st Alexander Nikolsky Honorary Lecture: Journal of the American Helicopter Society*. – 2014. – Вып. 59. – №3 (July). – С. 43-51.
8. Gu C.W., Chen L., Wu P. and Dai R. Проектирование и оптимизация рабочего листа центробежного рабочего колеса S2 на основе циркуляционного профиля. // *Гидравлическое оборудование*. – 2013. – №41. – С. 24-28. (на китайском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Галеркин Ю.Б., Рекстин А.Ф., Солдатова К.В. және т.б. Компрессорлардың радиалды және осерадиалды жұмыс дөңгелектері – артықшылықтары, кемшіліктері, қолдану саласы. // *Компрессорлық техника және пневматика*. – 2015. – №7. – Б. 23-32.
2. Макаров В.Н., Горбунов С.А., Корнилова Т.А. Жергілікті желдету желдеткіштерінің тиімділігін арттырудың перспективалық бағыты // *Жоғары оқу орындары. Тау журналы*. – 2013. – №6. – Б. 124-129.
3. Urmila B., Subba Rayudu D. Үш деңгейлі өнертапқыш үшін кеңейтілген векторлы импульстің енін модуляция алгоритмі. // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2011. – Шығ. 6. – №9. – Б. 24-36.
4. Подболотов С.В., Кольга А.Д., Дерина Н. Орталықтан тепкіш турбоминнің коаксиалды орналасқан қоздырғыштарының шелек аралық кеңістігінде энергия алмасуды математикалық модельдеу. // *Веб-конференциялар МАТЕС. «Технологиялар мен жабдықтар өндірісінің қазіргі тенденциялары – IСMTMTE 2018» сериясы*. – 2018. – Б. 04-016.
5. Подболотов С.В., Кольга А.Д. Жұмыс дөңгелектері сатылы орналасқан орталықтан тепкіш сорғы. // *Тау-кен шахталық және мұнай кәсіпшілігі жабдықтарын пайдаланудың тиімділігі мен қауіпсіздігін арттырудың өзекті мәселелері: Екінші халықаралық материалдар. ғыл.-қолд. конф. Тау-кен электромеханикасы-2015*. – Пермь: Перм. Ұлтт. зерттеу унив. баспасы, 2015. – Т. 1. – С. 57-62.
6. Подболотов С.В., Кольга А.Д. Гидромашин элементтеріндегі гидравликалық шығындар. // *Табиғи тасты өндіру, өңдеу және қолдану: ғыл. еңбектер жинағы. / Г.Д. Першин ред. жүрг.* – Магнитогорск: Г.И. Носов атындағы Магнитогорск ұлттық техникалық унив. баспасы, 2016. – Шығ. 16. – Б. 134-138.
7. Voustan W.G. Әуе жүктемелерін өлшеу: ерекше шығындар, ерекше пайдалар. // *The 31st Alexander Nikolsky Honorary Lecture: Journal of the American Helicopter Society*, – 2014 (July). – Шығ. 59. – №3. – Б. 43-51.
8. Gu C.W., Chen L., Wu P. and Dai R. Айналмалы профиль негізінде S2 ортадан тепкіш жұмыс дөңгелегінің жұмыс парағын жобалау және оңтайландыру. // *Сұйықтық техникасы*. – 2013. – №41. – Б. 24-28. (Қытай тілінде)

REFERENCE

1. Galerkin Yu.B., Rekstin A.F., Soldatova K.V. etc. Radial and oseradial impellers of centrifugal compressors-advantages, disadvantages, scope of application. // *Compressor equipment and Pneumatics*. – 2015. – №7. – P. 23-32.
2. Makarov V.N., Gorbunov S.A., Kornilova T.A. Perspective direction of increasing the efficiency of local ventilation fans. // *Herald of Higher educational. Mining journal*. – 2013. – №6. – P. 124-129.
3. Urmila B., Subba Rayudu D. Optimum space vector pwm algorithm for three-level inverter // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2011. – Vol. 6. – №9. – P. 24-36.
4. Podbolotov S., Kolga A., Dyorina N. Mathematic simulation of the power interchange in the interbucket space of coaxially located impellers of the centrifugal turbo machine. // *MATEC Web of Conferences. Series «International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment – ICMTMTE 2018»*. – 2018. – P. 04-016.
5. Podbolotov S.V., Kolga A.D. Centrifugal pump with step arrangement of impellers. // *Actual problems of improving the efficiency and safety of mining and oilfield equipment operation: materials of the Second International conference. science-practice*. // *Conf. Mining electromechanics – 2015*. – Perm: Publishing house of Perm National Research Polytechnical University. – Vol. 1. – P. 57-62.
6. Podbolotov S.V., Kolga A.D. Hydraulic losses in turbomachine elements. // *Extraction, processing and application of natural stone: collection of scientific papers*. – Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University named G.I. Nosov, 2016. – Issue 16. – P. 134-138.
7. Bousman W.G. Rotocraft Airloads Measurements: Extraordinary Costs, Extraordinary Benefits. // *The 31st Alexander Nikolsky Honorary Lecture. Journal of the American Helicopter Society*, 2014 (July). – Vol. 59. – №3. – P. 43-51.
8. Gu C.W., Chen L., Wu P. and Dai R. Design and Optimization for Centrifugal Impeller S2 Streamsheet Based on Circulation Profile. // *Fluid Machinery*. – 2013. – №41. – P. 24-28. (In Chinese)

Сведения об авторах:

Шуриев Т.Х., докторант PhD кафедры «Технологические машины и оборудование» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), заместитель директора производственного департамента Акционерного общества «НАК Казатомпром», t.shuriyev@kazatomprom.kz

Подболотов С.В., заведующий лабораторией «Горные машины», старший преподаватель кафедры «Горные машины и транспортно-технологические комплексы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, Россия), podbolotov_sergey@mail.ru

Кольга А.Д., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Горные машины и транспортно-технологические комплексы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, Россия), kad-55@magtu.ru

Стопловских И.Н., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), ivanstol@rambler.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Шуриев Т.Х., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан), Ационерлік Қоғамы «Казатомпром» Өндірістік департамент директорының орынбасары, t.shuriyev@kazatomprom.kz

Подболотов С.В., «Г.И. Носов атындағы Магнитогорск мемлекеттік техникалық университеті» Федералды мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі «Тау-кен машиналары» зертханасының менгерушісі, «Тау-кен машиналары және көлік-технологиялық кешендер» кафедрасының аға оқытушысы (Магнитогорск қ., Ресей), podbolotov_sergey@mail.ru

Кольга А.Д., техника ғылымдарының докторы, «Г.И. Носов атындағы Магнитогорск мемлекеттік техникалық университеті» Федералды мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі «Тау-кен машиналары және көлік-технологиялық кешендер» кафедрасының менгерушісі және профессоры (Магнитогорск қ., Ресей), kad-55@magtu.ru

Стопловских И.Н., техника ғылымдарының докторы, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының профессоры, ivanstol@rambler.ru

Information about the authors:

Shuriyev T.Kh., Doctoral Student PhD at the Department «Technological Machines and Equipment» of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satbayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), Deputy Director at the Production Department of the Joint-Stock Company «Kazatomprom», t.shuriyev@kazatomprom.kz

Podbolotov S.V., Head of the Laboratory «Mining machine», Senior Lecturer at the Department «Mining Machines and Transport Technology Complexes» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov», podbolotov_sergey@mail.ru

Kolga A.D., Doctor of Technical Sciences, Full Professor and Head at the Department «Mining machines and transport technology complexes» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov», kad-55@magtu.ru

Stolpovskikh I.N., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Technological Machines and Equipment» of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satbayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), ivanstol@rambler.ru

Код МРНТИ 52.13.17

Д.Р. Махмудов, Ш.В. Каримов

Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова (г. Ташкент, Узбекистан)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ СО ДНА ГЛУБОКОГО КАРЬЕРА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация. Проведено исследование современных проблем карьерной техники и возможностей их решения в сложных горно-геологических условиях глубоких рудных карьеров. Ведение открытых горных работ в сверхглубоких карьерах сопряжено со многими сложностями, одной из которых является обеспечение логистики грузооборота. Обеспечение непрерывной работы техники и правильный выбор технологической схемы приводит к непрерывному ведению горных работ. Рассмотрена возможность изменения параметров техники для решения проблем повышения производительности карьера горнодобывающего предприятия на определенные сроки, что приводит к перерассмотрению имеющейся техники и технологии. Предложена транспортная схема, позволяющая повысить эффективность карьерной техники.

Ключевые слова: полезные ископаемые, карьер, разработка, горная масса, уступ, грузопоток, рудопоток, транспортирование, автосамосвал.

Терең карьердің түбінен тау массасын тасымалдаудың қазіргі заманғы мәселелері мен шешу жолдары

Андатпа. Терең кен карьерлеріндегі күрделі геометриялық жағдайларда қазіргі заманғы мәселелерді және олардың шешімдерін қарастыру мүмкіндігін зерттеу. Терең карьерлерде Ашық тау-кен жұмыстарын жүргізу көптеген қиындықтарға ие. Оның бірі терең карьердегі жүк айналымының логистикасын қамтамасыз ету болып табылады. Техниканың үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету және технологиялық схеманы дұрыс таңдау терең карьерлерде тау-кен жұмыстарын үздіксіз орындауға әкеледі. Терең карьердегі тау-кен өндіру кәсіпорны проблемаларын шешу үшін техника параметрлерін белгілі бір мерзімге өзгерту мүмкіндігін қарастыру, өйткені пайдалы қазбаларды өндіру және аршу бойынша орындалатын жұмыс карьердің өнімділігін арттыру есебінен өсуде. Бұл қолда бар техника мен технологияны қайта қарауға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: пайдалы қазбалар, карьер, әзірлеу, тау массасы, кемер, жүк ағыны, рудопоток, тасымалдау, автосамосвал.

Modern problems and solutions for transporting rock mass from the bottom of a deep quarry

Annotation. The study of contemporary problems and opportunities the examination of their solutions to difficult geometric conditions in the deep ore mines. Conducting open-pit mining operations in super-deep quarries has many difficulties. One of them is providing logistics of cargo turnover in a deep quarry. Ensuring the continuous operation of equipment and the correct choice of technological scheme leads to continuous performance of mining operations in deep pits. Consideration of the possibility of changing the parameters of equipment to solve the problems of a mining enterprise in deep pits for a certain period of time, as the work performed on mining and Stripping increases due to increased productivity of the quarry. And this contributes to the re-examination of existing equipment and technology.

Key words: minerals, rock mass, quarry, development, ledge, cargo flow, ore flow, transportation, dump truck, problems of a mining.

Введение

При разработке месторождений полезных ископаемых перемещение горной массы осуществляется различными видами транспорта. Выбор вида карьерного транспорта определяется характеристикой транспортируемого груза, расстоянием и масштабом перевозок. Автомобильный транспорт используется в глубоких карьерах, где транспортируемый путь горной массы не превышает 5-6 км. В развитых странах более 90% добычи полезных ископаемых осуществляется открытым способом. В больших открытых карьерах рудное тело обычно находится относительно близко к поверхности, что обеспечивает соотношение вскрышных пород к руде, пригодной для рентабельной добычи, в субгоризонтальных или слабо наклонных залежах [1], поэтому большинство мировых горных предприятий для обеспечения транспортировки горной массы применяют автотранспорт.

Методы

В течение последних нескольких лет многие горнодобывающие предприятия интенсивно развивались, и сохранение такого темпа развития уже в ближайшие годы приведет к тому, что эксплуатационная глубина карьеров будет приближаться к 700-800 м. При достижении таких глубин создаются новые проблемы доставки горной массы со дна карьера, основной из которых являются чрезмерно большие расстояния

транспортирования. Сравним существующие виды автосамосвалов, служащих для транспортировки горной массы в глубоких карьерах с совершенно новыми видами, исследованы проблемы и эффективность повышения грузопотока в карьере.

При строительстве карьера (переход с одной очереди разработки к другой) горнодобывающими предприятиями в основном обращается внимание на устойчивость борта. При этом углы откоса уступов могут принимать значения выше 45°-50° в нижних горизонтах, а в верхних достигают 70°, также высота уступа меняет параметры, что, в свою очередь, влияет на строительство транспортных берм и дорог с уклоном, а также серпантин дорог. Чем круче откосы и выше уступы, тем больше уклоны автодорог и съездов. Для обыкновенного автосамосвала грузоподъемностью 150-190 т уклон не должен превышать 8-12%.

Основные факторы, характеризующие условия ведения работ в сверхглубоких карьерах, в зоне интенсивной углубки:

- ограниченная ширина и крутые уклоны транспортных магистралей – до 25%;
- отсутствие специального дорожного покрытия;
- стесненность и обводненность рабочей зоны, близость к взрывным работам;
- увеличение прочностных показателей пород по глубине залегания;

▪ недостаточная эффективность мер по проветриванию и вентиляции, и как следствие, сильная загазованность рабочей зоны [2].

Опыт эксплуатации горнотранспортного оборудования показал, что дальнейшее применение его при вовлечении в разработку более глубоких горизонтов сопровождается существенным увеличением затрат на добычу железной руды. Возрастающий объем выемки вскрышных пород требует дополнительных площадей для их складирования, отвод которых в условиях частной собственности на землю проблематичен. Размещение транспортных коммуникаций и перегрузочных пунктов на бортах карьеров не только вызывает повышенный их разнос, но и дополнительное нарушение земель, исключает возможность складирования пород вскрыши в выработанном пространстве. Увеличение крутизны борта конструктивно достигается уменьшением числа и ширины берм на нем, а также увеличением высоты и углов откоса уступов в конечном положении [3].

Для обеспечения безопасности ведения горных работ открытым способом разработки рудных месторождений необходимо проводить ежедневный мониторинг [6, 7]. Проблемная часть в элементах открытой разработки в том, что без надежных уступов, откосов, рабочих площадок ведения процесса добычи полезных ископаемых транспортировка не будет обеспечена в полном объеме. При разработке месторождения в определенном карьере должны создаваться условия для повышения коэффициента использования применяемой техники и для обеспечения безопасности ведения работ. Следовательно, актуальной является задача оптимального подбора моделей самосвалов, решение которой будет определять эффективность проектов по открытию месторождений [8]. Именно габаритная ширина самосвала определяет параметры транспортной бермы. Этот фактор оказывает влияние на проектирование карьера, объемы извлекаемой породы, обуславливает затраты на разработку месторождений.

Использование самосвалов с большей грузоподъемностью в глубоких карьерах приводит к увеличению расхода топлива и проблеме обеспечения им. Параметры транспортной коммуникации определяются размерами транспортных средств, развитием глубоких горизонтов, характеризующихся стесненными условиями. Параллельно с этим происходит рост стоимости жидкого топлива, что приводит к увеличению стоимости транспортировки горной массы [9].

На сегодняшний день для открытых горных работ применяется три вида транспорта: автомобильный; железнодорожный; конвейерный. Анализируя применение этих видов транспорта, можно заметить, что на многих горнодобывающих предприятиях используют одну и ту же технику, разница только в ее параметрах. Рабочие агрегаты и другие части этой техники также одинаковые. Изменение параметров техники может решить проблему горнодобывающего предприятия в карьере на малые сроки – 4-5 лет, т. к. работа, выполняемая по добыче полезных ископаемых и вскрыши, растет за счет повышения производительности карьера. Изменение

вида техники и применение совершенно новой технологической схемы транспортирования в глубокой части карьера решила бы проблемы на большие сроки.

Для повышения производительности автосамосвала грузоподъемностью 150-190 т, при этом не перегружая его, необходимо сохранить показатели эксплуатации автосамосвала в предельных цифрах продолжительности цикла, определяемую по формуле:

$$T_{ц}^a = t_o + t_n + t_d + t_{mn} + t_{mp} + t_p, \text{ мин,}$$

где t_o – продолжительность ожидания погрузки, мин: $t_o = 0,5t_n$;
 t_n – продолжительность погрузки автосамосвала, мин;
 t_d – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин: $t_d = 60 \times (2L/v_{cp})$, мин;
 t_{mn}, t_{mp} – продолжительность маневровых операций, соответственно, при установке на погрузку и разгрузку, мин;
 t_p – продолжительность разгрузки, мин.

Суточный пробег автосамосвала:

$$L_c = 2LQ_a/q \times \kappa_0, \text{ (км)}$$

где L – длина пути автодороги, км;
 Q_a – сменная производительность автосамосвала, т/см;
 q – вес груза в кузове автосамосвала, т;
 κ_0 – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($\kappa_0 = 1,05$).

Перечисленные параметры необходимо регулировать для автотранспорта грузоподъемностью 150-220 т, т. к. для глубоких и сверхглубоких карьеров эти параметры учитывают для расчета экономической выгоды.

Необходимо добавить, что климатические условия, а также трансмиссию техники (автотранспорта) необходимо учитывать при углубке карьера более, чем 400 м. Конечно же, это все влияет на энергозатраты предприятия, расходуемые на применение определенного типа автосамосвала. Выбор вида транспорта для улучшения грузопотока в открытых горных работах находится в прямой пропорциональности от энергетической потребности выбираемого транспорта и мощности энергетического обеспечения горного предприятия.

На сегодняшний день в Узбекистане находятся два открытых разрабатываемых карьера по добыче золото-содержащей руды – Мурунтау и Калмакир, где глубина достигает более 600 м. Для перевозки горной массы здесь применяются автосамосвалы. В будущем глубина



Рис. 1. Обычная схема транспортировки руды из усеченного дна карьера с помощью обыкновенного автосамосвала.

Сурет. 1. Автосамосвалдың қарапайым түрі арқылы карьер түбінен кенді тасымалдаудың әдеттегі схемасы.

Figure 1. The usual scheme for transporting ore from the truncated bottom of a quarry using an ordinary type of dump truck.

карьера Мурунтау может достичь 950-1000 м. В перспективе на этих карьерах возможно изменение качества грузопотока, достигаемое эффективным использованием различных вариаций транспорта.

Повысить эффективность работы карьерной техники возможно за счет рационального распределения самосвалов и экскаваторов с учетом влияния различных технико-эксплуатационных факторов и структуры парка. Создание экскаваторно-автомобильного комплекса поможет увеличить производительность карьерного автотранспорта, а также сократить время простоев автомобилей и экскаваторов. Комплекс позволяет увеличить объем транспортируемой горной массы и, как следствие, снизить себестоимость добычи [11].

Основная закономерность формирования транспортных систем для карьеров большой глубины и производительности заключается в одновременном применении нескольких видов транспорта, их комбинаций и переходе от одних схем транспортирования к другим.

Рациональны две основные группы типовых схем последовательного формирования транспортных систем глубоких карьеров:

I группа – на основе автомобильного и крутонаклонных (конвейерного, скипового) видов транспорта;

II группа – на основе железнодорожного и автомобильного транспорта, а в дальнейшем и крутонаклонного подъема, причем применение железнодорожного транспорта должно предусматриваться с первых лет эксплуатации карьера [13].

Изучая используемые в настоящий момент марки автосамосвалов и их характеристики (CAT, БелАЗ, Hitachi, Komatsu), можно увидеть, что, несмотря на их грузоподъемность, преодоление ими крутых уклонов свыше 15% очень затруднительно. Поэтому в глубоких рудных карьерах с усеченным дном необходимо применять совершенно новый вид автосамосвала с геометрически улучшенным кузовом, который позволяет преодолеть большие уклоны карьерных дорог, что, в свою очередь позволит сократить расходы горного предприятия на эксплуатацию автодорог в нижних горизонтах карьера почти вдвое, как показано на схеме транспортировки, приведенной на рис 2.

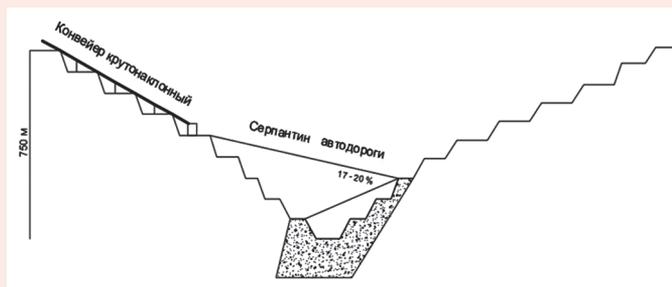


Рис. 2. Схема транспортировки горной массы из усеченного дна карьера с использованием геометрически усовершенствованного типа автосамосвала.

Сурет 2. Автосамосвалдың геометриялық жетілдірілген өзге түрін пайдалану кезінде карьердің түйілген түбінен тау-кен массасын тасымалдау схемасының түрі.

Figure 2. Scheme for transporting rock mass from the truncated bottom of the quarry when using a geometrically improved other type of dump truck.

Заклучение

При исследовании проблем горного транспорта, связанных с перевозкой горной массы со дна глубоких карьеров, предложены следующие решения.

При глубине карьера 400 м для снижения затрат на транспортирование горной массы необходимо использовать автомобильный транспорт в комбинации с другим, к примеру, железнодорожным, если параметры поверхности (длина и ширина) карьера соответствуют требованиям безопасности транспортировки.

При глубине карьера 500-600 м для транспортирования горной массы возможно применять автосамосвал с гусеничным ходом до определенного горизонта, где имеется пункт перегрузки горной массы на автосамосвал на пневмобаллонном ходу.

Свыше глубины 600-750 м проблему транспортирования горной массы можно решить при помощи изменения технологической схемы транспортирования, улучшения состояния карьерных автодорог, подбора иного вида автосамосвала, а также применения новой технологической цепочки в транспортной сфере горного предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Oggeri C., Fenoglio T.M., Godio A., Vinai R. Управление вскрышными породами в открытых карьерах: варианты и ограничения в крупных известняковых карьерах. // *Международный журнал горной науки и технологий*. – 2019. – Р. 217-228.
2. Тарасов П.И., Фурин В.О., Ворошилов А.Г., Глебов А.В. Необходимость создания новых углубочных комплексов для кимберлитовых карьеров Якутии. // *Семинар*. – 2006. – №12. – С. 277-282.
3. Медведева О.А. Обеспечение грузотранспортной связи при доработке глубоких карьеров. – Днепропетровск: ИГТМ. – 2011. – С. 17-22.
4. Чаадаев А.С., Зырянов И.В. Проблемы транспортирования горной массы при отработке алмазоносных трубок с использованием механических транспортных средств. – 2013. – С. 222-229.
5. Лель Ю.И. Проблемы снижения энергозатрат при открытой разработке месторождений. – 2005. – С. 67-72.

6. Махмудов Д.Р., Умаров Ф.Я., Очиллов Ш.А. Методика исследования снижения прочностных, упругих и деформационных свойств горных пород в полигонных условиях. // Горный вестник Узбекистана. – 2018. – №1. – С. 29-31.
7. Махмудов Д.Р., Насиров У.Ф., Умаров Ф.Я., Заиров Ш.Ш. Исследование снижения прочностных и деформационных свойств различных горных пород при многократных взрывных нагрузках. // Горный вестник Узбекистана. – 2017. – №4. – С. 14-18.
8. Burmistrov K.V., Osintsev N.A., Shakshakpaev A.N. Выбор карьерных самосвалов при реконструкции карьера. // International Conference on Industrial Engineering (ICIE). – 2017. – С. 1696-1703.
9. Kravets V., Ziborov K., Vas K., Fedoriachenko S. Комбинированный метод определения оптимального плана распределения потока для горных работ, городских электромобилей и зарядных станций. // Ukrainian School of Mining Engineering. – 2019. – С. 2-7.
10. Vyueyukova O., Sladovskiy A., Stilpovskikh I. Рационализация автопарка для перевозки горных пород в карьерах. // Проблемы транспорта. – 2016. – С. 80-85.
11. Журавлев А.Г., Бахтурин Ю.А., Берсенев В.А., Семенкин А.В., Черепанов В.А. Обоснование методов адаптации горнотранспортных систем к изменяющимся условиям разработки сложноструктурных глубокозалегающих месторождений. // Проблемы недропользования. – 2019. – №3. – С. 118-128.
12. Яковлев В.Л., Бахтурин Ю.А., Журавлев А.Г. Основные аспекты формирования и новые научные направления исследований транспортных систем карьеров. – Екатеринбург: Институт горного дела УрО РАН, 2015. – С. 67-72.
13. Четверик М.С. Перспективы применения крутонаклонных конвейеров при циклично-поточной технологии на карьерах Кривбасса. // Геотехническая механика: сборник научных трудов. – Днепропетровск, 2010. – №89. – С. 197-203.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Oggeri C., Fenoglio T.M., Godio A., Vinai R. Ашық карьерлерде аршу жыныстарын басқару: ірі әктас карьерлеріндегі нұсқалар мен шектеулер. // International Journal of Mining Science and Technology. – 2019. – Б. 217-228.
2. Тарасов П.И., Фурин В.О., Ворошилов А.Г. Глебов А.В. Якутияның кимберлиттік карьерлері үшін жаңа тереңдетілген кешендер құру қажеттілігі. // Семинар. – 2006. – №12. – С. 277-282.
3. Медведева О.А. Терең карьерлерді пысықтау кезінде жүк көлік байланысын қамтамасыз ету. – Днепропетровск: ИГТМ. – 2011. – Б. 17-22.
4. Чаадаев А.С., Зырянов И.В. Механикалық көлік құралдарын пайдалана отырып алмазды түтіктерді өңдеу кезінде тау массасын тасымалдау мәселелері. – 2013. – Б. 222-229.
5. Лель Ю.И. Кен орындарын ашық игеруде энергия шығынын төмендету мәселелері. – 2005. – Б. 67-72.
6. Махмудов Д.Р., Умаров Ф.Я., Очиллов Ш.А. Полигон жағдайында тау жыныстарының беріктігін, серпінділігін және деформациялық қасиеттерін төмендетуді зерттеу әдістемесі. // Өзбекстанның таулы хабаршысы. – 2018. – №1. – Б. 29-31.
7. Махмудов Д.Р., Насиров У.Ф., Омаров Ф.Я., Заиров Ш.Ш. Оқу төмендету беріктік және деформациялық свойств әр түрлі тау жыныстарының кезінде бірнеше рет жарылыс жүктеме // Өзбекстанның таулы хабаршысы. – 2017. – №4. – Б. 14-18.
8. Burmistrova K.V., Osintseva N.A., Shakshakpaev A.N. Карьерді қайта құру кезіндегі карьерлік үйінділер. // International Conference on Industrial Engineering (ICIE). – 2017. – Б. 1696-1703.
9. Kravets V., Ziborov K., Vas K., Fedoriachenko S. Тау-кен жұмыстары, қалалық электромобильдер және зарядтау станциялары үшін ағынның оңтайлы бөлу жоспарын анықтаудың аралас әдісі. // Ukrainian School of Mining Engineering. – 2019. – P. 2-7.
10. Vyueyukova O., Sladovskiy A., Stilpovskikh I. Ашық шахтада тау жыныстарын тасымалдау кезінде автомобиль көлігі паркін рационализациялау. // Көлік мәселері. – 2016. – Б. 80-85№
11. Журавлев А.Г., Бахтурин Ю.А., Берсенев В.А., Семенкин А.В., Черепанов В.А. Тау-кен көлігі жүйелерін күрделі құрылымдық терең жатқан кен орындарын өңдеудің өзгермелі жағдайларына бейімдеу әдістерін негіздеу. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері. – 2019. – №3. – Б. 118-128.

12. Яковлев В.Л., Бахтурин Ю.А., Журавлев А.Г. Карьерлердің көлік жүйелерін зерттеудің негізгі аспектілері және жаңа ғылыми бағыттары. // Екатеринбург: УрО Тау ісі институты, 2015. – Б. 67-72.
13. Четверик М.С. Тікелей бейім конвейерлерді Кривбасс карьерінде циклді-ағынды технология кезінде қолдану перспективалары. // Геотехникалық механика: ғылыми еңбектер жинағы. – Днепропетровск, 2010. – №89. – Б. 197-203.

REFERENCE

1. Oggeri C., Fenoglio T.M., Godio A., Vinai R. Overburden management in open pits: options and limits in large limestone quarries. // *International Journal of Mining Science and Technology*. – 2019. – P. 217-228.
2. Tarasov P.I., Furin V.O., Voroshilov A.G., Glebov A.V. The need to create new deepening complexes for Kimberlite quarries in Yakutia. // *Seminar*. – 2006. – №12. – P. 277-282.
3. Medvedeva O.A. Provision of cargo transport communication during completion of deep quarries. – *Dnepropetrovsk: IGTM*. – 2011. – P. 17-22.
4. Chaadaev A.S., Zyryanov I.V. Problems of transportation of rock mass during mining of diamond-bearing pipes using motor vehicles. – 2013. – P. 222-229.
5. Lel Yu.I. Problems of reducing energy consumption in open field development. – 2005. – P. 67-72.
6. Makhmudov D.R., Umarov F.Ya., Ochilov Sh.A. Methodology for studying the reduction of strength, elastic and deformation properties of rocks in polygon conditions. // *Mining Bulletin of Uzbekistan*. – 2018. – P. 29-31.
7. Makhmudov D.R., Nasirov U.F., Umarov F.Ya., Zairov Sh.Sh. Study of reducing the strength and deformation properties of various rocks under multiple explosive loads. // *Mining Bulletin of Uzbekistan*. – 2017. – P. 14-18.
8. Burmistrov K.V., Osintsev N.A., Shakshakpaev A.N. Selection of open-pit dump trucks during quarry reconstruction. // *International Conference on Industrial Engineering (ICIE)*. – 2017. – P. 1696-1703.
9. Kravets V., Ziborov K., Bas K., Fedoriachenko S. Combined method for determining the optimal flow distribution plan for mining, urban electric vehicles and for charging stations. // *Ukrainian School of Mining Engineering*. – 2019. – P. 2-7.
10. Vuyeykova O., Sladovskiy A., Stilpovskikh I. Rationalization of road transport park for the carriage of mining rocks in the open mines. // *Transport problems*. – 2016. – P. 80-85.
11. Zhuravlev A.G., Bakhturin Yu.A., Bersenev V.A., Semyonkin A.V., Cherepanov V.A. Justification of methods of adaptation of mining transport systems to changing conditions of development of complex structural deep-lying deposits. // *Problems of subsoil use*. – 2019. – №3. – P. 118-128.
12. Yakovlev V.L., Bakhturin Yu.A., Zhuravlev A.G. Main aspects of formation and new scientific directions of research of transport systems of quarries. – *Yekaterinburg: Institute of mining of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2015. – P. 67-72.
13. Chetverik M.S. Prospects of application of steeply inclined conveyors for cyclic-flow technology on the careers of Krivbass. // *Geotechnical mechanics: Collection of proceedings*. – *Dnepropetrovsk*, 2010. – №89. – P. 197-203.

Сведения об авторах:

Махмудов Д.Р., PhD, заведующий кафедрой «Геотехнология угольных и пластовых месторождений» Ташкентского государственного технического университета им. И. Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), karimov20-13@mail.ru
Каримов Ш.В., докторант кафедры «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. И. Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), karimov20-13@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Махмудов Д.Р., И. Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университеті «Көмір және қабаттық кенорындарының геотехнологиясы» кафедрасының меңгерушісі (Ташкент қ., Өзбекстан), karimov20-13@mail.ru
Каримов Ш.В., И. Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университеті «Тау-кен ісі» кафедрасының докторанты (Ташкент қ., Өзбекстан), karimov20-13@mail.ru

Information about authors:

Makhmudov D.R., PhD, Head at the Department of Geotechnology of coal and reservoir deposits of the Tashkent State Technical University named by I. Karimov (Tashkent, Uzbekistan), karimov20-13@mail.ru
Karimov Sh.V., Doctoral Student at the Department of Mining of the Tashkent State Technical University named by I. Karimov (Tashkent, Uzbekistan), karimov20-13@mail.ru



a Hyve event

MiningWorld Russia

24-я Международная выставка
машин и оборудования
для добычи, обогащения
и транспортировки
полезных ископаемых

Забронируйте стенд
miningworld.ru



20–22 октября 2020
Москва, Крокус Экспо



Код МРНТИ 52.01.05

Б.Б. Имансакипова¹, П.А. Московчук², Г.С. Шакиева¹, Б. Кидирбаев¹¹Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Товарищество с ограниченной ответственностью «Метропроект» (г. Алматы, Казахстан)

РАНЖИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ ТРАССЫ МЕТРО ПО СТЕПЕНИ ПРОБЛЕМНОСТИ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ РИСКА И ИХ УРОВНЕЙ

Аннотация. Для повышения эффективности мониторинга за состоянием трассы метро предлагается ранжирование участков трассы по степени проблемности на основе качественной и количественной оценки факторов риска, их уровней по комбинированному методу, сочетающему экспертный анализ и математическое моделирование возможного проявления рискованных ситуаций. Математическая модель приближена к реальным условиям залегания участка трассы метро с учетом физико-механических свойств вмещающего массива, геологического строения, конструкции, упругих и прочностных характеристик бетонной обкладки тоннеля. Это позволяет повысить эффективность, а также объективность оценки факторов риска. В основе анализа проблемности участка метро лежат принципы: сложения факторов риска через условные баллы, присваиваемые экспертами; индивидуальности – наиболее значимые факторы риска устанавливаются для каждого метрополитена индивидуально; ранжирование участков по степени проблемности осуществляется по критерию квартильной, в соответствии с тремя уровнями риска (низкий, средний, высокий), определяемых суммой баллов факторов риска участка. В результате повышается качество ситуационного контроля и прогноза рискованных ситуаций.

Ключевые слова: ранжирование, факторы риска, уровень риска, экспертная оценка, условные баллы, квартиль, моделирование, распределение, статистический анализ.

Қауіп факторларын және олардың деңгейлерін бағалаудың аралас әдісі негізінде проблемалық дәрежесі бойынша метро трассасының учаскелерін ранжирлеу

Андатпа. Метро трассасының жай-күйіне мониторингтің тиімділігін арттыру үшін тәуекел факторларын сапалық және сандық бағалау негізінде проблема дәрежесі бойынша трассаның учаскелерін және олардың деңгейлерін құрама әдіс бойынша сараптық талдау мен тәуекел жағдайының ықтимал көрінуін математикалық үлгілеуді үйлестіретін саралау ұсынылады. Модель геологиялық құрылысты, сиятын массивтің физикалық-механикалық қасиеттерін, тоннельдің бетондық қабатының конструкциясын, серпінді және берік сипаттамаларын қоса алғанда, әрбір учаскенің жатуының нақты жағдайларына барынша сәйкес келетін болады. Бұл тәуекел факторларын бағалаудың тиімділігін, дұрыстығын және объективтілігін арттыруға мүмкіндік береді. Метро учаскесінің проблемасын талдаудың негізіне мынадай қағидаттар жатады: сарапшылармен берілетін шартты баллдар арқылы тәуекел факторларын қосу; даралық – тәуекелдің ең маңызды факторлары әрбір метрополитен үшін жеке белгіленеді; проблемалық дәрежесі бойынша учаскелерді саралау үш тәуекел деңгейіне сәйкес токсандық өлшем бойынша жүзеге асырылады: төмен, орташа, жоғары. Ранжирлеу учаскенің тәуекел факторларының баллдарының сомасымен айқындалатын критерий бойынша үш деңгейге бөле отырып, токсандық жүргізіледі. Нәтижесінде жағдайлық бақылау және тәуекелдік жағдайларды болжау сапасы артады.

Түйінді сөздер: ранжирлеу, тәуекел факторлары, тәуекел деңгейі, сараптамалық бағалау, шартты баллдар, квартиль, моделдеу, бөлу, статистикалық талдау.

Ranking of sections of the metro route by the degree of problems based on the combined method of assessing risk factors and their levels

Abstract. To increase the efficiency of monitoring the condition of the metro route, it is proposed to rank sections of the route according to the degree of problematicness based on a qualitative and quantitative assessment of risk factors and their levels using a combined method combining expert analysis and mathematical modeling of the possible manifestation of risk situations. The model is created as much as possible corresponding to the actual conditions of occurrence of each site, including the geological structure, physical and mechanical properties of the enclosing massif, structure, elastic and strength characteristics of the concrete lining of the tunnel. This allows you to increase the efficiency, reliability and, most importantly, the objectivity of the assessment of risk factors. The analysis of the problematic nature of the metro section is based on the following principles: addition of risk factors through conditional points assigned by experts; individuality – the most significant risk factors are established individually for each metro; ranking sites according to the degree of difficulty is carried out according to the quartile criterion, in accordance with three risk levels: low, medium, high. The ranking is carried out quartile with the division into three levels according to the criterion determined by the sum of the points of the risk factors of the site. As a result, the quality of situational control and forecasting risk situations improves.

Key words: ranking, risk factors, risk level, expert assessment, conditional points, quartile, modeling, distribution, statistical analysis, situational control.

Введение

Использование подземного транспорта позволяет разгрузить наземные магистрали, повышает скорость и качество передвижения, снижает показатели по выбросам и шумовому воздействию. Подземное строительство в городах сопряжено с определенными трудностями: плотная застройка, насыщенность коммуникациями, активное дорожное движение. В некоторых случаях сюда добавляются сложные горно-геологические условия, а также проявления геологических процессов, включая сейсмические. Это связано с тем, что подземное строительство

сопровождается прогрессирующими нарушениями сплошности и структурными изменениями свойств породного массива, активизацией существующих и проявлением новых геомеханических процессов на фоне реакционного изменения его напряженно-деформированного состояния (НДС). Эти процессы осложняют обстановку, создавая угрозу для безопасного ведения горных работ и эксплуатации наземных и подземных сооружений, находящихся в зоне взаимного влияния, провоцируя создание рискованных ситуаций.

Анализ современного состояния проблемы показывает, что для ее

успешного решения необходимо создание комплексной системы наблюдения за развитием ситуации, сопровождающей подземное строительство как на поверхности, так и внутри породного массива на основе современных технологий и методов. Учитывая протяженность трассы метро, для повышения эффективности мониторинга требуется до его начала определить потенциально опасные участки вероятного проявления рискованных ситуаций. В связи с этим совершенствование имеющихся и разработка новых методов оценки факторов риска и их уровня участков трассы метро

представляет большой научный и практический интерес.

Методы/исследования

При создании комплексного метода ранжирования трассы метро по степени проблемности были использованы методы экспертной оценки, статистического анализа и математического моделирования, позволяющие оценивать состояние каждого участка через суммирование баллов оценки факторов риска.

Результаты исследования

В настоящее время существуют различные методы определения факторов риска [1]. Примером решения аналогичных задач организации мониторинга является подземная разработка месторождений полезных ископаемых, строительство и эксплуатация магистральных нефтепроводов. На территории разрабатываемых месторождений, охватывающих значительные территории, в результате проявления природно-техногенных и геотехнических процессов, могут иметь место аномальные деформации геологической среды, проявляющиеся в виде просадок земной поверхности или мульды сдвижения. В этих условиях задача решается различными методами зонного районирования земной поверхности месторождения по степени опасности к обрушениям на основе установления причинно-следственной связи между процессами в массиве и на поверхности [2-4].

Районирование осуществляется по критерию, базис которого состоит из величин (параметров), характеризующих состояние массива. Выбор параметров определяется рамками решаемой задачи и требованиями к точности [5]. Численное значение граничного критерия устанавливается экспертами для каждого месторождения на основе ретроспективного причинно-следственного анализа происходящих геодинамических событий, структурных особенностей массива горных пород (геологическое строение, тектонические нарушения, трещиноватость, применяемая система разработки, физико-механические свойства и НДС горного массива). По результатам зонного районирования поверхность месторождения ранжируется по степени риска (рис. 1).

При строительстве и эксплуатации магистральных нефтепроводов особую роль в оценке рисков также играет мониторинг его состояния [6].

В условиях большой протяженности организация непрерывного мониторинга по всей трассе техническими средствами из-за их ограниченного радиуса действия весьма проблематична и затратна. На практике ограничиваются установкой их в контрольных пунктах, последовательно расположенных по всей длине трубопровода, которые по техническим возможностям не могут охватить всю трассу. Поэтому проблемные участки нефтепровода могут оказаться вне действия пунктов наблюдения. В связи с этим, перед установкой технических средств наблюдения требуется знать расположение таких участков. Эта задача успешно решается методами экспертной оценки факторов риска и их уровней.

Экспертный метод (или метод экспертной оценки) осуществляется путем обработки мнений опытных специалистов и работников данной отрасли, из числа которых формируется экспертная комиссия. Каждому эксперту предоставляется перечень возможных рисков и предлагается оценить вероятность их наступления.

Следующий этап оценки экспертов – анализ на их противоречивость. Желательно, чтобы эксперты сопровождали свои оценки данными о вероятности возникновения потерь или ущерба. При анализе необходимо обратить внимание на то, чтобы максимальная разница между оценками экспертов по одному из показателей каждого отдельного

вида риска не превышала 50 баллов. При этом любой из оцениваемых видов риска характеризуется несколькими показателями, каждый из которых в системе оценок имеет свой вес, соответствующий его значимости. Затем полученные в процессе экспертизы баллы суммируются по всем показателям с учетом весовых коэффициентов, образуя обобщенную оценку данного вида риска по инвестиционному проекту:

$$R_{эксн} = \sum k \times z, \quad (1)$$

где z – значения каждого показателя в баллах;

k – весовой коэффициент;

$R_{эксн}$ – обобщенная экспертная оценка данного вида риска.

Мнения экспертов о степени риска могут сильно расходиться по причине субъективизма, поэтому особое внимание следует уделять подбору экспертов, т. к. от точности их оценок зависит правильность принятия решений.

Несмотря на успешность практического применения методов экспертной оценки факторов риска, они имеют существенные недостатки, поскольку основываются на субъективном принятии оценочных решений, что не может не сказаться на их достоверности. Возможности метода на примере зонного районирования поверхности месторождения могут быть значительно расширены в направлении повышения эффективности, достоверности и, что особенно важно, объективности при использовании в оценке уровня рисков результатов физического или математического моделирования. Вид моделирования определяется рамками решаемой задачи



Рис. 1. Зоны наибольшего риска (отмечены красным: слева с использованием критерия H/m , справа – H_{np}/m).
Сурет 1. Ең жоғары тәуекел аймағы (қызыл, сол жақта H/m критерийін пайдалана отырып, оң жақта – H_{np}/m).
Figure 1. Areas of greatest risk (marked in red, on the left using the H/m criterion, on the right – H_{np}/m).

и исходными данными. Для ранжирования участков трассы метро по степени проблемности предлагается комплексный метод, объединяющий возможности экспертной оценки факторов риска и результатов математического моделирования численными методами. Модель создается максимально соответствующей реальному условию залегания каждого участка тоннеля, включая геологическое строение, физико-механические свойства вмещающего массива, конструкции, упругих и прочностных характеристик бетонной обкладки тоннеля. Результаты моделирования по уровням риска устанавливаются на основе причинно-следственной связи проявления кризисной ситуации по 10-бальной системе.

В качестве экспертной составляющей комплексного метода выбран один из методов экспертной оценки факторов риска и их уровней при строительстве и эксплуатации магистральных нефтепроводов. Метод ориентирован на оценку широкого спектра факторов риска независимо от природы их происхождения, включая труднопрогнозируемые события. Для этого применяется подход, который можно обозначить как «чистый лист», т. е. без использования каких-либо известных методик или существующих «с нуля» подходов [7-9]. При этом фокус анализа нацелен на оценку инициирующих событий (рисков), которые не поддаются прямому управлению в ходе эксплуатации трубопроводов.

Установление факторов риска и их оценка при анализе состояния нефтепровода производится экспертной комиссией по секциям, длина которых определяется протяженностью участков между узлами запорных арматур (УЗА). Такое деление обусловлено технологической схемой нефтепровода, по которой в случае аварийной ситуации на любом участке происходит перекрытие трубопровода заслонками секции, в которой он располагается.

В результате экспертного анализа состояния нефтепровода получается список имеющихся секций

трубопроводов с общим количеством баллов риска для каждой, при этом некоторые секции (участки между УЗА) могут быть протяженностью в 1 км, тогда как другие – достигать десятков километров. Этот факт сразу исключает короткие участки при попытке дальнейшего качественного анализа (ранжирования) на низкий, средний, высокий уровень риска, хотя, возможно именно на этом километре находится потенциально самый опасный участок. Для устранения данного недостатка вводится дополнительная характеристика – «плотность риска», равная сумме баллов рисков к длине участка.

С целью дальнейшего, уже качественного (система «светофор») выделения градаций риска предлагается оценивать «плотность количества рисков высокого уровня критичности». В результате расчета получается распределение трех характеристик по выделенным секциям трубопровода. Полученные показатели распределены от минимального до максимального для секции (суммарный риск в баллах, «плотность риска», «плотность количества рисков высокого уровня критичности»), с помощью которых характеризуется общий риск. В связи с тем, что методика не имеет привязки к статистике аварий, а условные баллы не несут в себе физического смысла, как например, вероятность аварии, отнесенная на длину в год, то и критические или граничные значения, по которым можно сказать, что риск приемлем/не приемлем, отсутствуют. Далее, с использованием статистического анализа проводится ранжированное распределение баллов для плотности риска, суммы баллов между УЗА и 50%, 75% квартилей границ для применения системы «светофор».

В качестве экспертной составляющей для оценки факторов риска применительно к условиям эксплуатации метрополитена некоторые принципы построения анализа были заменены, а сам метод усовершенствован. В первую очередь,

введен принцип эквивалентности – деление трассы метро при ранжировании на участки одинаковой длины. Исключение составляет территория станций, оцениваемая по участкам, в которые она вписана. Это значительно упрощает процесс ранжирования, поскольку можно пользоваться только одним критерием – суммарным баллом всех факторов риска участка¹.

Ранжирование участка трассы метро по степени проблемности согласно предлагаемому методу концептуально базируется на следующих основных принципах:

- к анализу факторов риска привлекается группа экспертов разного уровня компетенции и знаний особенностей проектирования, строительства и эксплуатации метрополитена;

- анализ состояния трассы метро проводится по наиболее значимым факторам риска, определяемым по результатам, представленным членами экспертной комиссии по суммарным баллам и выбранному значению критерия отбора, путем производного присвоения условных баллов на основе независимого экспертного мнения по десяти-бальной шкале;

- принцип эквивалентности – деление трассы метро при ранжировании;

- принцип индивидуальности – наиболее значимые факторы риска устанавливаются для каждого метрополитена индивидуально;

- принцип сложения факторов риска через условные баллы: критерием является сумма баллов (средних величин) уровней факторов риска участка;

- ранжирование участков по степени проблемности осуществляется по критерию квартильно в соответствии с тремя уровнями риска: низкий, средний, высокий;

- выбор наихудшего сценария, т. е. сценария, при котором некоторым участкам одного уровня риска, имеющим суммарный балл, значительно превышающий средний своего уровня, экспертным решением может присваиваться более высокий уровень риска.

¹ Фирсова О.А. Способы оценки степени риска // Научная электронная библиотека. <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-otsenki-stepeni-riska/viewer>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Имансакипова Н.Б. Экспертный риск-анализ состояния участков магистрального нефтепровода и их ранжирование по степени проблемности. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2019. – №10(174). – С. 37-41. (на русском языке)
2. Спицын А.А., Имансакипова Б.Б., Чернов А.В., Кидирбаев Б.И. Развитие научно-методической базы выявления ослабленных зон на земной поверхности рудных месторождений. // Горный журнал. – Москва, 2019. – №9(2266). – С. 63-66. (на русском языке)
3. Алидоости А., Яздани М., Фоладгар М.М., Басири М.Х. Оценка риска критических активов с использованием системы нечеткого логического вывода. // Управление рисками. – 2012. – №14. – С. 77-91. (на английском языке)
4. Хан Ю Ванг, Самуэль Р. 3D геомеханическое моделирование поведения ползучести соли на обсадной колонне ствола скважины для предсолевых пластов. // Бурение и завершение SPE. – 2016. – Т. 31. – Вып. 4. – С. 261-272. (на английском языке)
5. Кидирбаев Б.И., Какимжанов Е.Х., Имансакипова Н.Б., Косников В.А. Специализированная геоинформационная система управления техногенными рисками при строительстве и эксплуатации наземных и подземных сооружений. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2019. – №2. – С. 36-41. (на русском языке)
6. Самигуллин Г.Х., Савельев Д.В., Имансакипова Н.Б. Оценка эксплуатационных рисков магистральных нефтепроводов. // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». – Санкт-Петербург, 2019 (Апрель). – С. 123-126 (на русском языке)
7. Строкова Л.А. Ермолаева А.В. Районирование территории по степени опасности оседания земной поверхности при проектировании магистрального газопровода в Южной Якутии // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – №10. – С. 59-68. (на русском языке)
8. Самигуллин Г.Х., Егорова Д.В., Кутуков С.Е. Анализ уровня риска как метод обеспечения безопасной эксплуатации линейной части магистральных трубопроводов. // Вестник молодого ученого УГНТУ. – Уфа: УГНТУ, 2016. – №4(8). – С. 207-211. (на русском языке)
9. Байгурин Ж.Д., Алтаева А.А., Имансакипова Б.Б., Спицын А.А. Геоинформационная система управления рисками при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2018. – №7. – С. 41-46. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Имансакипова Н.Б. Магистральдық мұнай құбыры учаскелерінің жай-күйін сараптамалық тәуекел-талдау және оларды проблемалық дәрежесі бойынша саралау // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2019. – №10(174). – Б. 37-41. (орыс тілінде)
2. Спицын А.А., Имансакипова Б.Б., Чернов А.В., Кидирбаев Б.И. Кен орындарының жер бетіндегі әлсіреген аймақтарды анықтаудың ғылыми-әдістемелік базасын дамыту // Кен журналы. – Мәскеу, 2019. – №9(2266). – Б. 63-66. (орыс тілінде)
3. Алидоости А., Яздани М., Фоладгар М.М., Басири М.Х. Тақ шығару жүйесін пайдалана отырып, сындарлы активтің тәуекелін бағалау. // Тәуекелдерді басқару. – 2012. – № 14. – Б. 77-91. [http:// dx.doi.org/10.1057/rm.2011.19](http://dx.doi.org/10.1057/rm.2011.19). (ағылшын тілінде)
4. Хань Ю Ван, Сэмюэл Р. 3D геомеханикалық моделдеуде ұңғымаға жыныстардың сырғу тұзы тұз асты резервуарларына арналған шегендеу құбырлары. // SPE бұрғылау және аяқтау. – 2016. – Т. 31. – Шығ. 4. – Б. 261-272. (ағылшын тілінде)
5. Кидирбаев Б.И., Какимжанов Е.Х., Имансакипова Н.Б., Косников В.А. Жер үсті және Жер асты құрылыстарын салу және пайдалану кезінде техногендік тәуекелдерді басқарудың мамандандырылған геоақпараттық жүйесі. // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2019. – №2. – Б. 36-41. (орыс тілінде)
6. Самигуллин Г.Х., Савельев Д.В., Имансакипова Н.Б. Магистральдық мұнай құбырларының пайдалану тәуекелдерін бағалау. // «Ұлттық даму» ҒҒЗИ ғылыми конференцияларының материалдары бойынша Таңдаулы мақалалар жинағы». – Санкт-Петербург, 2019 (Сәуір). – Б. 123-126. (орыс тілінде)
7. Строкова Л.А. Ермолаева А.В. Оңтүстік Якутияда магистральдық газ құбырын жобалау кезінде жер бетінің шөгудің қауіптілік дәрежесі бойынша аумақты аудандастыру. // Томск политехникалық университетінің жаңалықтары. Георесурстық инженерия. – 2016. – Т. 327. – №10. – Б. 59-68. (орыс тілінде)

8. Самигуллин Г.Х., Егорова Д.В., Кутуков С.Е. Магистральдық құбырлардың желілік бөлігін қауіпсіз пайдалануды қамтамасыз ету әдісі ретінде тәуекел деңгейін талдау. // УГНТУ жас ғалымының хабаршысы. – Уфа: УГНТУ, 2016. – №4(8). – Б. 207-211. (орыс тілінде)
9. Байгурун Ж.Д., Алтаева А.А., Имансакипова Б.Б., Спицын А.А. Пайдалы қазбалар кен орындарын жер астында игеру кезіндегі тәуекелдерді басқарудың геоақпараттық жүйесі. // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2018. № 7. 41-46 беттер. (ағылшын тілінде)

REFERENCE

1. Imansakipova N.B. Expert analysis of risk areas of the main oil and their ranking in problematic degree. // Mining journal of Kazakhstan. – Almaty, 2019. – №10(174). – P. 37-41 (in Russian)
2. Spitsyn A.A., Imansakipova B.B., Chernov A.V., Kidirbaev B.I. Development of scientific and methodological base for detecting weakened zones on the earth's surface of ore deposits. // Mining journal of Russia. – Moscow, 2019. – №9(2266). – P. 63-66. (in Russian)
3. Alidoosti A., Yazdani M., Fouladgar M.M. & Basiri M.H. Risk assessment of critical asset using fuzzy inference system. // Risk Management. – 2012. – №14. – С. 77-91. <http://dx.doi.org/10.1057/rm.2011.19>. (in English)
4. Han Yi Wang, Samuel R. 3D Geomechanical Modeling of Salt Creep Behavior on Wellbore Casing for Pre-Salt Reservoirs. // SPE Drilling and Completion. – 2016. – Vol. 31. – Iss. 4. – P. 261-272. (in English)
5. Kidirbayev B.I., Kakimzhanov E.H., Imansakipova N.B., Kosnikov V.A. Specialized geoinformation system for managing technogenic risks in the construction and operation of ground and underground structures. // Mining journal of Kazakhstan. – Almaty, 2019. – №2. – P. 36-41. (in Russian)
6. Samigullin G.H., Savelev D.V., Imansakipova N. B. Assessment of operational risks of oil trunk pipelines. // Collection of selected articles on the materials of scientific conferences of the State Research Institute «National Development». – Saint Petersburg, 2019 (April). – P. 123-126. (in Russian)
7. Strokova L.A. Ermolaeva A.V. Zoning of the territory according to the degree of danger of subsidence of the earth's surface in the design of the main gas pipeline in southern Yakutia. // Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo-resources. – 2016. – Vol. 327. – №10. – P. 59-68. (in Russian)
8. Samigullin G.H., Egorova D.V., Kutukov S.E. Risk level Analysis as a method for ensuring safe operation of the linear part of main pipelines. // Bulletin young scientist UGNTU – Ufa:UsNTU, 2016. – №4(8). – P. 207-211. (in Russian)
9. Baygurin Zh.D., Altayeva A.A., Imansakipova B.B., Spitsyn A.A. Geoinformation system of risk management for underground mining of mineral deposits. // Mining journal of Kazakhstan. – Almaty, 2018. – №7. – P. 41-46. (in English)

Сведения об авторах:

Имансакипова Б.Б., доктор PhD, заведующая кафедрой «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Казакский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), b.imansakipova@satbayev.university

Московчук П.А., канд. техн. наук, руководитель проектного отдела Товарищества с ограниченной ответственностью «Метропроект» (г. Алматы, Казахстан), kzmetro@mail.ru

Шакиева Г.С., PhD докторант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Казакский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), g.shakiyeva@satbayev.university

Кидирбаев Б., PhD докторант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Казакский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), kid_pochta@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Имансакипова Б.Б., PhD докторы, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының менгерушісі (Алматы қ., Қазақстан), b.imansakipova@satbayev.university

Московчук П.А., техника ғылымдарының кандидаты, жобалау бөлімінің басшысы «Метропроект» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі (Алматы, Қазақстан), kzmetro@mail.ru

Шакиева Г.С., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан), g.shakiyeva@satbayev.university

Кидирбаев Б., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан), kid_pochta@mail.ru

Information about the authors:

Imansakipova B.B., PhD, Head of the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satbayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), b.imansakipova@satbayev.university

Moskovchuk P.A., Candidate of Technical Sciences, Head of the Project Department of the Limited Liability Partnership «Metroproject» (Almaty, Kazakhstan), kzmetro@mail.ru

Shakiyeva G.S., PhD Student at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satbayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), g.shakiyeva@satbayev.university

Kidirbaev B., PhD Student at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satbayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), kid_pochta@mail.ru

Продолжение статьи читайте в №6 2020 г.



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 52.35.29

R.S. Samet, N.Sh. Akimbekov, A.A. Zhubanova

Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan)

THE USE OF MICROORGANISMS AS A BIOLOGICAL METHOD FOR CONTROL OF METHANE CONCENTRATION IN COAL DEPOSITS

Abstract. Coal seams contain a huge amount of methane. Traditional methods of methane control in coal mines in the conditions of constant intensification of mining operations cannot always ensure a high level of coal mining and safe working conditions at the same time. Thus, a search for new approaches and new methods for reducing methane concentration is necessary. Therefore, the development of microbiological methods is gaining popularity. It seems promising to use microorganisms to reduce the concentration of methane in the atmosphere of coal mines. This article discusses the microbiological method, namely the use of methane-oxidizing bacteria, as well as a description of their modes of action.

Key words: coal, lignite, brown coal, methane-oxidizing bacteria, methane, microbiological method, biogeotechnology, methanotrophs, gas content of coal, degassing, methanogens.

Использование микроорганизмов как биологический метод контроля концентрации метана в угольных месторождениях

Аннотация. В пластах каменного угля содержится огромное количество метана. Традиционные методы борьбы с метаном в угольных шахтах в условиях постоянной интенсификации горных работ не всегда могут обеспечить одновременно высокий уровень угледобычи и безопасные условия труда. Таким образом, необходим поиск новых подходов и новых методов снижения содержания метана. Следовательно, разработка биологических методов борьбы с метаном набирает популярность. Представляется перспективным использование микроорганизмов для снижения концентрации метана в атмосфере угольных шахт. В данной статье рассматривается микробиологический метод, а именно использование метаноксилирующих бактерий, а также приводится описание способов их действий.

Ключевые слова: уголь, метаноксилирующие бактерии, метан, микробиологический метод, биоготехнология, метанотрофы, газоносность углей.

Көмір кен орындарындағы метанның концентрациясын бақылаудың биологиялық әдісі ретінде микроорганизмдерді пайдалану

Аңдатпа. Көмір қабаттарында үлкен мөлшерде метан бар. Көмір шахталарында тау-кен жұмыстарын үнемі күшейту жағдайында метанды бақылаудың дәстүрлі әдістері көмір өндірудің жоғары деңгейін және қауіпсіз еңбек жағдайларын бір мезгілде қамтамасыз ете бермейді. Осылайша, метан құрамын төмендетудің жаңа тәсілдері мен жаңа әдістерін іздеу қажет. Демек, метанды бақылаудың биологиялық әдістерінің дамуы тағымал болуда. Көмір шахталарының атмосферасындағы метанның концентрациясын төмендету үшін микроорганизмдерді қолдану перспективті болып көрінеді. Бұл мақалада микробиологиялық әдіс, атап айтқанда метанмен тотықтыратын бактерияларды қолдану, сондай-ақ олардың әсер ету әдістерінің сипаттамасы қарастырылады.

Түйінді сөздер: көмір, метанды тотықтыратын бактериялар, метан, микробиологиялық әдіс, биоготехнология, метанотрофтар, көмірдің газдық құрамы.

The problem of coal degassing in coal deposits

Provision of energy resources and petrochemical raw materials is a prerequisite for the successful development of the economy of any country. Currently, the most popular energy-chemical resources are the main sources of natural organic raw materials – oil and natural gas, also the value of the others increase – coal and biomass.

In the process of metamorphism of coal matter, that is, changes in its structure, properties and composition under the influence of temperature and pressure, hydrocarbon gases are formed in coal seams. Their main component is methane. It is released during coal mining, and a portion of the gas emitted depends on the gas content of the seams. Moreover, the higher the quality of coal – the more methane is contained in it in the adsorbed state. The coal bed methane can be in two phases – free and bound to the microporous structure of coal by physico-chemical forces. Free phase of methane, which is approximately 10-15% of the natural methane content of coal, is easy to extract, however the extraction of the rest bound methane is extremely slow [1].

Methane – a hydrocarbon that is a greenhouse gas. It has no smell and is harmless to humans, which cannot be said about the atmosphere. Being the second most widely spread greenhouse gas, it has an effect of 20-25 times greater than carbon dioxide with the same amounts [2]. Therefore reducing its emissions could have a significant impact on slowing the development of the greenhouse effect in the coming decades. World reserves of coalbed methane exceed

natural gas reserves. The most significant resources are concentrated in China, Russia, the USA, Australia, South Africa, India, Poland, Germany, Great Britain and Ukraine.

The problem of reducing methane emissions has advantages not only in economic and energy terms, but also in the issue of environmental protection and safety in the coal industry. Methane and coal dust explosions are the most common type of accident at coal mines. In the coal mass CH_4 is distributed uniformly, but as soon as the extraction begins, methane is released and spreads through the mine workings. Accumulations of this explosive gas in mine workings pose a constant threat to the life of miners. There have been cases of large methane explosions in coal mines of the world, which claimed hundreds of lives [3].

Therefore an integral part of the development of the deposit is degassing – methane extraction, which is the first method of mining. The volumes of methane produced are small, and gas is used mainly for local needs [4]. The second method of extraction is industrial. In this case, methane is considered not as a by-product in coal mining, but as an independent mineral. In the case of industrial production of methane from coal seams, it becomes possible to provide gas as an energy carrier and raw material to the entire region. In addition, further work in coal mines is becoming safer.

Microbiological method of methane control

Productive labor is practically impossible without preliminary reduction of methane content in coal deposits. Despite powerful ventilation system, the methane content

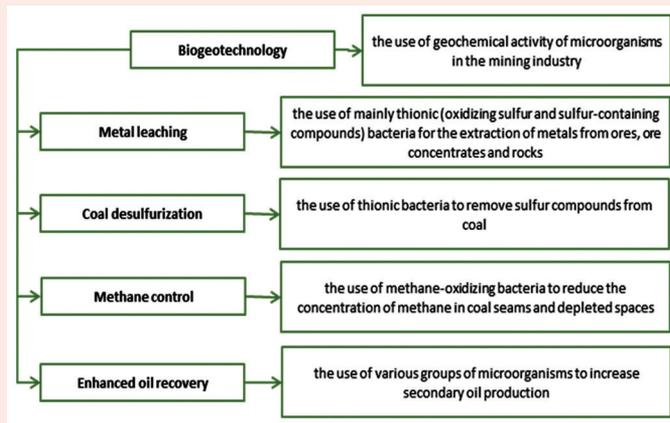


Figure 1. Biotechnology sections.

Рис. 1. Разделы биотехнологии.

Сурет 1. Биотехнологияның бөлімдері.

in the atmosphere of the shaft increases proportionally to the increase in coal per unit time. As soon as the concentration of methane becomes dangerous, an emergency automatic system is turned off, turning off the electricity and the entire production process in the mine stops until the methane content decreases. In many mines with an increased likelihood of hazardous methane concentrations due to emergency blackouts, modern coal-mining complexes stand idle for more than 50% of the working time [5]. Thus, the methods used to reduce the methane content of coal seams are far from effective in some cases, therefore, a search for new approaches and new methods for reducing the methane content is necessary. Consequently, the development of microbiological methane control methods is gaining popularity [6].

Microorganisms are actively involved in geological processes. Biological properties of the various groups of microorganisms, and especially their ability to live in the fields of mineral resources constitute the scientific basis of biogeotechnology. Biogeotechnology is rooted in geological microbiology. Along with bacterial leaching of metals, other sections of biogeotechnology have also formed – the removal of sulfur from coal, methane control in coal mines, and the enhancement of oil recovery (figure 1) [7].

The biogeotechnological methods of methane control are based on the process of absorption of this gas by methane-oxidizing bacteria in coal seams and mined spaces. Despite the widespread occurrence of methane-oxidizing bacteria in nature, they are absent in coal seams and adjacent rocks. Therefore, the required amount of active methane-oxidizing bacteria is grown in fermenters and served in the pore volume of coal seams as a suspension in a nutrient medium. The working suspension is prepared directly in the mine. A predetermined amount of biomass of methane-oxidizing bacteria and mineral salts lacking for their active life are added to mine water. Usually these are mineral compounds of nitrogen and phosphorus [8].

In this way, coal is saturated with methane-oxidizing bacteria. But for the development of these bacteria, free oxygen is needed, which is absent in coal seams. Therefore, in the area of the coal seam saturated with methane-oxidizing

bacteria, air is constantly pumped through the same wells by the compressor. In this case, an intensive consumption of methane by bacteria occurs, which leads to a 30–70% reduction in the methane content in the coal seam or mine atmosphere¹.

The main difference between methane-oxidizing microbes from other representatives is their ability to carry out low-temperature oxidation of methane and use the products of its oxidation – formaldehyde and carbon dioxide – for the synthesis of all carbon-containing components of their cells. In the process of low-temperature microbiological oxidation of methane, a series of consecutive intermediate compounds are formed: methanol, formaldehyde and formic acid [9]. Methane production occurs by four kinds of processes which are hydrogenotrophic methanogens, homoacetogens, acetoclastic methanogens and methylotrophic methanogens (figure 2).

Prospects for the development of coalbed methane production in Kazakhstan

This area is innovative in the field of hydrocarbon production, and is also one of the most important non-traditional energy sources. Forecast reserves allow us to consider it as an alternative component of the fuel and energy base of the Republic of Kazakhstan. For example, KazTransGas JSC starts studying the possibility of methane extraction from coal seams in the Karaganda coal basin. An agreement was signed between KazTransGas JSC and LeMar CA Inc. group of companies (USA) on the creation of a joint venture to implement an investment project for exploration and production of methane.

Certainly, serious state support is needed. The experience of foreign countries shows that large-scale production of coal methane in the United States, Australia, and China began after states began to stimulate these projects, providing significant tax benefits to companies involved in the extraction of gas from coal seams.

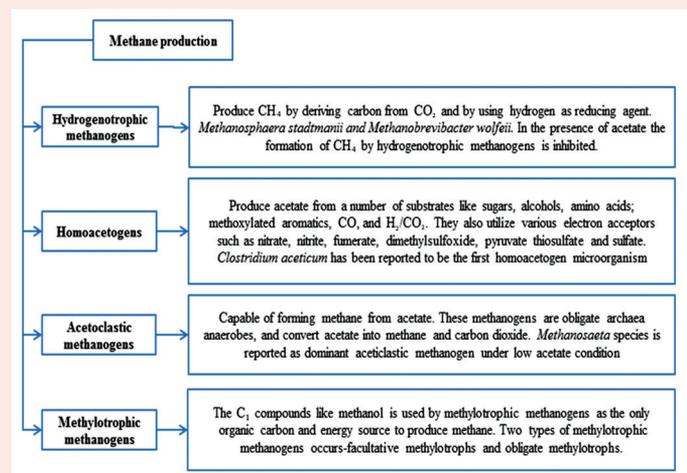


Figure 2. Four kinds of processes by which methane production occurs.

Рис. 2. Четыре вида процессов, с помощью которых происходит производство метана.

Сурет 2. Метан өндірісі жүретін процестердің төрт түрі.

Obviously, this must be urgently done in Kazakhstan. Indeed, the extraction of coalbed methane will not only allow expanding the resource base, but will also have a significant socio-economic effect throughout the country. Successful implementation of coal methane production projects will increase the safety of miners in the coal regions of Kazakhstan, create new jobs and meet the production and domestic needs of coal regions in gas.

If microbiological methods make it possible to neutralize 10-15 m³ of methane per tonne of coal mined, they will occupy a solid place in the system of measures to combat methane in mines [9]. However, the competitiveness

of microbiological methods is still not high enough. Microbiologists must establish optimal conditions for the operation of microorganisms in mines and give economic estimates of the new method. For the further development of microbiological methods of methane control in mines, it is necessary to organize a laboratory that would conduct basic research, experimental work in mines and partially deal with implementation issues.

Thus, the experience of foreign countries proves that the extraction and use of methane is a recoverable and promising direction that brings considerable cash income and positively affects the Earth's ecosystem.

REFERENCES

1. Ritter D. et al. Enhanced microbial coalbed methane generation: a review of research, commercial activity, and remaining challenges. // *International Journal of Coal Geology*. – 2015. – №146. – P. 28-41.
2. Singh A.L., Singh P.K. and Singh M.P. Biomethanization of coal to obtain clean coal energy: a review. // *Energy exploration & exploitation*. – 2012. – Vol. 30. – №5. – P. 837-852.
3. Oberemok I.A. Coal milling emission: ecological aspects. // *The creativity of the young is a step into a successful future. Section 7. Ecogeochemistry of fossil fuels and Ecological problems of territories*. – 2015. – P. 364-366.
4. Puchkov L.A., Slastunov S.V. Coal Methane Problems – World and Domestic Experience in Solving Them. // *Mining Information and Analytical Bulletin*. – 2007. – №4. – P. 5-24.
5. Rathi R. et al. Development of a microbial process for methane generation from bituminous coal at thermophilic conditions. // *International Journal of Coal Geology*. – 2015. – №147-148. – P. 25-34
6. Scott A.C. Coal and Coal-bearing Strata: Recent Advances. // *Geological Society Special Publication*. – 1987. – №32. – P. 87-105.
7. Enzmann F. et al. Methanogens: biochemical background and biotechnological applications. // *AMB Expr*. – 2018. – №8. – P. 5-22.
8. Vasyuchkov Yu. Coal Methane Production for Gas Fuel. // *Coal*. – 2018. – №12. – P. 77-78.
9. Mayumi D. Methane production from coal by a single methanogen. // *Research*. – 2016. – P. 222-225.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ritter D. et al. Усовершенствованная микробная генерация метана в угольных пластах: обзор исследований, коммерческой деятельности и остающихся проблем. // *Международный журнал геологии угля*. – 2015. – №146. – С. 28-41.
2. Singh A.L., Singh P.K. and Singh M.P. Биометанизация угля для получения чистой энергии угля: обзор. // *Электроэнергетика и эксплуатация*. – 2012. – Т. 30. – №5. – С. 837-852.
3. Оберемок И.А. Эмиссия метана при добыче угля: экологические аспекты. // *Творчество юных – шаг в успешное будущее. Секция 7. Экогеохимия органического топлива и экологические проблемы территории*. – 2015. – С. 364-366.
4. Пучков Л.А., Сластунов С.В. Проблемы угольного метана – мировой и отечественный опыт их решения. // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2007. – №4. – С. 5-24.
5. Rathi R. et al. Разработка микробного процесса получения метана из битуминозного угля в термофильных условиях. // *Международный журнал геологии угля*. – 2015. – №147-148. – С. 25-34.
6. Scott A.C. Уголь и угленосные пласты: последние достижения. // *Специальное издание Геологического общества*. – 1987. – №32. – С. 87-105.
7. Enzmann F. et al. Метаногены: биохимический фон и биотехнологические применения. // *AMB Expr*. – 2018. – №8. – С. 5-22.
8. Васючков Ю. Добыча угольного метана для получения газового топлива. // *Уголь*. – 2018. – №12. – С. 77-78.

9. *Maayumi D. Производство метана из угля одним метаногеном. // Research. – 2016. – С. 222-225.*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Ritter D. et al. Метанның көмірсутегінің кеңейтілген буыны: зерттеу, бизнес және басқа мәселелеріне шолу. // Көмір геологиясының халықаралық журналы. – 2015. – №146. – Б. 28-41.*
2. *Singh A.L., Singh P.K. and Singh M.P. Таза көмір энергиясын алу үшін көмірді биометанизациялау: жалпы шолу. // Қуат және оны пайдалану. – 2012. – Т. 30. – №5. – С. 837–852.*
3. *Оберемок И.А. Метан көмірінің шығарындылары: экологиялық аспектілер. // Жастардың шығармашылығы – бұл болашаққа қадам. 7-бөлім. Жер қойнауының экожүйесі және аумақтың экологиялық проблемалары. – 2015. – Б. 364-366.*
4. *Пучков Л.А., Слестунов С.В. Көмір метанының проблемалары – оларды шешудегі әлемдік және отандық тәжірибе. // Тау туралы ақпараттық-аналитикалық бюллетень. – 2007. – №4. – Б. 5-24.*
5. *Rathi R. et al. және басқалары. Термофильді жағдайда көмірден битуминозды метан алудың микробтық процесін жасау. // Көмір геологиясының халықаралық журналы. – 2015. – №147-148. – Б. 25-34.*
6. *Scott A.C. Көмір және көмір қабаттары: соңғы жетістіктер. // Геологиялық қоғамның арнайы басылымы. – 1987. – №32. – Б. 87-105.*
7. *Enzmann F. et al. Метаногендер: биохимиялық фон және биотехнологиялық қолдану. // AMB Expr. – 2018. – №8. – Б. 5-22.*
8. *Васючков Ю. Газ отынынын алу үшін метан көмірін өндіру. // Көмір. – 2018. – №12. – Б. 77-78.*
9. *Maayumi D. Бір метаноген арқылы көмірден метан өндіру. // Research. – 2016. – Б. 222-225.*

Information about the authors:

Samet R.S., Master of Engineering Sciences, PhD Student, Trainee Researcher at Biotechnology Department of the al-Farabi Kazakh National University, (Almaty, Kazakhstan), mraushans@gmail.com

Akimbekov N.S., PhD, Postdoctoral Researcher, Senior Researcher at Biotechnology Department of the al-Farabi Kazakh National University, (Almaty, Kazakhstan), akimbeknur@gmail.com

Zhubanova A.A., Professor of Biotechnology Department, Chief Researcher at Biotechnology Department of the al-Farabi Kazakh National University, (Almaty, Kazakhstan), azhar_1941@mail.ru

Сведения об авторах:

Самет Р.С., докторант 2-го курса факультета биологии и биотехнологии, стажер-исследователь Казахского Национального Университета им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), mraushans@gmail.com

Акимбеков Н.Ш., PhD, постдокторант кафедры биотехнологии факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), akimbeknur@gmail.com

Жубанова А.А., профессор кафедры биотехнологии факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), azhar_1941@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Самет Р.С., ғылыми қызметкер, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биология және биотехнология факультетінің 2 курс докторанты (Алматы қ., Қазақстан), mraushans@gmail.com

Акимбеков Н.Ш., PhD, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биология және биотехнология факультетінің биотехнология кафедрасының постдокторанты (Алматы қ., Қазақстан), akimbeknur@gmail.com

Жубанова А.А., Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биология және биотехнология факультетінің биотехнология кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан), azhar_1941@mail.ru

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 подрисовочном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. Подписи к рисункам и заголовки таблиц **ОБЯЗАТЕЛЬНЫ**.

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

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

К статье прилагаются сведения на английском языке:

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

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных 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