

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](http://minmag.kz)

**Представители журнала:**

**Центрально-Казахстанский регион –**  
**ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН**  
[vladfdemin@mail.ru](mailto:vladfdemin@mail.ru)

**Российская Федерация, Москва –**  
**ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ**  
[shvetsirina@yandex.ru](mailto:shvetsirina@yandex.ru)

**Российская Федерация, Сибирский регион –**  
**ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК**  
[shaposhnikyury@mail.ru](mailto:shaposhnikyury@mail.ru)

**Периодичность 12 номеров в год**

**Тираж 1500 экземпляров**

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

Подписано в печать **30.03.2021 г.**

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

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



**INTERRIN**

**Главный редактор**

М.Ж. БИТИМБАЕВ, [mbitimbaev@mail.ru](mailto:mbitimbaev@mail.ru)

**Заместитель гл. редактора**

Л.А. КРУПНИК, [leonkr38@mail.ru](mailto:leonkr38@mail.ru)

**Заместитель гл. редактора**

Х.А. ЮСУПОВ, [yusupov\\_kh@mail.ru](mailto:yusupov_kh@mail.ru)

**Ответственный редактор**

Ю.А. БОЧАРОВА, [Yuliya.Bocharova@interrin.kz](mailto:Yuliya.Bocharova@interrin.kz)

**Специалист по связям с общественностью**

Т.С. ДОЛИНА, [Tatyana.Dolina@interrin.kz](mailto:Tatyana.Dolina@interrin.kz)

**Помощник редактора**

И.П. КОНОНОВА (ПАШИННИНА),  
[Irina.Pashinina@interrin.kz](mailto:Irina.Pashinina@interrin.kz)

**Редакционная коллегия:**

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

**Fidelis Tawiah Suorineni**, PhD,  
Professor of Mining Engineering

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

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

**А.Б. Бегалинов**, д-р техн. наук, профессор  
**А.А. Бекботаева**, PhD

**А.А. Бектыбаев**, канд. техн. наук

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

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

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

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

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

**А.И. Едильбаев**, д-р техн. наук

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

**В.Г. Загайнов**, канд. техн. наук

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

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

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

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

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

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

**В.С. Музгина**, д-р техн. наук

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

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

**Е.Н. Ольшанский**, член-корреспондент МАИН

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

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

**П.Г. Тамбиев**, канд. техн. наук

**Р.Р. Ходжаев**, д-р техн. наук

**Т.А. Чепуштанова**, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

**3** Колонка главного редактора

**4** «Казцинк» выпустил первую юбилейную медь ®

### Минерально-сырьевые ресурсы

**7** Дрижд Н.А., Мусин Р.А., Кельмялене А.А.  
Обоснование выбора места заложения скважины для извлечения метана угольных пластов

**15** Чухарев С.М., Семенюк В.В., Оксенюк Р.Р., Кучерук М.О.  
Анализ перспектив добычи шахтного метана в западном регионе Украины

### Открытые горные работы

**21** Кузьмин С.Л.  
Управление комплексом оборудования при создании временных внутренних отвалов в глубоких карьерах

### Гидрогеология

**29** Мавлянов П.Н., Мавлянов Г.Н.  
Особенности искусственных кремнистых вод и формирование кремния в подземных водах Приташкентского бассейна

### Геоэкология

**36** Воробьев А.Е., Абдурахмонов Г.А.  
Накопленные отвалы и хвостохранилища урановых рудников в Кыргызстане и возможности их утилизации и рекультивации

### Экономика горной промышленности

**43** Тажибекова К.Б., Шаметова А.А., Ахметжанов Б.  
Оценка экономической эффективности производства ферросплавов с использованием слабококсующихся углей

**49** Импульс прогресса: первая кросс-индустриальная конференция и выставка Smart Industry Conference 2021 ①

**50** IV Международная геолого-геофизическая конференция и выставка «ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях» ①

**53** Оргкомитет Фестиваля документальных фильмов о горнодобывающей отрасли MineMovie утвердил Положение о проведении MineMovie-2021 ①

**54** Требования к оформлению статей

**56** Памяти ученого

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович  
Битимбаев**  
*главный редактор*

*Дорогие читатели!*

*Уважаемые коллеги!*

Работая главным редактором восьмой год, испытываю каждый раз особые чувства в преддверии знаковых и значимых событий: Новый Год, День Советской Армии и Военно-Морского Флота, День Геолога, совпадающие День рождения великого К.И. Сатпаева, День науки Казахстана и День первого полета в Космос опять же великого Сына Земли Ю.А. Гагарина, Первомайские праздники и День Победы, День Metallурга и День Шахтера, День Независимости Казахстана. Среди них свое место занимает праздник Весны и расцвета природы навстречу лучам и теплу, излучаемым и озаряющим нас не только Солнцем, но и нашими милыми и любимыми, уважаемыми и боготворимыми нами женщинами. Душевное тепло и добрые руки наших бабушек и мам, жен, сестер и дочерей, наших коллег, способных не только творить чудеса на своем рабочем месте, но и поддержать нас в трудные минуты, являются всегда основой нашей уверенности в завтрашнем дне, создают в нас чувство творить счастье и благополучие в наших семьях, в окружающем мире и в нашей стране.

Зарожденное Кларой Цеткин в далеком конце XIX – начале XX века движение за равноправие женщин стало в стране Советов, а затем и во всем мире праздничным днем, обозначенным в календаре конкретной датой – 8 Марта. Многие из нас и не помнят, что борьба за равные права, поддержанная и мужчинами, была трудной, жертвенной и потребовала долгих лет постепенных новых уступок и изменений в законодательствах стран мира. В Великобритании – этом декларируемом нам оплоте демократии – женщины получили права выбирать и быть избранными только в середине XX века. Так было и во многих штатах США и в других странах.

И, в то же время, постепенно день 8 Марта превратился в праздник, когда уже во многих странах женщины говорили не о своих правах, а слушали поздравления от мужчин – коллег, мужей, сыновей, внуков.

Если говорить о наших профессиях, нужно в этот день отметить тот факт, что женщины занимают более чем значительную часть трудящихся коллективов. Геологи, маркшейдеры, обогатители, металлурги, бухгалтеры, экономисты, финансисты – на самых ответственных должностях как среди рабочих, так и среди инженерно-технических работников и вспомогательного персонала достойное место занимают женщины. Чувство ответственности, профессионализма, творческое отношение к труду, образованность, чуткость к окружению – эти качества являются обычной характеристикой наших женщин. Особо хочется отметить, что у женщин рабочий день, если так можно назвать выполняемую ими благородную миссию заботы о семье, длится гораздо больше, чем у мужчин, потому что в них от природы заложена необходимость заботиться об окружении, которое называется «семья».

Мы говорим: «Великое спасибо женщинам – людям, наделенным божественной красотой и одухотворенностью, без которых жизнь невозможна, потому что они ее создатели и строители!» Будьте здоровы и счастливы! Мужчины повторяют: «Мы с вами, мы не подведем!»

Хочу от их имени привести слова, обращенные к вам, написанные двумя представителями, которых знает наш народ – Мұқағали Мақатаевым и Иваном Буниным.

*Арулар – әрбір үйдің шаңырағы,  
Әрбір үйге от болып жағылады.  
Әрбір үйде таң болып атты-дағы,  
Әрбір үйге сәуле боп жамырады.*

*Арулар – асыл жарлар, сағыныштар,  
Өтініштер, құшақтар, жалыныштар...  
Жек көрсе олар жүрегін мұз жасайды,  
Жақсы көрсе балқытып, жанына ұстар.*

*Арулар – аяулылар, ардақтылар,  
Өмірдің жылуы боп қалмақ бұлар.  
Арулар – тіршілікке күре тамыр,  
Өмірді бір-біріне жалғап тұрар.*

*Счастлив я, когда ты голубые  
Очи поднимаешь на меня:  
Святят в них надежды молодые –  
Небеса безоблачного дня.*

*Горько мне, когда ты, опуская  
Темные ресницы, замолчишь:  
Любишь ты, сама того не зная,  
И любовь застенчиво таишь.*

*Но всегда, везде и неизменно  
Близ тебя светла душа моя...  
Милый друг! О, будь благословенна  
Красота и молодость твоя!*



## «КАЗЦИНК» ВЫПУСТИЛ ПЕРВУЮ ЮБИЛЕЙНУЮ МЕДЬ

*В 2011 году был реализован один из важнейших проектов в истории «Казцинка» – строительство Медного завода в Усть-Каменогорске. В феврале 2021 года молодое производство отметило свое первое юбилейное событие – выпуск 10-миллионного листа катодной меди.*

Медный завод был открыт в 2011 году. Строительство продолжалось четыре года, а над созданием объекта работали более 5000 специалистов из 10 государств мира. Сегодня это максимально современное предприятие, где применяются последние технологии ведущих мировых компаний из Австралии, Германии, Японии, Австрии и Швеции.

24 февраля в цехе электролиза меди состоялся выпуск юбилейной партии «красного металла». После приветственных слов под торжественную музыку специальный кран привез 10-миллионный катод.

*– Поздравляю всех и благодарю каждого сотрудника за многолетний добросовестный труд, –*



говорит исполнительный директор по металлургии «Казцинка», директор Усть-Каменогорского металлургического комплекса **Турарбек Азекенов**. – *Время идет, мы набираемся опыта и становимся производством, обретающим свою историю и свои памятные вехи. Первое юбилейное событие, кажется, небольшое, но на самом деле металлургам есть чем гордиться! Все мы выполняем большую и важную задачу – производство одного из наиболее востребованных металлов на современном рынке.*

В завершение мероприятия прошло награждение лучших работников завода.

Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»

# 14 – 16 АПРЕЛЯ

## ТРАНСПОРТ И ДОРОГИ СИБИРИ СПЕЦТЕХНИКА

Специализированная выставка  
транспорта, дорожного строительства,  
дорожно-транспортной техники,  
оборудования, материалов и услуг.

г. Иркутск, ул. Байкальская, 253А  
тел.: +7 (3952) 35-29-00 16+



**СибЭкспоЦентр**



**6-я Международная  
специализированная  
выставка**

**Дорожное  
строительство,  
спецтехника  
и комплектующие**

---

**Приглашаем принять участие**

---

**20-22 апреля 2021**

Кыргызская Республика,  
г. Бишкек, ул. Ахунбаева, 97  
Манеж КГАФКиС

 **+996 (775) 000 005**

 **info@biexpo.kg**



**+ОНЛАЙН  
ФОРМАТ**



Код МРНТИ 52.35.29

Н.А. Дрижд, Р.А. Мусин, А.А. Кельмялене

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

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕСТА ЗАЛОЖЕНИЯ СКВАЖИНЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

**Аннотация.** На сегодняшний день газовый барьер, с которым сталкивается отечественная угольная промышленность, появляется при применении высокопроизводительных механизированных комплексов при добыче угля. Справиться с такими объемами выбросов метана возможно только за счет заблаговременной дегазации угольных пластов, что успешно практикуется уже несколько лет в Карагандинском угольном бассейне. Поэтому в условиях возрастающего дефицита органических энергоресурсов проблема интенсивного извлечения метана из угленосных пластов должна считаться одной из самых актуальных в повышении эффективности комплексного использования сырья в Казахстане. Полноценное использование шахтного газа, ограниченного при добыче угля, не только создаст предпосылки для повышения эффективности угольных предприятий, получения дополнительного, одновременно добытого топлива, но и будет способствовать улучшению состояния окружающей среды.

**Ключевые слова:** метан угольных пластов, ресурсы метана, газоносность, сорбционная емкость угля, десорбция, парниковый газ.

### Көмір қабаты метанды алу үшін ұңғыманың орналасуын таңдауды негіздеу

**Аңдатпа.** Бүгінгі таңда отандық көмір өнеркәсібі тап болатын газдық тосқауыл көмір өндіруде жоғары өнімді механикаландырылған кешендерді қолдану арқылы пайда болады. Метан шығарындыларының мұндай көлемімен күресу тек бірнеше жыл бойы Караганды көмір бассейнінде тәжірибе жүзінде қолданылып келген көмір қабаттарын алдын-ала газсыздандырудың арқасында мүмкін болады. Сондықтан органикалық энергетикалық ресурстардың жетіспеушілігі жағдайында көмір бар қабаттардан метанды интенсивті түрде алу проблемасы Қазақстандағы шикізатты кешенді пайдалану тиімділігін арттырудағы кезек күттірмейтін мәселелердің бірі болып саналуы керек. Көмір өндіруде шектелген шахта газын толық пайдалану көмір кәсіпорындарының тиімділігін арттыруға, қосымша, бір уақытта өндірілетін отын алуға алғышарттар жасап қана қоймай, сонымен бірге қоршаған ортаны жақсартуға ықпал етеді.

**Түйінді сөздер:** көмір қабаты метан, метан ресурстары, газ құрамы, көмірдің сорбциялану қабілеті, десорбция, парниктік газ.

### Justification of the choice of the location of the well for the extraction of coal bed methane

**Abstract.** Today, the gas barrier faced by the domestic coal industry appears with the use of high-performance mechanized complexes in coal mining. Cope with such volumes of methane emissions is possible only due to the early degassing of coal seams, which has been successfully practiced for several years in the Karaganda coal basin. Therefore, in the context of an increasing shortage of organic energy resources, the problem of intensive extraction of methane from coal-bearing strata should be considered one of the most urgent in increasing the efficiency of the integrated use of raw materials in Kazakhstan. The full use of mine gas, limited in coal mining, not only creates the preconditions for increasing the efficiency of coal enterprises, obtaining additional, simultaneously extracted fuel, but will also contribute to improving the environment.

**Key words:** coalbed methane, methane resources, gas content, coal sorption capacity, desorption, greenhouse gas, energy resource, blowout, coal mining, degassing.

### Введение

Практически все государства исследуют недра Земли в поисках новых запасов полезных ископаемых. В современном мире даже небольшое месторождение какого-либо сырья может сыграть важную роль в развитии региона. В последние годы семимильными шагами развивается разработка нетрадиционных источников углеводородов, которые также относятся к «возобновляемым», способным снизить потребность в природном газе целого региона. К «нетрадиционным» источникам газ метан относится потому, что находится либо в сорбированном состоянии, либо залегают в структуре пласта и для его добычи недостаточно просто пробурить скважину с поверхности. Также к «нетрадиционным» относят газ из песчаников, газогидраты, метан угольных пластов и сланцевый газ. Газ метан находится практически во всех государствах и странах, но не во всех регионах его можно добывать. Важными факторами для добычи метана

угольных пластов являются проницаемость горных пород, глубина пластов, отсутствие геологических нарушений и т. д. [1, 2].

### Методы исследования

Для проведения сорбционного анализа при помощи вибрационной дисковой мельницы Retsch RS-200 образцы угля были доведены до аналитической пробы. Для определения сорбционных свойств угля использовался испытательный стенд

насыщения метаном. Применялись следующие методы: ГОСТ 9516-92. Уголь. Метод прямого весового определения влаги в аналитической пробе; ГОСТ 10742-71. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний; ГОСТ 23781. Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава.

Таблица 1

Запасы угля на перспективных пластах Талдыкудукского участка

Кесте 1

Талдықудық ауданының перспективалы қабаттарындағы көмір қоры

Table 1

Coal reserves in promising seams of the Taldykuduk area

Индекс пласта	Балансовые запасы по категориям, тыс. т		Прогнозные ресурсы категории P <sub>1</sub> , тыс. т	Всего, тыс. т
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>		
K <sub>14</sub>	8722	5544	21928	36194
K <sub>13</sub>	15742	41987	34809	92538
K <sub>12</sub>	92055	132479	111099	335633
K <sub>10</sub>	10283	65557	54887	130727
Итого				595092

**Результаты**

Главной задачей выбора места заложения скважины было наличие ресурсов метана угольных пластов. В Центральном Казахстане имеются очень большие и практически нетронутые ресурсы метана угольных месторождений, которые, по оценкам геологов, составляют 2-4 трлн м<sup>3</sup> [3].

После изучения проведенных ранее работ по добыче метана угольных пластов Карагандинского угольного бассейна научно-исследовательские работы было принято проводить на участке Талдыкудук. В геологическом строении Талдыкудукского участка присутствуют осадочные отложения каменноугольного, юрского, неогенового и четвертичного возрастов. Каменноугольные отложения подразделяются на Ашлярикскую, Карагандинскую и Надкарагандинскую свиты.

Талдыкудукский участок расположен на южном крыле Карагандинской синклинали, где наиболее сильно проявились тангенциальные движения герцинского тектогенеза.

Участок Талдыкудук Карагандинского бассейна можно отнести к ряду первоочередных по перспективности на извлечение метана [4]:

- угленосность достигает 9,5%, общая мощность угольных пластов около 60 м, наибольшей мощности достигает пласт К<sub>12</sub> (до 12,4 м), практически 19-20 из 23-25 пластов превышают по мощности 0,7 м;

- на участке множество разрывных нарушений и складчатых структур с амплитудами до 400 м;

- по степени метаморфизма марки углей от КЖ до ОС предполагают высокую сорбционную и газогенерирующую способность угля, высокое содержание витринита (40-91%) в углях предполагает интенсивную трещиноватость и газопроницаемость углей;

- газоносность угля до 26 м<sup>3</sup>/т; площадная плотность ресурсов метана – до 780 млн м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> – одна из самых высоких в бассейне.

Подсчет запасов углей в 1982-1989 гг. был произведен по всем угольным пластам карагандинской свиты, имеющим кондиционную зольность угля. Подсчет запасов произведен до абсолютной отметки

**Таблица 2**  
**Ресурсы метана в угольных пластах Талдыкудукского участка**  
**Кесте 2**  
**Талдықұдық ауданының көмір қабаттарындағы метан ресурстары**  
**Table 2**  
**Methane resources in the coal seams of the Taldykuduk area**

Индекс пласта	Всего по пласту					до глубины 1000 м
	> 0,7 м			0,7-0,5 м		
	при x > 5 м <sup>3</sup> /т с.б.м.	при x от 5 до 10 м <sup>3</sup> /т с.б.м.	при x > 10 м <sup>3</sup> /т с.б.м.	при x от 5 до 10 м <sup>3</sup> /т с.б.м.	при x > 10 м <sup>3</sup> /т с.б.м.	
K <sub>14</sub>	541,2	2,8	538,4	0,2	28,4	465,5
K <sub>13</sub>	1404,8	9,4	1395,4	–	–	1 230,1
K <sub>12</sub>	5505,0	17,3	5487,7	–	–	3 907,7
K <sub>10</sub>	2200,0	10,2	2189,8	–	–	1 549,8
Всего						7 153,1

**Таблица 3**  
**Результаты сорбционного анализа**  
**Кесте 3**  
**Сорбциялық талдау нәтижелері**

**Table 3**  
**Results of sorption analysis**

№ пласта	Глубина разработки, м	Проба №1, м <sup>3</sup> /т	Проба №2, м <sup>3</sup> /т	Проба №3, м <sup>3</sup> /т	Средняя сорбционная емкость, м <sup>3</sup> /т
K <sub>14</sub>	340	31,2	30,78	31,82	31,93
K <sub>13</sub>	350	30,25	27,81	30,3	29,45
K <sub>12</sub>	630	29,7	28,9	28,8	29,13
K <sub>10</sub>	710	27,74	28,12	27,81	27,89

**Таблица 4**  
**Максимально возможное количество газа метана на перспективных угольных пластах**

**Кесте 4**  
**Перспективалы көмір қабаттарындағы метан газының максималды мүмкін мөлшері**

**Table 4**  
**Maximum possible amount of methane gas in promising coal seams**

№ пласта	Запасы угля по пласту, тыс. т	Средняя сорбционная емкость, м <sup>3</sup> /т	Объем газа метана, млн м <sup>3</sup>
K <sub>14</sub>	36 194	31,93	1 155,67
K <sub>13</sub>	92 538	29,45	2 843, 04
K <sub>12</sub>	335 633	29,13	9 776, 99
K <sub>10</sub>	130 727	27,89	3 645, 98
Итого			17 421,68

минус 100, т. е. до глубины 600 м. Запасы по перспективным пластам представлены в табл. 1; всего по изучаемым пластам – 595092 тыс. т.

В табл. 2 приведены ресурсы метана по отдельным пластам центральной и северной частей участка

Талдыкудук в нескольких вариантах: при мощности угля более 0,7 м и 0,7-0,5 м, при его метаносности более 10 м<sup>3</sup>/т сухой беззольной массы (с.б.м.) и более 5 м<sup>3</sup>/т с.б.м. Итого, по исследуемым пластам Талдыкудукского участка суммарные

Таблица 5

Результаты десорбционного анализа

Кесте 5

Десорбцияны талдау нәтижелері

Table 5

Results of desorption analysis

№ пласта	Глубина разработки, м	Проба №1, м <sup>3</sup> /т	Проба №2, м <sup>3</sup> /т	Проба №3, м <sup>3</sup> /т	Проба №4, м <sup>3</sup> /т	Проба №5, м <sup>3</sup> /т	Средняя сорбционная емкость, м <sup>3</sup> /т
K <sub>14</sub>	340	8,01	8,01	8,01	8,01	8,01	8,01
K <sub>13</sub>	350	5,56	9,74	11,18	10,37	10,55	9,48
K <sub>12</sub>	630	12,69	10,22	11,81	11,04	12,27	11,6
K <sub>10</sub>	710	9,96	8,72	7,27	8,52	9,95	8,89

запасы (согласно данным 1989 г.) примерно равны 7,1 млрд м<sup>3</sup>, поэтому к утверждению предлагаются ресурсы метана по перспективным пластам при мощности угольной массы пластов 0,5 м и более, метаноносности 5 м<sup>3</sup>/т с.б.м. и более, которые на площади всего Талдыкудукского участка оцениваются в 7,2 млрд м<sup>3</sup>. В связи с тем, что из-за неоднородности структурного строения Талдыкудукского участка и многочисленных разрывных нарушений залегание угольных пластов изменчиво, изменчива и плотность ресурсов метана, определенная по суммарной мощности угольной массы (более 0,5 м) пластов, пересекаемых конкретной скважиной [5]. Плотность ресурсов метана на глубинах 200-1000 м по горизонтали в среднем изменяется от 400 млн м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> до 700 млн м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>, достигая в юго-западной части поля 870-1060 млн м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Для более детального подсчета ресурсов газа метана и изучения участка Талдыкудук было принято решение провести дополнительные исследования изотермы сорбции углей Карагандинского угольного бассейна с целью изучения угольных пластов на зависимость количества адсорбированного газа от парциального давления этого вещества в газовой фазе при постоянной температуре, а также составления прогнозной карты количества газа метана в различных условиях.

Авторами предлагается технология подсчета полезного компонента путем усредненного количества сорбционной емкости углей каждого

из пластов. Сорбция – поглощение твердым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды. Поглощаемое вещество, находящееся в среде, называют сорбатом, поглощающее твердое тело или жидкость – сорбентом. К существенным плюсам этой технологии можно отнести точный результат исследований [6, 7]. Данное исследование позволит более точно вычислить ресурсы метана угольных пластов. Совершенствование методики подсчета запасов метана имеет огромное значение для угольных предприятий.

Испытания проводились в испытательной лаборатории метановой энергетики горно-металлургического комплекса НАО «Карагандинский технический университет».

Для проведения эксперимента было отобрано 12 проб, по три пробы с каждого пласта – K<sub>10</sub>, K<sub>12</sub>, K<sub>13</sub>, K<sub>14</sub>. (рис. 1). Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением глубины сорбционная емкость уменьшается.

Максимальное количество газа метана можно вычислить произведением сорбционной емкости и запасов угля по пластам, данные расчетов сведены в табл. 4.

Максимальное суммарное количество газа метана в исследуемых пластах путем сложения составляет примерно 17 млрд м<sup>3</sup>.

Исследование газоносности продуктивных угольных пластов по керну, полученному из метаноугольных скважин большого



Рис. 1. Пробы угля в герметичной емкости.  
Сурет 1. Жабық ыдыстағы көмірдің сынамалары.  
Figure 1. Samples of coal in a sealed container.

диаметра (более 146 мм), рекомендуется проводить по прямым методам, утвержденным Горным бюро США (RI-8515) и Институтом исследований газа (GRI-94/0396). Этот метод позволяет отобрать пробы угля, пород и газа в их естественном соотношении, определить содержание газа в керне, близкое к природному. После подъема угольного керна двойной колонковой трубой (типа «Недра») из него отбираются пробы угля и помещаются в герметические сосуды (канистры). Объем свободного пространства сосуда (канистры), не заполненный угольным керном, наполняется дистиллированной водой для вытеснения воздуха, попавшего в сосуд вместе с керном, примесь которого в десорбированном газе искажает результаты анализа. Сосуды устанавливаются в термостат, настроенный на температуру, равную температуре пласта, из которого были отобраны пробы. Температура пласта принимается по данным геофизических исследований, проведенных ранее в скважине, находящейся в непосредственной близости от исследуемой скважины и в таких же геологических условиях. Дегазация керна, помещенного в канистру при пластовой температуре, производится в течение 24-48 ч. За это время строится кривая

**Таблица 6**  
**Подсчет запасов газа метана по перспективным угольным пластам**  
**Кесте 6**  
**Талдықұдық ауданының перспективалы көмір қабаттары үшін метан газының қорын есептеу**

**Table 6**  
**Calculation of methane gas reserves for promising coal seams of the Taldykuduk area**

№ пласта	Запасы угля по пласту, тыс. т	Средняя десорбционная емкость, м <sup>3</sup> /т	Объем газа метана, млн м <sup>3</sup>
K <sub>14</sub>	36194	8,01	289,914
K <sub>13</sub>	92538	9,48	877,26
K <sub>12</sub>	335633	11,6	3893,343
K <sub>10</sub>	130727	8,89	1162,163
Итого			6222,68

десорбции и определяется объем потерянного газа. Измерение объема десорбированного газа проводится с помощью измерительного цилиндра или измерительной бюретки с уравнильной колбой. Далее мы провели десорбционный анализ углей по тем же пластам. Результаты сведены в табл. 5.

После подсчета средней десорбционной емкости мы вычислили количество газа метана, которое реально получить при обработке перспективных угольных пластов Талдықудукского участка, результаты расчетов сведены в табл. 6. Суммарное количество газа метана в исследуемых пластах путем сложения получается примерно 6,2 млрд м<sup>3</sup>.

### Заключение

Дефицит нефти и природного газа, являющихся основными энергоресурсами в мире, неизбежен в ближайшее десятилетие, что приведет к необходимости использования других энергоносителей, к числу которых следует отнести, в первую очередь, уголь, а также метан угольных пластов, попутно добываемый главным образом с углем средствами дегазации. Метан может быть использован вместо природного газа прежде всего теми потребителями, которые расположены в угледобывающих регионах, что позволит существенно уменьшить расходы на доставку газа, снизить за счет использования капируемого метана себестоимость подземного производства угля и объемы вредных выбросов в атмосферу. Газоносные угольные месторождения считаются нетрадиционными источниками углеводородных газов. Угольный метан в пересчете на условное топливо занимает 3-4 место в мире после угля, нефти и природного газа [8, 9].

Карагандинский угольный бассейн мог бы полностью покрыть свои потребности в газе за счет широкомасштабной добычи метана из угольных пластов. Потребность в метане угольных пластов отображена на рис. 2.

Извлечение метана угольных пластов Карагандинского угольного бассейна способствует решению ряда задач<sup>1</sup> [10]:



**Рис. 2. Область применения метана угольных пластов.**

**Сурет 2. Көмірлі метанды қолдану аймағы.**

**Figure 2. Field of application of coalbed methane.**

<sup>1</sup>Дрижд Н.А., Замалиев Н.М., Мусин Р.А. и др. Состояние и перспективы добычи метана на полях ликвидированных угольных шахт Карагандинского бассейна. – Караганда: КарГТУ, 2016. – 274 с.

➤ *социальных:*

- повышение уровня безопасности горных работ в угольной промышленности и сокращение количества смертельных случаев и травматизма, связанное с уменьшением риска взрывов газа метана на угольных шахтах;
- создание дополнительных рабочих мест для обустройства газовых промыслов и, как следствие,

снижение социальной напряженности в угледобывающих районах;

➤ *экологических:*

- улучшение экологической ситуации в угледобывающих районах за счет сокращения объема выбросов метана (парникового газа) в атмосферу;

➤ *экономических:*

- создание в Казахстане новой топливно-энергетической

отрасли, основанной на использовании метана;

- снижение экономических затрат на последующую добычу угля;
- уменьшение расходов, связанных с ликвидацией последствий аварий на шахтах и увеличение объемов добычи угля;
- сокращение расходов на покупку и транспортировку природного газа из газодобывающих областей.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Katarov R.K., Akhmatnurov D.R., Mussin R.A., Zamaliyev N.M. Установление объема и расположения газосборников заброшенных угольных шахт. // Научный вестник Национального горного университета. – 2018. – №2. – С. 5-11. (на английском языке)
2. Pashin J.C., McIntyre-Redden M.R., Mann S.D. Взаимосвязи между химией воды и газа в зрелых пластовых метановых коллекторах бассейна Черного Воина. // Международный журнал угольной геологии. – 2014. – Т. 126. 2014 (1 июня). – С. 92-105. (на английском языке)
3. Дрижд Н.А., Мусин Р.А., Ахматнуров Д.Р., Замалиев Н.М. Современные проблемы и перспективы развития Карагандинского угольного бассейна. // Тр. университета КарГТУ. – 2016. – №2. – С. 37-41. (на русском языке)
4. Садыков Р.М., Коробкин В.В. Особенности геологического строения и бассейновое моделирование участка Талдыкудукский Карагандинского угольного месторождения. // Геология и охрана недр. – 2018. – №2. – С. 20-29. (на русском языке)
5. Нан Ф.С. Оценка эффективности освоения месторождений метана угольных пластов. // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2011. – №10. – С. 53-58. (на русском языке)
6. Khanlarkhani M., Pahlavanzadeh H., Mohammadi A.H. Клатратгидраты и наночастицы // Достижения нанотехнологий. – 2015. – Т. 14. – С. 149-162 (на английском языке)
7. Liu W., Li Q., Song Y., Zhang L., Yang M., Wang L., Chen Y. Диффузионная теория образования газогидрата из ледяного порошка без плавления. // Энергетические процедуры. – 2014. – Т. 61. – С. 513-522. (на английском языке)
8. Портнов В.С., Филимонов Е.Н., Мусин Р.А. и др. Исследования газоносности пласта  $K_{10}$  в условиях Шерубайнуринского участка на основе данных фактического газовыделения. // Комплексное использование минерального сырья. – 2016. – №2. – С. 3-10. (на русском языке)
9. Бахтизина Н.В., Савельев В.И., Ерофеев А.А. Освоение нетрадиционных ресурсов газа: тенденции и перспективы. // Нефтяное хозяйство. – 2011. – №8. – С. 130-134 (на русском языке)
10. Mi Fuyi, Zhong Weizhib, Zhao Xianliangb, Che Changboc, Chen Yanpenga, Zhu Jie, Wang Bo. Стратегии развития газовой промышленности МУП в Китае. // Газовая промышленность Б. – 2015. – Т. 2. – Вып. 4. – С. 383-389. (на английском языке)

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:**

1. Қамаров Р.К., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А., Замалиев Н.М. Тастанды көмір шахталарының газ коллекторларының көлемі мен орналасуын белгілеу. // Науковий Висник Национального Хирничого Университету. – 2018. – №2. – Б. 5-11. (ағылшын тілінде).
2. Пашин Дж.К., Макинтайр-Редден М.Р., Манн С.Д. Қара жауынгер бассейнінің жетілген көміртегі метан қоймаларындағы су және газ химиясы арасындағы қатынастар. // Халықаралық көмір геология журналы. – 2014 (1 маусым). – Т. 126. – Б. 92-105. (ағылшын тілінде).
3. Дрижд Н.А., Мусин Р.А., Ахматнуров Д.Р., Замалиев Н.М. Қарағанды көмір бассейнінің қазіргі проблемалары мен даму болашағы // ҚарМТУ университетінің жұмыстары. – 2016. – №2. – Б. 37-41. (орыс тілінде).
4. Садықов Р.М., Коробкин В.В. Қарағанды көмір кен орнының Талдықұдық учаскесінің геологиялық құрылымы мен бассейндік модельдеу ерекшеліктері // Геология және минералды ресурстарды сақтау. – 2018. – №2. – Б. 20-29. (орыс тілінде).
5. Нан Ф.С. Көмір қабаты метан кенорындарын игеру тиімділігін бағалау. // Мұнай-газ кешені экономикасы мен басқару мәселелері. – 2011. – №10. – Б. 53-58 (орыс тілінде).

6. Ханлархани М., Пехлавонзаде Х., Мохаммади А.Х. Клатрат гидраты және нано-бөлшектері. // Нанотехнологияның жетістіктері. – 2015. – Т. 14. – Б. 149-162. (ағылшын тілінде).
7. Liu W., Li Q., Song Y., Zhang L., Yang M., Wang L., Chen Y. Мұз ұнтағынан газ гидратының балқымай түзілуінің диффузиялық теориясы. // Энергетикалық процедура. – 2014. – Т. 61. – Б. 513-522. (ағылшын тілінде).
8. Портнов В.С., Филимонов Е.Н., Мусин Р.А. Шерубайнурын ауданының жағдайында газ шығарудың нақты деректері негізінде  $K_{10}$  қабатының газ құрамын зерттеу. // Минералды шикізатты кешенді пайдалану. – 2016. – №2. – Б. 3-10 (орыс тілінде).
9. Бахтизина Н.В., Савельев В.И., Ерофеев А.А. Дәстүрлі емес газ ресурстарының дамуы: тенденциялар мен перспективалар. // Мұнай өнеркәсібі. – 2011. – №8. – Б. 130-134 (орыс тілінде).
10. Mu Fuyuan, Zhong Weizhib, Zhao Xianliangb, Che Changboc, Chen Yanpenga, Zhu Jieb, Wang Bo. Қытайдағы CBM газ саласын дамыту стратегиялары. // Табиғи Газ Өнеркәсібі Б. – 2015. – Т. 2. – Шығ. 4. – Б. 383-389 (ағылшын тілінде).

## REFERENCES:

1. Kamarov R.K., Akhmatnurov D.R., Mussin R.A., Zamaliyev N.M. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. // Naukovyi Visnyk Natsionalnogo Hirnychoho Universytetu. – 2018. – №2. – P. 5-11 (in English).
2. Pashin J.C., McIntyre-Redden M.R., Mann S.D. Relationships between water and gas chemistry in mature coalbed methane reservoirs of the Black Warrior Basin. // International Journal of Coal Geology. – 2014 (1 June). – Vol. 126. – P. 92-105 (in English).
3. Drizhd N.A., Musin R.A., Akhmatnurov D.R., Zamaliyev N.M. Modern problems and prospects for the development of the Karaganda coal basin // Works of the University of KSTU. – 2016. – №2. – P. 37-41 (in Russian).
4. Sadykov R.M., Korobkin V.V. Features of the geological structure and basin modeling of the Taldykuduk section of the Karaganda coal deposit. // Geology and conservation of mineral resources. – 2018. – №2. – P. 20-29. (in Russian)
5. Nan F.S. Evaluation of the efficiency of developing coal bed methane deposits. // Problems of Economics and Management of the Oil and Gas Complex. – 2011. – №10. – P. 53-58 (in Russian).
6. Khanlarkhani M., Pahlavanzadeh H., Mohammadi A.H. Clathrate hydrates and nanoparticles. // Advances in Nanotechnology. – 2015. – Vol. 14. – P. 149-162 (in English).
7. Liu W., Li Q., Song Y., Zhang L., Yang M., Wang L., Chen Y. Diffusion theory of formation of gas hydrate from ice powder without melting. // Energy Procedia. – 2014. – Vol. 61. – P. 513-522 (in English).
8. Portnov V.S., Filimonov E.N., Mussin R.A. et al. Studies of the gas content of the  $K_{10}$  formation in the conditions of the Sherubainurinsky area on the basis of actual gas release data. // Complex use of mineral raw materials. – 2016. – №2. – P. 3-10. (in Russian)
9. Bakhtizina N.V., Saveliev V.I., Erofeev A.A. Development of unconventional gas resources: trends and prospects. // Oil industry. – 2011. – №8. – P. 130-134. (in Russian)
10. Mu Fuyuan, Zhong Weizhib, Zhao Xianliangb, Che Changboc, Chen Yanpenga, Zhu Jieb, Wang Bo. Strategies for the development of CBM gas industry in China. // Natural Gas Industri B. – 2015. – Vol. 2. – Issue 4. – P. 383-389 (in English).

## Сведения об авторах:

**Дрижд Н.А.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [n\\_drizhd@mail.ru](mailto:n_drizhd@mail.ru)

**Мусин Р.А.**, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [r.a.mussin@mail.ru](mailto:r.a.mussin@mail.ru)

**Кельмялене А.А.**, канд. хим. наук, руководитель испытательной лаборатории метановой энергетики в горно-металлургическом комплексе Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [kellyalene@mail.ru](mailto:kellyalene@mail.ru)

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Дрижд Н.А.**, техника ғылымдарының докторы, «Карағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының профессоры (Карағанды қ., Қазақстан), [n\\_drizhd@mail.ru](mailto:n_drizhd@mail.ru)

**Мусин Р.А.**, «Карағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Карағанды қ., Қазақстан), [r.a.mussin@mail.ru](mailto:r.a.mussin@mail.ru)

**Кельмялене А.А.**, химия ғылымдарының кандидаты, «Карағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының тау-кен металлургия кешеніндегі метанды энергия сынау зертханасының меңгерушісі (Карағанды қ., Қазақстан), [kellyalene@mail.ru](mailto:kellyalene@mail.ru)

## Information about authors:

**Drizhd N.A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), [n\\_drizhd@mail.ru](mailto:n_drizhd@mail.ru)

**Mussin R.A.**, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), [r.a.mussin@mail.ru](mailto:r.a.mussin@mail.ru)

**Kelmyalene A.A.**, Candidate of Chemical Sciences, Head of the Methane Energy Testing Laboratory in the Mining and Metallurgical Complex of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), [kellyalene@mail.ru](mailto:kellyalene@mail.ru)

# KIOSH

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

19-21 мая 2021  
Нур-Султан, Казахстан



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАРТНЕР



Министерство труда и социальной  
защиты населения Республики Казахстан

ЗОЛОТОЙ ПАРТНЕР



ОРГАНИЗАТОРЫ



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



**1-4 июня 2021**  
**Новокузнецк**

XXX Международная специализированная выставка  
технологий горных разработок



# УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

XII Международная специализированная выставка

## ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VII Международная специализированная выставка

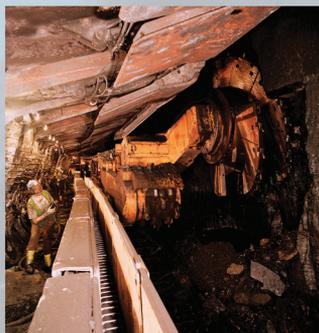
## НЕДРА РОССИИ

300 ЛЕТ  
КУЗБАСС

Организаторы



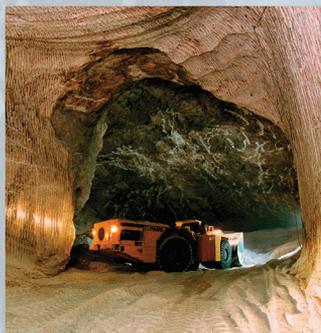
Messe  
Düsseldorf



уголь



руды



промышленные минералы



охрана и безопасность труда

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Выставочный комплекс "Кузбасская ярмарка", ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк  
т./ф: 8 (3843) 32-11-89, 32-22-22 e-mail: com@kuzbass-fair.ru, dr@kuzbass-fair.ru



[www.ugolmining.ru](http://www.ugolmining.ru)

12+

Код МРНТИ 52.35.29

С.М. Чухарев, В.В. Семенюк, Р.Р. Оксенюк, М.О. Кучерук

Национальный университет водного хозяйства и природопользования (г. Ровно, Украина)

## АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ДОБЫЧИ ШАХТНОГО МЕТАНА В ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ УКРАИНЫ

**Аннотация.** В работе выполнен анализ запасов метана угольных шахт Украины, в частности, западного региона страны. Проведено сравнение с другими ведущими угледобывающими странами мира по количеству запасов данного ресурса. Определено, что Украина находится в списке стран, обладающих крупнейшими запасами шахтного метана. Приведены данные о количестве выбросов метана в атмосферу, информация о необходимости уменьшения данных выбросов и их негативное влияние как одного из основных парниковых газов на глобальное потепление и изменение климата Земли. Проанализирован мировой опыт основных способов переработки и утилизации добываемого метана угольных шахт. Сделан вывод, что метан является парниковым и озоноразрушающим газом, его использование будет иметь положительный эффект в улучшении экологического состояния Украины и мира. Выбор направления использования метана следует делать, учитывая горно-геологические характеристики добытого газа, а также на нужды региона. Определены ключевые и приоритетные направления использования шахтного метана для Украины, в частности, западного региона.

**Ключевые слова:** метан угольных шахт, дегазация, парниковые газы, глобальное потепление, переработка шахтного газа, горно-геологические характеристики.

### Украинаның батыс аймағында көмір кеніші метан өндірісінің перспективаларын талдау

**Андатпа.** Жұмыста Украинадағы, атап айтқанда, елдің батыс аймағындағы көмір шахталарының метан қоры талданады. Осы ресурстардың қоры бойынша әлемдегі басқа жетекші көмір өндіруші елдермен салыстыру жүргізілді. Украина көмір кенінің метан қоры көп елдер тізбінде екендігі анықталды. Атмосфераға метан шығарындыларының мөлшері туралы мәліметтер, осы шығарындыларды азайту қажеттілігі және олардың негізгі парниктік газдардың бірі ретінде жаһандық жылыну мен жер климатының өзгеруіне кері әсері туралы ақпарат берілді. Метан парниктік және озонды бұзатын газ болып табылады деген қорытынды жасалды, оны пайдалану Украина мен әлемнің экологиялық жағдайын жақсартуға оң әсер етеді және метанды пайдалану бағытын таңдау өндірілген газдың тау-кен-геологиялық сипаттамаларын, сондай-ақ аймақтың қажеттіліктерін ескере отырып жасалуы керек.

**Түйінді сөздер:** метан көмірі, газсыздандыру, парниктік газдар, галамдық жылыну, шахта газын өңдеу, тау-кен геологиялық сипаттамалары.

### Analysis of the prospects of mining methane mining in the west region of Ukraine

**Abstract.** The paper analyzes the methane reserves of coal mines in Ukraine, in particular in the western region of the country. A comparison is made with other leading coal-mining countries of the world in terms of the amount of reserves of this resource. It was determined that Ukraine is on the list of countries with the largest reserves of coal mine methane. The data on the amount of methane emissions into the atmosphere, information on the need to reduce these emissions and their negative impact as one of the main greenhouse gases on global warming and changes in the Earth's climate are presented. The world experience of the main methods of processing and utilization of extracted methane from coal mines is analyzed. It is concluded that methane is a greenhouse and ozone-depleting gas, its use will have a positive effect in improving the ecological state of Ukraine and the world.

**Key words:** coal mine methane, degassing, greenhouse gases, global warming, mine gas processing, mining and geological characteristics, global warming, climate change, emissions to the atmosphere, recycling.

### Введение

Уголь является источником первичной энергии, очень востребованным в мире. В связи с этим промышленно развитые страны находятся в определенной зависимости от энергетических угольных ресурсов. Из-за постоянно растущей зависимости во многих странах мира возрастает спрос на уголь, вследствие чего увеличивается и его добыча. В результате, уголь приходится добывать во все более сложных условиях. Добыча угля ведется на все более низких горизонтах и с большей концентрацией газа, что повышает уже имеющуюся опасность ведения работ для шахтеров и предприятий. Находящийся в угольных пластах метан может вызывать аварии и взрывы на шахтах, из-за чего подход к добыче и утилизации метана, дегазации и вентиляции следует пересматривать.

Метан – второй по распространенности парниковый газ после двуокиси углерода  $CO_2$ , в огромном количестве попадающий в атмосферу в результате деятельности человека. Метан как парниковый газ существует в атмосфере примерно 9-15 лет. Его часть в общемировом объеме выбросов парниковых газов составляет примерно 14%. Хотя метан попадает в атмосферу в меньших количествах, чем  $CO_2$ , и остается в ней меньшее время, его способность удерживать тепло в атмосфере в 21 раз выше.

Контроль выбросов метана дает возможность сгладить изменение климата и получить дополнительный источник энергии. Тем не менее, если не будут приняты более жесткие меры по сокращению выбросов метана<sup>1</sup>, то к 2030 г. его объем увеличится на 45%.

По предварительным оценкам, ресурсы метана в мире оцениваются в 260 трлн м<sup>3</sup>. Наибольшие запасы находятся в таких странах, как США, Китай, Россия, Австралия, ЮАР, Индия, Польша, Германия, Казахстан и Украина. Наличие метана на территориях основных угледобывающих странах мира, согласно одному из источников, приведена в табл. 1. [2].

Как мы видим, Украина обладает довольно значительными ресурсами метана, сосредоточенными в угольных пластах и окружающих породах, который может рассматриваться для использования в качестве энергоносителя. Данные, опубликованные в 2014 г., показывают, что шахтами Донбасса за год выделяется около 1,5 млрд м<sup>3</sup> метана, на Львовско-Волинский угольный бассейн приходится ориентировочно 60 млн м<sup>3</sup>. Доля метана, используемого в качестве топлива, составляет 8%. Остальной газ просто выбрасывается в атмосферу. По количеству выбросов угольного метана в атмосферу Украина находится на 4 месте в мире рис. 1 [1, 2]. По данным Глобальной инициативы

<sup>1</sup>Метан из угольных шахт: возможности сокращения выбросов, совершенствования сбора и утилизации. // Global Methane Initiative (GMI). – 2011 (сентябрь). – 4 с.

**Таблица 1**  
**Наличие метана в основных угледобывающих странах мира**

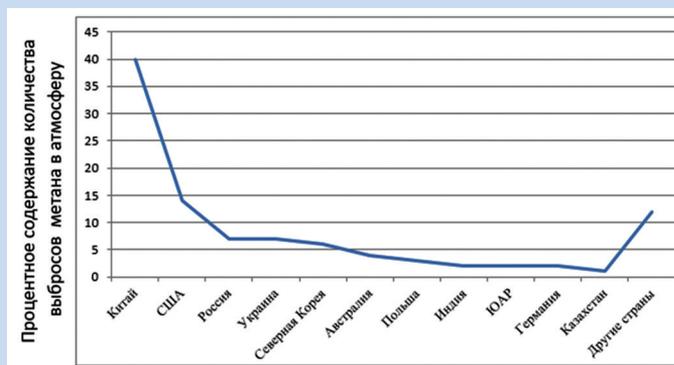
**Кесте 1**  
**Әлемнің негізгі көмір өндіретін елдерінде метанның болуы**

**Table 1**  
**The presence of methane in the main coal-mining countries of the world**

Страна	Запасы метана, трлн м <sup>3</sup>
США	60
Россия	58
Китай	28
Австралия	22
Индия	18
Германия	16
ЮАР	13
Украина	8
Казахстан	8
Польша	3
Другое	26
Всего в мире	260

по метану (Global Methane Initiative, GMI) Украина также находится на 4 месте по расчетному объему выделившегося метана из угольных шахт (табл. 2). По состоянию на 2010 г., всего в мире объем выбросов CO<sub>2</sub>E из угольных шахт составил около 584 млн т (8% общемирового объема выбросов этого газа<sup>1</sup>).

Согласно данным Министерства энергетики и угольной промышленности Украины, за 2012 г. при добыче 85,7 млн тонн угля было выделено 1,4 млрд м<sup>3</sup> шахтного метана. При этом основное количество метана через



**Рис. 1. Структура выбросов шахтного метана по основным угледобывающим странам мира.**

**Сурет 1. Әлемдегі көмір өндіретін ірі мемлекеттердің метан метан эмиссиясының құрылымы.**

**Figure 1. Structure of mine methane emissions by major coal-mining countries of the world.**

системы вентиляции шахт попало в атмосферу и только 370 млн м<sup>3</sup> было уловлено системами дегазации, которыми на тот момент были оборудованы лишь 44 шахты из 155. Но это не все, только 43% из уловленного метана в дальнейшем было утилизировано или сожжено на факеле, а остальное также попало в атмосферу.

#### Методы исследования

Для определения перспектив добычи метана из угольных шахт Львовско-Волынского угольного бассейна следует учитывать мировой опыт других стран, которые имеют запасы метана в угольных выработках, и осуществили определенные инвестиции, начав добычу и утилизацию шахтного метана.

В табл. 1 представлены данные по запасам метана угольных пластов в угледобывающих странах мира. Украина не является лидером по мировым запасам данного газа, поэтому, рассматривая опыт других стран, стоит обращать внимание на успешные кейсы не только лидеров по запасам, но и, прежде всего, стран, которые имеют похожее или меньшее количество ресурсов.

Для примера рассмотрим опыт Польши: там метан угольных пластов сосредоточен в месторождениях трех угольных бассейнов – Люблинского (который представляет собой северо-западное продолжение Львовско-Волынского бассейна), Нижнесилезского и Верхнесилезского, а их прогнозные запасы составляют 15 млрд м<sup>3</sup>; 1,75 млрд м<sup>3</sup> и 89,1 млрд м<sup>3</sup> соответственно. На шахте «Zofiówka» (Зофировка) работает ТЭЦ, где на новом блоке, установленном в 2018 г., вместе с углем сжигается и метан, который покрывает 10% потребности в топливе и обходится дешевле, чем использование природного газа. На ТЭЦ производят электроэнергию, тепло и сжатый воздух (поставляется в шахту)<sup>2</sup>.

Чехия и Бельгия обладают меньшими запасами метана, чем в Украине, однако они осуществляют добычу и переработку этого газа. В частности, в Чехии ежегодно более 50 млн м<sup>3</sup> дегазационного метана используют в котельных и на установках для сушки угля. А в Бельгии добыча метана ведется на месторождениях, где уже не добывают уголь. Что же касается стран с большими запасами метана в угольных пластах, таких как США, Китай, Россия, Австралия, то они активно внедряют технологии, направленные на дегазацию и переработку метана, что свидетельствует о потенциале его добычи. Например, в Китае<sup>2</sup> в 2005 г. добыча составила в 3-4 млрд м<sup>3</sup>, а в 2010 г. этот показатель составил 10 млрд м<sup>3</sup>.

В Энергетической стратегии Украины до 2030 г. отмечается, что при добыче 1 т угля выделяется в среднем 10-12 м<sup>3</sup> метана. На отдельных месторождениях Донбасса удельное содержание метана в угле составляет 500 м<sup>3</sup>/т. Что же касается Львовско-Волынского угольного бассейна, то прогнозные запасы углеводородных газов в угольных пластах превышают 18,8 млрд м<sup>3</sup>, однако этот показатель может вырасти с проведением более совершенного исследования [3].

<sup>2</sup>Куровець І.М. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: монографія. У 8 кн. – Кн. 1. Нетрадиційні джерела вуглеводнів: огляд проблеми. / Нац. акціонерна компанія «Нафтогаз України» та ін. – М.: Ніка-Центр, 2014. – 208 с.

## Обсуждение результатов

Наличие технологий добычи метана из угольных шахт позволяет рассматривать ряд направлений для реализации метана и продуктов его переработки. Единого конкретного потребителя шахтного метана в мире нет, потому что направления его использования зависят от ряда факторов, основными из которых являются качество добытого газа, его концентрация и присутствие других компонентов. Кроме качества газа, не менее важными факторами являются наличие тех или иных конечных пользователей и экономические показатели проекта.

В мире шахтный метан используется и перерабатывается для: производства электроэнергии, например, строительство ТЭЦ у шахт; централизованного отопления в качестве котельного топлива; трубопроводных систем природного газа<sup>3</sup>; сушки угля; окисления метана и получения полезной тепловой энергии для отопительных, холодильных или электрических установок; преобразования угля в газообразный энергоноситель; сжигания и использования на производстве или в промышленности [4]; а также в качестве источника тепла для шахтного вентиляционного воздуха [5]; дополнительного топлива для шахтных котлов (возможно сжигание в сочетании с другими видами топлива); автомобильного топлива в сжатом или сжиженном виде; сырья в отрасли по производству удобрений [6, 7].

## Заключение

Итак, как видно, существует достаточно широкий спектр использования метана угольных пластов в промышленности для различных нужд народного хозяйства. Выбор направления использования метана следует делать, учитывая горно-геологические характеристики добытого газа, а также на нужды региона.

Таблица 2

*Расчетный объем метана, выделившегося из угольных шахт в странах первой десятки GMI в 2010 г.*

Кесте 2

*2010 жылы GMI елдерінің ондығында көмір шахталарынан бөлінген метанның болжамды көлемі.*

Table 2

*Estimated volume of methane emitted from coal mines in the countries of the top ten GMI in 2010*

Страна	CO <sub>2</sub> E, млн т
Китай	299,5
США	59,0
Россия	55,2
Украина	27,4
Австралия	26,8
Индия	26,5
Казахстан	13,5
Польша	8,3
Колумбия	7,4
Вьетнам	6,0

Учитывая экологический аспект, а именно, то, что метан является парниковым и озоноразрушающим газом, его использование будет иметь положительный эффект в улучшении экологического состояния Украины и мира, а налаживание механизма «торговли выбросами», согласно Киотскому протоколу к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, может стать дополнительным источником поступления иностранных инвестиций для страны, в частности, в промышленные регионы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сай Е.С., Ганушевич К.А. Утилизация шахтного метана и его транспортирование в газогидратном состоянии. // *Разработка месторождений: сб. науч. тр.* – 2014. – Т. 8. – С. 299-307. (на русском языке)
2. Семенюк В.В., Оксенюк Р.Р., Юхимчук С.Я. Оценка добычи и использования метана в Украине. // *Международная научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и соискателей высшего образования «Проблемы и перспективы развития современной науки».* – Ровно: Национальный университет водного хозяйства и природопользования, 2020. – С. 154-160. (на украинском языке)
3. Костик И., Матрофайло М., Король Н. Перспективы современной природной газоносности угольных пластов глубоких горизонтов Львовско-Волинского бассейна. // *Геолог Украины.* – 2013. – №3. – С. 50-59 (на украинском языке)
4. Харченко В.И., Ву Тай Тху, Филоненко А.А., Кучеренко А.С. Волошин А.Ю. Утилизация шахтного метана в газотурбинной установке. // *Электронный вестник НУК.* – 2011. – №1. – С. 67-72. (на украинском языке)
5. Юхимчук С.Я. Анализ добычи и использования метана в Украине. // *Студенческий Вестник Национального университета водного хозяйства и природопользования.* – 2020. – Вып. 2(14). – С. 116-121. (на украинском языке)

<sup>3</sup>Руководство по наилучшей практике эффективной дегазации источников метановыделения и утилизации метана на угольных шахтах. // Европейская экономическая комиссия партнерство «Метан – на рынки». – Нью-Йорк – Женева: Организация Объединенных Наций. – 2010. – Серия публикаций ЕЭК по энергетике. – №31. – 87 с.

6. Маланчук З.Р., Заяц В.В., Сольвар Л.М., Романчук С.С. Методы преобразования угля в газообразный энергоноситель на месте залегания. // Вестник Национального университета водного хозяйства и природопользования. – 2016. – Серия «Технические науки». – Вып. 2(74). – С. 73-78. (на украинском языке)
7. Маланчук З.Р., Заяц В.В., Сольвар Л.М., Романчук С.С. Подземная газификация залежей угля. // Вестник Национального университета водного хозяйства и природопользования. – 2016. – Серия «Технические науки». – Вып. 2(74). – С. 21-28. (на украинском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Сай Е.С., Ганушевич К.А. Кен метанының пайда болуы және оны газгидрат күйінде тасымалдау. // Кен орындарын игеру: ғылыми еңбектер жинағы. – 2014. – Т. 8. – Б. 299-307. (орыс тілінде)
2. Семенюк В.В., Оксенюк Р.Р., Юхимчук С.Я. Украинада метан өндірісі мен қолданылуын бағалау. // Жас ғалымдардың, аспиранттардың және жоғары білім алуға үміткерлердің «Қазіргі ғылымның даму мәселелері мен болашағы» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы. – Ровно: Су шаруашылығы және табиғатты пайдалану ұлттық университеті, 2020. – Б. 154-160. (украин тілінде)
3. Костик И., Матрофайло, М., Король Н. Львов-Волын бассейнінің көмір қабатындағы терең горизонттардың қазіргі заманғы табиғи газ құрамының болашағы. // Украинаның геологы. – 2013. – №3. – Б. 50-59. (украин тілінде)
4. Харченко В.И., Ву Тай Тху, Филоненко А.А., Кучеренко А.С. Волошин А.Ю. Газтурбиналық қондырғыдағы көмір метан метанын пайдалану. // Электрондық бюллетень НУК. – 2011. – №1. – Б. 67-72. (украин тілінде)
5. Юхимчук С.Я. Украинада метан өндірісі мен қолданылуын талдау. // Су шаруашылығы және табиғатты пайдалану ұлттық университеті студенттік бюллетені. – 2020. – Шығ. 2(14). – Б. 116-121. (украин тілінде)
6. Маланчук З.Р., Заяц В.В., Солвар Л.М., Романчук С.С., Пайда болған жерде көмірді газ тәрізді энергия тасымалдағышқа айналдыру әдістері. // Су шаруашылығы және табиғатты пайдалану ұлттық университеті хабаршысы. – 2016. – «Техникалық ғылымдар» сериясындағы. – Шығ. 2(74). – Б. 73-78. (украин тілінде)
7. Маланчук З.Р., Заяц В.В., Солвар Л.М., Романчук С.С. Көмір кендерін жер асты газдандыру. // Су шаруашылығы және табиғатты пайдалану ұлттық университеті. – 2016. – «Техникалық ғылымдар» сериясы. – Шығ. 2(74). – Б. 21-28. (украин тілінде)

#### REFERENCES

1. Say E.S., Ganushevich K.A. Utilization of mine methane and its transportation in a gas hydrate state. // Development of deposits: collection of proceedings. – 2014. – Vol. 8. – P. 299-307. (in Russian)
2. Semenyuk V.V., Oksenyuk R.R., Yukhimchuk S.Ya. Assessment of production and use of methane in Ukraine. // International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduates and Applicants for Higher Education «Problems and Prospects for the Development of Modern Science». – Rivne: National University of Water Management and Environmental Management. – 2020. – P. 154-160. (in Ukrainian)
3. Kostik I., Matrofailo M., Korol N. Prospects for the modern natural gas content of deep horizons in the coal seam of the Lvov-Volyn basin. Geologist of Ukraine. – 2013. – №3. – P. 50-59. (in Ukrainian)
4. Kharchenko V.I., Wu Tai Thu, Filonenko A.A., Kucherenko A.S. Voloshin A.Yu. Utilization of Coal Mine Methane in a Gas Turbine Unit. // Electronic bulletin NUK. – 2011. – №1. – P. 67-72. (in Ukrainian)
5. Yukhimchuk S.Ya. Analysis of production and use of methane in Ukraine. // Student Bulletin of National University of Water Management and Environmental Management. – 2020. – Issue 2(14). – P. 116-121. (in Ukrainian)
6. Malanchuk Z.R., Zayats V.V., Solvar L.M., Romanchuk S.S. Methods of converting coal into a gaseous energy carrier at the place of occurrence. // Bulletin of the National University of Water Management and Environmental Management. – 2016. – Series «Technical Sciences». – Issue 2(74). – P. 73-78. (in Ukrainian)

7. Malanchuk Z.R., Zayats V.V., Solvar L.M., Romanchuk S.S. *Underground gasification of coal deposits. // Bulletin of the National University of Water Management and Environmental Management. – 2016. – Series «Technical Sciences». – Issue 2(74). – P. 21-28. (in Ukrainian)*

## Сведения об авторах:

**Чухарев С.М.**, канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений и добычи полезных ископаемых Национального университета водного хозяйства и природопользования (г. Ровно, Украина), [s.m.chukharev@nuwm.edu.ua](mailto:s.m.chukharev@nuwm.edu.ua)

**Семенюк В.В.**, старший преподаватель кафедры разработки месторождений и добычи полезных ископаемых Национального университета водного хозяйства и природопользования (г. Ровно, Украина), [v.v.semeniuk@nuwm.edu.ua](mailto:v.v.semeniuk@nuwm.edu.ua)

**Оксенюк Р.Р.**, ассистент кафедры разработки месторождений и добычи полезных ископаемых Национального университета водного хозяйства и природопользования (г. Ровно, Украина), [r.r.okseniuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.r.okseniuk@nuwm.edu.ua)

**Кучерук М.О.**, ассистент кафедры разработки месторождений и добычи полезных ископаемых Национального университета водного хозяйства и природопользования (г. Ровно, Украина), [m.o.kucheruk@nuwm.edu.ua](mailto:m.o.kucheruk@nuwm.edu.ua)

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Чухарев С.М.**, техника ғылымдарының кандидаты, Ұлттық су менеджменті және қоршаған ортаны басқару университеті (Ровно қ., Украина), кен орындарын игеру және минералды ресурстарды өндіру кафедрасының доценті, [s.m.chukharev@nuwm.edu.ua](mailto:s.m.chukharev@nuwm.edu.ua)

**Семенюк В.В.**, Ұлттық су менеджменті және қоршаған ортаны басқару университеті (Ровно қ., Украина), кен орындарын игеру және минералды ресурстарды өндіру кафедрасының аға оқытушысы, [v.v.semeniuk@nuwm.edu.ua](mailto:v.v.semeniuk@nuwm.edu.ua)

**Оксенюк Р.Р.**, Ұлттық су менеджменті және қоршаған ортаны басқару университеті (Ровно қ., Украина), кен орындарын игеру және минералды ресурстарды өндіру департаментінің көмекшісі, [r.r.okseniuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.r.okseniuk@nuwm.edu.ua)

**Кучерук М.О.**, Ұлттық су менеджменті және қоршаған ортаны басқару университеті (Ровно қ., Украина), кен орындарын игеру және минералды ресурстарды өндіру департаментінің көмекшісі, [m.o.kucheruk@nuwm.edu.ua](mailto:m.o.kucheruk@nuwm.edu.ua)

## Information about authors:

**Chukharev S.M.**, PhD, Associate Professor at the Department of Development of Deposits and Mining of the National University of Water Resources and Environmental Management (Rivne, Ukraine), [s.m.chukharev@nuwm.edu.ua](mailto:s.m.chukharev@nuwm.edu.ua)

**Semeniuk V.V.**, Senior Lecturer at the Department of Development of Deposits and Mining of the National University of Water Resources and Environmental Management (Rivne, Ukraine), [v.v.semeniuk@nuwm.edu.ua](mailto:v.v.semeniuk@nuwm.edu.ua)

**Okseniuk R.R.**, Assistant at the Department of Development of Deposits and Mining of the National University of Water Resources and Environmental Management (Rivne, Ukraine), [r.r.okseniuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.r.okseniuk@nuwm.edu.ua)

**Kucheruk M.O.**, Assistant at the Department of Development of Deposits and Mining of the National University of Water Resources and Environmental Management (Rivne, Ukraine), [m.o.kucheruk@nuwm.edu.ua](mailto:m.o.kucheruk@nuwm.edu.ua)



## ОТКРЫТА ПОДПИСКА

КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС

Подписной индекс 75807

Заявка на главной странице сайта [MINMAG.KZ](http://MINMAG.KZ)

Следите за новостями!



[minmag.kz](http://minmag.kz)



[@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)

+7 747 343 15 02

[post-dts@yandex.kz](mailto:post-dts@yandex.kz)

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





[www.amm.kz](http://www.amm.kz)

# AMM CONGRESS

16-17 июня 2021  
Нур-Султан, Казахстан

ФОРУМ • ВЫСТАВКА • ЦЕРЕМОНИЯ НАГРАЖДЕНИЯ «ЗОЛОТОЙ ГЕФЕСТ»  
+7 727 258 34 34

Код МРНТИ 52.29.29

С.Л. Кузьмин

*Некоммерческое акционерное общество «Рудненский индустриальный институт»*

## УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСОМ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ВРЕМЕННЫХ ВНУТРЕННИХ ОТВАЛОВ В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ

**Аннотация.** Анализ современной технологии ведения открытых горных работ на крупных карьерах, многие из которых находятся на этапах доработки, показывает тенденцию постоянного усложнения горнотехнических условий их эксплуатации. Одним из методов решения проблем глубоких карьеров является применение на них технологии временного внутреннего отвалообразования. При данной технологии в период финансового кризиса производится укладка породы во временные внутренние отвалы, а при стабилизации финансовой ситуации данные отвалы вывозятся на поверхность. Для управления работой комплекса разработана компьютерная программа, позволяющая определять время задействования временного внутреннего отвала, время перехода на нормальный режим работы с внешним отвалообразованием и время отработки временного внутреннего отвала в зависимости от изменения цены на поставляемое сырье.

**Ключевые слова:** открытые горные работы, временные внутренние отвалы, экскаватор, автомобильный транспорт, производительность комплекса, компьютерная программа, управление работой, режим горных работ, вскрыша, технология.

### Терең карьерлерде уақытша ішкі үйінділер жасау кезінде жабдықтар кешенін басқару

**Аңдатпа.** Ірі карьерлерде ашық тау-кен жұмыстарын жүргізудің қазіргі заманғы технологиясын талдаудан, олардың көпшілігі пысықтау кезеңінде, оларды пайдаланудың тау-кен техникалық жағдайларының үнемі күрделенуі үрдісі байқалады. Терең карьерлердің мәселелерін шешудің әдістерінің бірі-оларда уақытша ішкі үйінді жасау технологиясын қолдану. Осы технологиямен қаржы дағдарысы кезеңінде жыныстар уақытша ішкі үйінділерге салынады, ал қаржылық жағдай тұрақтанған кезде бұл үйінділер жер бетіне шығарылады. Кешеннің жұмысын басқару үшін уақытша ішкі үйіндіні іске қосу уақытын, сыртқы үйінді түзумен қалыпты жұмыс режиміне көшу уақытын және жеткізілетін шикізат бағасының өзгеруіне байланысты уақытша ішкі үйінді өңдеу уақытын анықтауға мүмкіндік беретін компьютерлік бағдарлама әзірленді.

**Түйінді сөздер:** ашық тау-кен жұмысы, уақытша ішкі үйінділеу, экскаватор, автомобилді көлік, кешеннің өнімділігі, компьютерлік бағдарлама, жұмысты басқару, тау-кен режимі, тау жыныстары, технология.

### Control of a complex of equipment during construction of temporary internal dump in deep pits

**Abstract.** Analysis of modern technology of open pit mining at large open pits, many of which are at the completion stages, shows the constant complication of the mining conditions of their operation. One of the methods for solving the problems of deep open pits is the use of the technology of temporary internal dumping. With this technology, during the financial crisis, rocks are stored in temporary internal dumps. When the financial situation stabilizes, these dumps are taken out. To control the operation of the complex, a computer program has been developed that allows you to determine the moment of using the temporary internal dump, the moment of using the normal operation with external dumping and the time of working out the temporary internal dump, depending on the change in the price of ore.

**Key words:** open pit mining, temporary internal dumps, excavator, truck transport, complex productivity, computer program, work management, mining mode, rock, technology.

### Введение

При работе крупных и средних карьеров возникает необходимость в регулировании режима горных работ, так как при отсутствии последнего пик производительности по вскрыше приходится на средний период срока эксплуатации и продолжается 2-3 года. Остальное время производительность по вскрыше планомерно растет, затем спадает, то есть в течение срока эксплуатации производительность по вскрыше не будет постоянной. При сроках эксплуатации карьеров 15 и более лет такие условия отработки неприемлемы в связи с необходимостью изменения количества оборудования вскрышного комплекса, параметрами вскрывающих выработок и другими сопутствующими факторами. Кроме того, ввиду небольшого периода работы с максимальной мощностью созданная мощная инфраструктура затем

эксплуатируется с неполной нагрузкой. Возникает необходимость в поиске технических решений, позволяющих более равномерно распределить объемы горной массы в течение срока эксплуатации.

В настоящее время известны два способа регулирования режима горных работ. Первый заключается в переносе времени отработки пиковых объемов вскрышных работ на более ранний период времени за счет их интенсификации на ранних этапах развития карьера. При втором способе производится перенос времени отработки пиковых объемов на более позднее время за счет организации временно нерабочих бортов (ВНБ)<sup>1</sup>. В сложных технико-экономических условиях, в которых сейчас находятся железорудные карьеры, технология ВНБ исчерпала свои возможности, а именно:

- практически все участки действующих карьеров находятся

в стадии заоткоски и организовать ВНБ уже попросту негде;

- под действием мирового финансового кризиса цены на продукцию падают практически до себестоимости, что приводит к необходимости замораживать дополнительные объемы вскрыши до момента стабилизации цены.

В ряде карьеров довольно давно и успешно применяется технология внутреннего отвалообразования, когда часть породы размещается в стационарных внутренних отвалах отработанной части карьера. Это имеет ряд неоспоримых преимуществ: снижение себестоимости за счет транспортных расходов; экономия отвальных площадей [1-3]. Однако применение внутренних временных отвалов с целью сокращения текущих расходов на фоне неблагоприятной рыночной ситуации еще не имело практической реализации и требует научного исследования<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Ракишев Б.Р., Молдабаев С.К. Ресурсосберегающие технологии на открытых горных работах. / Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ, 2015. – 152 с.

<sup>2</sup>Belyakov N. Selection of economic criteria for open pit development modeling. // AusIMM. – Carlton Victoria (Australia), 2013 (Desember). – Bulletin №6.

Эта технология позволит в процессе эксплуатации больших и средних карьеров более гибко перераспределять оперативные объемы вскрыши с возможностью относительно быстро возврата в работу останавливаемой части борта и возвращение карьера к нормальному режиму эксплуатации. При этом производится подготовка готовых к выемке запасов руды с извлечением породы во временный внутренний отвал с минимальным перемещением. После стабилизации цены временные объемы перевозятся во внешние отвалы.

Эта идея позволит снизить себестоимость добычи руды на период низкой цены на продукцию за счет уменьшения затрат на перевозку вскрыши и временно отказаться от организации громоздкого вскрышного перегрузочного склада в стесненной рабочей зоне. Однако основной недостаток состоит в том, что вскрыша подвергается двойной перевалке и, по сути, двойному отвалообразованию – сначала бульдозерному, затем экскаваторному. Поэтому необходимо провести исследования и выявить оптимальный комплекс экскаваторно-автомобильного оборудования для организации временных внутренних отвалов в рабочей зоне карьера и разработать систему автоматизации для оперативного управления работой горно-транспортного комплекса карьера.

#### Методы исследования

Цель настоящей статьи – разработка технологии регулирования режима горных работ путем создания временных внутренних отвалов, что достигается решением ряда задач (разработка и обоснование графиков режима горных работ с применением временных внутренних отвалов; разработка технологии формирования временных внутренних отвалов и схем работы оборудования; моделирование работы карьера при использовании временных внутренних отвалов).

Для достижения цели исследования использовался комплексный метод, включающий анализ

и обобщение научно-технической информации, теоретические исследования, математическое моделирование. В процессе работы создана компьютерная программа, позволяющая оценивать экономическую эффективность формирования временных внутренних отвалов и их параметры.

Теоретические исследования включали в себя: проведение горно-геометрического анализа и построение графиков влияния на режим горных работ создания временных внутренних отвалов; определение параметров отвала и выбор комплекса горного оборудования для их отсыпки и вывоза; проведение экономических расчетов с целью выявления пороговой цены на продукцию горного предприятия, при которой необходимо создавать временные отвалы или можно их ликвидировать.

Полученные технологические решения рекомендуются для практической реализации разработанной технологии с получением технико-экономических преимуществ<sup>3</sup> [4].

#### Результаты

Для выбора оптимального технологического комплекса «экскаватор – самосвал» или экскаваторно-автомобильного комплекса (ЭАК) вводятся ограничивающие параметры по показателям горно-технических условий работы:

- количество циклов при загрузке карьерного самосвала;
- количество экскаваторов на добычных и вскрышных работах.

При выборе комплекса максимально учитывалась общемировая практика загрузки карьерного самосвала в 3-5 циклов, а также рекомендации производителей российских карьерных экскаваторов, которые позиционируют как оптимальный диапазон в 4-6 циклов<sup>4</sup>.

При выборе экскаватора важным ограничительным критерием был показатель максимальной высоты черпания. Экскаваторы, рассматриваемые в сравнительном анализе, должны обеспечивать отработку уступов высотой 15 м. Также во внимание

было принято и то, что экскаватор должен обеспечивать свободную загрузку карьерного самосвала с учетом основных габаритных параметров, а именно, максимальной высоты разгрузки ковша экскаватора больше максимальной погрузочной высоты карьерного самосвала [5].

В линейке карьерных экскаваторов рассматривались современные и перспективные модели с электрическим приводом и вместимостью ковша от 11 м<sup>3</sup> до 34 м<sup>3</sup>, имеющие сертификаты соответствия и разрешение на применение, производимые как российскими, так и зарубежными предприятиями. Модели экскаваторов по производителям, рассмотренные в сравнительном анализе, представлены в табл. 1.

В линейке карьерных самосвалов рассматривались машины на жесткой раме с колесной формулой 4 × 2, имеющие сертификаты соответствия и разрешение на применение, представленные на мировом рынке горнодобывающего оборудования на момент проектирования, входящие в классы грузоподъемности от 90 т до 360 т таких мировых производителей, как БелАЗ, Komatsu, Caterpillar, Hitachi и Liebherr. Модели карьерных самосвалов по производителям, рассмотренные в сравнительном анализе, представлены в табл. 2. Для сравнения вариантов были приняты следующие исходные данные:

- дальность транспортирования скальной вскрыши определена в соответствии с текущим положением горных работ;
- средняя плотность скальных вскрышных пород в целике – 2,6 т/м<sup>3</sup>;
- режим работы – 350 рабочих дней в году, 2 смены по 12 ч.

В расчетах были учтены технологические простои оборудования, связанные с проведением массовых взрывов (4 ч в день).

Для определения производительности и парка оборудования были определены горнотехнические условия в соответствии с текущим положением горных работ на Качарском

<sup>3</sup>Кузьмин С.Л., Тюрбит А.Н. Экономическое обоснование применения временного внутреннего отвалообразования в карьерах. / Монография. – Рудный, 2020. – 92 с. ISBN 978-601-7994-26-6

<sup>4</sup>Трубецкой К.Н., Потапов М.П. Открытые горные работы. / Справочник. – М.: Горное бюро, 1994. – 567 с.

Таблица 1

*Модели экскаваторов, рассмотренные в сравнительном анализе*

*Кесте 1*

*Салыстырмалы талдауда қарастырылған экскаватор модельдері*

*Table 1*

*Models of excavators considered in the comparative analysis*

Марка	ИЗ-КАРТЭКС	Уралмашзавод	Caterpillar	Liebherr	Komatsu	Hitachi
Модель	ЭКГ-12К ЭКГ-15М ЭКГ-20К ЭКГ-20КМ	ЭКГ-12А ЭКГ-20 ЭКГ-35	6050AC FS 6060AC FS	R9250E R9400E	PC4000E PC5500E	EX3600E EX5600E

карьере. Предполагается, что вскрыша из общего объема 14800 тыс. м<sup>3</sup>, которая должна транспортироваться через склад на горизонте + 100 м на отвал №7, будет уложена во внутренний отвал в интервале отметок от (- 270) м до (- 30) м. Общая технологическая схема отработки вскрыши приведена на рис. 1. Горнотехнические условия для расчета оборудования приведены в табл. 3.

Необходимое оборудование, согласно расчету по показанной методике, приводится в табл. 4.

Для управления комплексом оборудования при создании временных внутренних отвалов необходимо определить пороговую себестоимость. Алгоритм определения пороговой себестоимости решает две последовательно распределенных во времени задачи:

- с одной стороны, определяется минимальная цена для начала применения технологии временного внутреннего отвалообразования;

- с другой, определяется минимальная цена для начала отработки временного внутреннего отвала.

На первый взгляд, эта «точка безубыточности», назовем ее условно так, для первого и второго случая одна и та же. Но, как говорилось выше, эти две задачи последовательно разнесены во времени, вследствие чего ситуация меняется под воздействием как внутренних технологических, так и внешних экономических факторов.

В ранее проведенных исследованиях приводилась технологическая схема функционирования карьера с применением технологии временного внутреннего отвалообразования. Технологические расчеты для технико-экономического обоснования были выполнены для трех участков

транспортирования: «забой – внутренний отвал», «внутренний отвал – перегрузочный склад», «перегрузочный склад – внешний отвал».

Поскольку речь идет о постоянно действующем карьере, который находится в постоянном развитии, вследствие чего изменяются горнотехнические условия отработки и транспортирования в том числе, изменению может подвергаться и транспортная схема на отрезке «внутренний отвал – внешний отвал», что меняет технико-экономические показатели транспортировки. Также в связи с изменением конфигурации отвалов или же введением в действие новых горнотехнических условия могут меняться и на участке «перегрузочный склад – внешний отвал».

Другой технологический фактор, оказывающий влияние на экономичность транспортирования, – внедрение новой техники. Возможно изменение показателей технической готовности оборудования из-за обновления парка оборудования и, как следствие, увеличения его производительности. При замене парка оборудования на крупноразмерное изменяется численность персонала и общая производительность комплекса, что также ведет к изменению экономических показателей. Такая тенденция прослеживается сейчас в мировом горнодобывающем секторе. В частности, в рассматриваемом в качестве примера при расчете технико-экономических показателей Качарском карьере в настоящее время проводятся работы по замене существующего парка самосвалов грузоподъемностью 130-180 т на более производительные самосвалы грузоподъемностью 220-240 т.

Практика показывает, что крупноразмерная техника имеет лучшие

техничко-экономические показатели в сравнении с оборудованием меньших размеров при большей его численности как с точки зрения технологии, так и диспетчеризации горных работ. Внедрение более производительных самосвалов с их появлением на рынке позволяет отказаться от применения комбинированного транспорта, а в этом случае, не только меняются горнотехнические условия, но и в целом технологии транспортирования и отработки карьера.

К внешним экономическим факторам относится колебание цен как на производимое сырье, так и на технику, запчасти, материалы и прочие затраты, влияющие на себестоимость продукции.

Таким образом, меняющаяся экономическая ситуация, стремление к оптимизации работы горного комплекса и поиск путей повышения производительности постоянно изменяют базовые показатели работы карьера.

В результате, на этапе принятия решения о ликвидации временного отвала решение задачи базируется уже на совершенно новых вводных данных. Задача определения времени ввода технологии временного внутреннего отвалообразования и определения момента отработки внутреннего отвала является многофакторной со многими технологическими и экономическими переменными. При этом, если говорить о временном внутреннем отвале, как об инструменте регулирования режима горных работ и, в конечном итоге, временного снижения себестоимости, такая задача должна решаться оперативно для своевременного принятия решения ввода-вывода временного внутреннего отвала.

При наличии современных цифровых технологий решение многих

как оперативных вопросов, так и вопросов среднесрочного и долгосрочного планирования отдано целевым или комплексным программным продуктам [6].

#### Обсуждение результатов

Современные программно-аппаратные комплексы, снабженные средствами позиционирования, уже давно решают задачи управления горным оборудованием всех производственных процессов. Современный уровень автоматизации позволяет покрывать всю технологическую цепочку, начиная от позиционирования буровых станков и контроля параметров бурения, соблюдения геометрии скважин, позиционирования выемочного оборудования при экскавации с учетом плановых объемов, направлений и качества полезного ископаемого, оптимизации расстояния транспортирования и снижения простоев техники, и заканчивая указаниями точек разгрузки для планового формирования отвалов. Все это сопровождается учетом объемов и качества добываемого сырья, количества вскрыши, наработки и простоев оборудования, контроля использования рабочего времени загрузки самосвалов и многих других параметров. Внедрение таких систем, как Modular, позволило значительно снизить простои оборудования и перепробеги транспорта.

При проектировании современные программные комплексы на основе алгоритма Лерча-Гроссмана дают экономическим границам карьера оптимальное направление развития горных работ во времени и пространстве. Множество программных продуктов позволяет в привязке к ситуации выполнять среднесрочное планирование производственных процессов, маркшейдерского обеспечения горных работ.

Применение технологии временного внутреннего отвалообразования позволяет путем регулирования режима горных работ оперативно осуществлять управление себестоимостью вскрышных работ, значит, и себестоимостью продукции через «включение – выключение» временного внутреннего отвала.

Рассматриваемая технология, как технология единовременного

#### Таблица 2 Модели карьерных самосвалов, рассмотренные в сравнительном анализе

Кесте 2

#### Салыстырмалы талдауда қарастырылған қарьерлік самосвалдардың модельдері

Table 2

#### Models of mining trucks considered in the comparative analysis

Марка	БелАЗ	Caterpillar	Komatsu	Hitachi	Liebherr	Terex
Модель	75570		HD785-7			
	75139	777E	HD1500-8			
	75170	785D	730E-8	EH1700-3		
	75180	789D	830E-1AC	EH3500AC-3	T 264	TR100
	75307	793D	860E-1K	EH4000AC-3	T 284	
	75313	794 AC	930E-4	EH5000AC-3		
	75320	797F	980E-4			
	75605					

Таблица 3

#### Горнотехнические условия для расчета оборудования

Кесте 3

#### Жабдықтарды есептеу үшін тау-кен техникалық шарттар

Table 3

#### Mining technical conditions for the calculation of equipment

Параметры	Значения
Производительность по вскрыше на рассматриваемый год, тыс. м <sup>3</sup> /год	14900
Объем породы, транспортируемый во внутренний отвал, тыс. м <sup>3</sup> /год	3500
Плотность скальной вскрыши, т/м <sup>3</sup>	2,6
Расстояние «забой – внутренний отвал – авто»:	
▪ максимальное	3700
▪ минимальное	400
▪ среднее	2050

Таблица 4

#### Парк оборудования для двух сценариев отработки объема вскрыши 3,5 млн м<sup>3</sup>/год

Кесте 4

#### 3,5 млн м<sup>3</sup>/жыл аршу көлемін игерудің екі сценарийіне арналған жабдық парк

Table 4

#### Equipment park for two scenarios of stripping volume 3,5 million m<sup>3</sup>/year

Объем работ и оборудование	Количество
Годовой объем работ, млн м <sup>3</sup> /год	3,5 × 10 <sup>6</sup>
Экскаватор ЭКГ-35 в забое	1
Автосамосвалы Белаз – 75307 (220 т) рабочий парк	3
Автосамосвалы Белаз – 75307 (220 т) инвентарный парк	3
Бульдозер Caterpillar-D10T*	1

применения в кризисный период, при создании программного продукта может получить принципиально новое применение. При наличии программных средств оперативного расчета себестоимости транспортирования на основе оперативно получаемых данных

о горнотехнических условиях, заложенных стоимостных эксплуатационных показателей, текущей цене реализации продукции данная технология может быть применена как оперативный инструмент выравнивания себестоимости в случае колебания цены или же временного

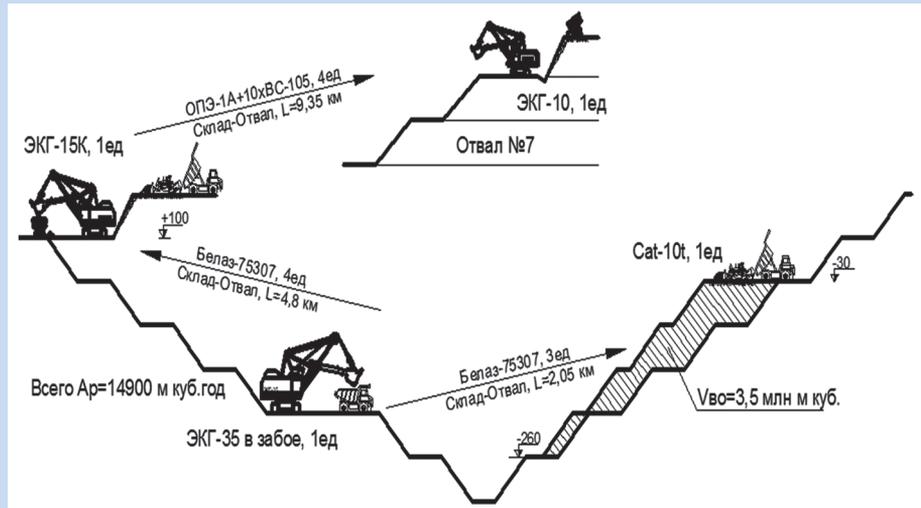
ухудшения горнотехнических условий. Такой программный инструмент может оперативно рекомендовать использование временного внутреннего отвала в случае достижения порогового уровня цены, при котором требуется снижение себестоимости, а также может являться одним из модулей программно-аппаратного комплекса «Умный карьер» и работать в сопряжении с Modular и другими смежными компонентами. В этом случае, порог цены не обязательно должен быть критическим, т. е. близким к себестоимости. Если программный комплекс позволит определять параметры в режиме реального времени, что избавит от необходимости специально выполнять расчет в конкретный момент, возможно установление промежуточных пороговых значений. Эти значения могут, например, характеризовать уровень прибыли, который находится в «зеленом», «желтом» и «красном» коридорах. Уровни критичности могут устанавливаться владельцем компании в зависимости от влияния на экономику того или иного падения цены.

Скажем, для примера при норме прибыли в 30%:

- падение прибыли до 10% не влияет на работу (зеленый коридор);
- падение на 10-20% оказывает существенное влияние и требует снижения себестоимости (желтый коридор);
- падение цены более чем на 20% требует серьезного снижения себестоимости (красный коридор).

Работа в зеленом коридоре прибыли не требует вмешательства в технологию и на практике может соответствовать естественному колебанию цены на сырьевом рынке.

Желтый коридор соответствует уровню цены, которая уже влияет на реализацию планов компании в ближней перспективе, например на инвестиционную программу, включающую обновление оборудования.



**Рис. 1. Технологическая схема отработки вскрыши на Качарском карьере. Сурет 1. Қашар қарьерінде аршуды қазудың технологиялық схемасы. Figure 1. Technological scheme of overburden mining at the Kacharsky open pit.**

В этом случае, возможно, потребуются создание временных внутренних отвалов относительно небольшой емкости, для которых могут использоваться временно неиспользуемые площадки в карьере, если таковые, конечно, имеются. Либо возможно использование нескольких площадок для временного складирования пустой породы, в том числе, на поверхности отвала. Не следует забывать при этом, что внутренний отвал влечет за собой дополнительную погрузку-разгрузку при его отработке, и с учетом этих затрат складирование небольших объемов может не оказать положительного экономического эффекта и может применяться только при уверенности в дальнейшем значительном росте цены.

Красный коридор характеризуется значением цены, близкой к себестоимости, и, соответственно, прибыли, стремящейся к нулевой. Такая ситуация требует создания временных отвалов значительной емкости на продолжительный период и реализации всех возможных мер по снижению себестоимости в данный период.

Программный комплекс может давать такой сигнал не только для

использования временного внутреннего отвала, но и применения любых других средств снижения себестоимости, вплоть до прекращения реализации продукции во избежание продажи в убыток. Иначе говоря, программный комплекс сигнализирует о критическом уровне прибыли, близкой к нулю, и дает пользователю команду на применение всех возможных мер по снижению себестоимости.

#### Заключение

В результате выполненной работы разработана технология регулирования режима горных работ путем применения временных внутренних отвалов. Разработана компьютерная программа, позволяющая определять время задействования временного внутреннего отвала, время перехода на нормальный режим работы с внешним отвалообразованием и время отработки временного внутреннего отвала в зависимости от изменения цены на поставляемое сырье, при этом циклический алгоритм работы позволяет определить объем отправляемой во внутренний отвал породы с точностью, кратной грузоподъемности используемого самосвала, и работать в режиме отслеживания меняющихся входных параметров.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Саканцев Г.Г., Ческидов В.И. Установление области применения внутреннего отвалообразования при открытой разработке крутопадающих месторождений полезных ископаемых. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – №3. – С. 87-95. (на русском языке)

2. Курленя М.В., Медведев М.Л., Колдырев Ю.И., Кисляков В.Е. Технология разработки нижней части карьерного поля с внутренним отвалообразованием на крутопадающих месторождениях. // ГИАБ. – М.: МГГУ, 2008. – №9. – С. 214-223. (на русском языке)
3. Пшеничный В.Г., Пыжик Н.Н. Методика оптимизации режимов добычных, вскрышных и внутрикарьерных отвальных работ с учетом их взаимосвязи при разработке крутопадающих месторождений с применением технологии внутреннего отвалообразования. // Вестник Криворожского Национального Университета. – 2014. – Вып. 37 – С. 18-22. (на русском языке)
4. Кузьмин С.Л., Фионин Е.А., Искаков Р.Ж. Разработка требований к организации в глубоких карьерах временных внутренних отвалов для регулирования режима горных работ. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2019. – №6. – С. 18-22. (на русском языке)
5. Vyueykova O., Sladkowski A., Stolpovskikh I., Akhmetova M. Рационализация автотранспортной части для перевозки горных пород в открытых горных выработках. // Транспортные проблемы. – 2016. – Т. 11. – Вып. 1. – С. 79-86. (на английском языке)
6. Zarubin M., Statsenko L., Zarubin, V., Fionin E. Разработка информационных систем графиков эксплуатации для стабилизации сорта полезного ископаемого. // Добыча полезных ископаемых. – 2017. – Т. 11. – Вып. 4. – С. 59-70. (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Саканцев Г.Г., Ческидов В.И. Тік құлама пайдалы қазбалар кен орындарын ашық игеру кезінде ішкі үйінділеудің қолдану саласын белгілеу. // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. – 2014. – №3. – Б.87-95. (орыс тілінде)
2. Курленя М.В., Медведев М.Л., Колдырев Ю.И., Кисляков В.Е. Тік құламалы кен орындарында ішкі үйінділеумен карьерлік алаңның төменгі бөлігін игеру технологиясы. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – М.: ММТУ, 2008. – №9. – Б. 214-223. (орыс тілінде)
3. Пшеничный В.Г., Пыжик Н.Н. Тік құламалы кен орындарын игеру кезіндегі өзара байланысын ескере отырып, ішкі үйінділеу технологиясын қолдана отырып, өндіру, аршу және карьерішілік үйінді жұмыстарының режимдерін оңтайландыру әдістемесі. // Криворожье Ұлттық Университетінің Хабаршысы. – 2014. – Шығ. 37. – Б. 18-22. (орыс тілінде)
4. Кузьмин С.Л., Фионин Е.А., Искаков Р.Ж. Терең карьерлерде тау-кен жұмыстарының режимін реттеу үшін уақытша ішкі үйінділерін ұйымдастыруға қойылатын талаптарды әзірлеу // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2019. – №6. – Б. 18-22. (орыс тілінде)
5. Vyueykova O., Sladkowski A., Stolpovskikh I., Akhmetova M. Ашық тау-кен қазбаларында тау-кен жыныстарын тасымалдау үшін автокөлік бөлігін ұтымды ету. // Көлік мәселелері. – 2016. – Т. 11. – Шығ. 1. – Б. 79-86. (ағылшын тілінде)
6. Zarubin M., Statsenko L., Zarubin, V., Fionin E. Пайдалы қазбалардың алуан түрін тұрақтандыру үшін пайдалану кестелерінің ақпараттық жүйелерін әзірлеу. // Пайдалы қазбаларды өндіру. – 2017. – Т. 11. – Шығ. 4. – Б. 59-70. (ағылшын тілінде)

#### REFERENCES

1. Sakantsev G.G., Cheskidov V.I. Establishing the field of application of internal dumping in open-pit mining of steeply dipping mineral deposits // Physical and technical problems of mining. – 2014. – №3. – P. 87-95. (in Russian)
2. Kurlenya M.V., Medvedev M.L., Koldyrev Yu.I., Kislyakov V.E. Technology of development of the lower part of a quarry field with internal dumping at steeply dipping deposits. // Mining information and analytical bulletin. – M.: MGGU, 2008. – №9. – P. 214-223. (in Russian)
3. Pshenichny V.G., Pyzhik N.N. Methods for optimizing the schedule of mining, stripping and intra-pit dumping operations, taking into account their relationship in the development of steeply dipping deposits using the technology of internal dumping. // Bulletin of Krivoy Rog National University. – 2014. – Issue 37. – P. 18-22. (in Russian)
4. Kuzmin S.L., Fionin E.A., Isakov R.Zh. Development of requirements for the organization of temporary internal dumps in deep open pits to regulate the mining regime. // Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2019. – №6. – P. 18-22. (in Russian)

5. *Vuyeykova O., Sladkowski A., Stolpovskikh I., Akhmetova M. Rationalization of road transport part for the carriage of mining rocks in the open mines. // Transport Problems. – 2016. – Vol. 11. – Issue 1. – P. 79-86. (in English)*
6. *Zarubin M., Statsenko L., Zarubin, V., Fionin E. Developing information systems of operation schedules to stabilize the grade of a mineral. // Mining of Mineral Deposits. – 2017. – Vol. 11. – Issue 4. – P. 59-70. (in English)*

**Сведения об авторах:**

**Кузьмин С.Л.**, канд. техн. наук, декан горно-металлургического факультета Некоммерческого акционерного общества «Рудненский индустриальный институт» (г. Рудный, Казахстан), [decan\\_2008@mail.ru](mailto:decan_2008@mail.ru)

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Кузьмин С.Л.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Рудный индустриялық институты» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, тау-кен металлургия факультетінің деканы (Рудный қ., Қазақстан), [decan\\_2008@mail.ru](mailto:decan_2008@mail.ru)

**Information about the authors:**

**Kuzmin S.L.**, Candidate of Technical Sciences, Dean at the Mining and Metallurgy Faculty of the Non-Profit Joint-Stock Company «Rudny Industrial Institute» (Rudny, Kazakhstan), [decan\\_2008@mail.ru](mailto:decan_2008@mail.ru)



## Иновационные решения и доказанная эффективность

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

### Изнашиваемые детали для мельниц

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

- Стальные
- Резиновые
- Композитные

### Мелющие тела

Кованые мелющие тела высочайшего качества для всех видов мельниц

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

### Износостойкие брони для дробилок

Изнашиваемые детали для первичного, вторичного и третичного дробления

- Гиравационные дробилки
- Щековые дробилки
- Конусные дробилки





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

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

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

Основные направления работы конференции:

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

Заявки на участие принимаются по электронной почте [conf@goi.kolasc.net.ru](mailto:conf@goi.kolasc.net.ru)

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



Код МРНТИ 38.61.19

П.Н. Мавлянов<sup>1</sup>, Г.Н. Мавлянов<sup>2</sup><sup>1</sup>Институт гидрогеологии и инженерной геологии Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан),<sup>2</sup>Ташкентский Государственный национальный университет Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан)

## ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ КРЕМНИСТЫХ ВОД ПРИТАШКЕНТСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

**Аннотация.** Состав кремнистых подземных вод Приташкентского бассейна формируется в зависимости от металлогенических показателей водосборных территорий и изменяется в результате химической, механической и биологической переработки горных пород. В химических показателях вод, кроме традиционных ионов и катионов, присутствуют диоксид кремния, ортокремниевая кислота, благородные, цветные, редкие и редкоземельные элементы. Макро- и микроэлементы воды формируются в зависимости от минерального состава, литологии и металлоносности территории водосбора. Искусственно приготовленные воды на кремнии и сердолике из-за повышенного содержания редких и редкоземельных элементов имеют широкие перспективы и представляют научно-практический интерес.

**Ключевые слова:** поверхностные и подземные кремнистые воды, химический состав, кремний, сердолик, редкие и рассеянные элементы, редкоземельные элементы.

### Ташкент маңындағы артезиан бассейнінің табиғи және жасанды кремнийлі суларының геохимиялық сипаттамасы

**Андатпа.** Ташкент маңындағы артезиан бассейнінің кремнийлі жер асты суларының құрамы (сапалық және сандық) су жинау аумақтарының металлогендік көрсеткіштеріне байланысты қалыптасады және тау жыныстарын химиялық, механикалық және биологиялық өңдеу нәтижесінде өзгереді. Судың химиялық көрсеткіштерінде дәстүрлі иондар мен катиондардан басқа кремний диоксиді, ортокремний қышқылы, асыл, түрлі-түсті, сирек кездесетін және сирек кездесетін жер элементтері бар. Судың макро- және микроэлементтері су жинау аумағының минералды құрамына, литологиясына және металдылығына байланысты қалыптасады. Кремний мен карнелдегі жасанды түрде дайындалған сулар сирек кездесетін және сирек кездесетін элементтердің көп болуына байланысты кең перспективаларға ие және ғылыми-практикалық қызығушылық тудырады.

**Түйінді сөздер:** жер үсті және жер асты сулары, химиялық құрамы, кремний, карнел, сирек элементтер, сирек жер элементтері.

### Geochemical characteristics of natural and artificial siliceous waters of the Pritashkent Artesian basin

**Abstract.** The composition of siliceous underground waters of the Pritashkent basin is formed depending on the metallogenic indicators of the catchment areas and changes as a result of chemical, mechanical and biological processing of rocks. In the chemical parameters of water, in addition to traditional ions and cations, there are silicon dioxide, orthosilicic acid, noble, non-ferrous, rare and rare earth elements. Macro- and microelements of water are formed depending on the mineral composition, lithology and metal content of the catchment area. Artificially prepared waters based on silicon and carnelian due to the high content of rare and rare earth elements have broad prospects and are of scientific and practical interest.

**Key words:** surface and underground waters, chemical composition, silicon, carnelian, metallogenic parameters, rare earth elements, silicon dioxide, orthosilicic acid, catchment area, macro- and microelement.

### Введение

Поверхностные и подземные воды Приташкентского района по содержанию кремнезема подвергаются неустойчивым изменениям (табл. 1) [2, 3].

Минерализация воды и общая гидрохимическая зональность формируются по мере удаления от областей питания и связаны с атмосферными осадками, снеготаянием в высокогорном поясе. Низкогорные и предгорные ландшафтные зоны, в сравнении с высокогорными и среднегорными, характеризуются более замедленными показателями водообмена. Сульфатность вод, а также содержание Mg, Na и других компонентов в них возрастают от высокогорных ландшафтов в сторону средне- и нижнегорных.

Присутствие в валовом составе природных вод высокогорных ландшафтов кремнезема – это следствие «механического» выветривания горных пород и минералов. В водах среднегорной части валовое содержание кремнезема связывается с относительной интенсификацией химического и биологического выветривания коренных пород вулканоплутонических ассоциаций, пород осадочного и метаморфогенного происхождения. Преобладание кремнезема в водах низкогорных ландшафтов связывают с ростом химической и биологической активности переработки горных пород, их эпигенных продуктов. Мобилизация кремнезема в сферу биологической деятельности сопровождается воздействием на эколого-физиологические

показатели элементов<sup>1</sup>, экологическое состояние окружающей среды.

На Приташкентской горнорудной территории прибрежно-морские (литоральные) отложения кремневых пород верхнеэссенеца-нижнеолигоцена ( $P_2^3-P_3^1$ ) (Юсупташ, Апартак-Ангренский буроугольный карьер, Сукок, Майское, Таваксай, Азатбаш, Красный водопад и другие) представлены кварцево-песчано-гравийными горизонтами (фракции от менее 5-20 мм до 20-70 мм и более) и состоят из набора минералов семейства кварца, халцедона, опала в сочетании кремниями, яшмами и другими. Матрицы обломочного кремния и сердолика сложены микроволокнистым халцедоном на опаловом субстрате в присутствии органических включений из остатков спикулы губок, иглокожих

<sup>1</sup>Коган Б.И. Редкие металлы. – М.: Наука, 1978. – 346 с.

Таблица 1

Распределение кремнезема в поверхностных и подземных водах по вертикально-ландшафтным зонам

Кесте 1

Кремнеземді жер үсті және жер асты суларында тік-ландшафтық аймақтар бойынша бөлу

Table 1

Distribution of silica in surface and underground waters by vertical landscape zones

Вертикальные ландшафтные зоны (пояса)	Химический состав вод	Минерализация, г/л	pH и содержание кремния, мг/л	
			pH	содержание кремния, мг/л
Высокогорное: абс. отм. 2200-3070 м абс. отм. 2200-2400 м	Гидрокарбонатно-кальциево-магниевый	0,05-0,07	7,10	0,10-75,20
	Гидрокарбонатно-кальциевый	0,07-0,10	7,20	3,30-42,14
Среднегорные: абс. отм. 1400-2200 м	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевый	0,20-0,30	7,70	7,20-29,50
Низкогорные и предгорные: абс. отм. от 1400 м и меньше	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевый	0,40-0,50	7,80-7,90	8,40-126,30

Таблица 2

Анализ водной экстракции гранитоидов

Кесте 2

Гранитоидтардың су экстракциясын талдау

Table 2

Analysis of water extraction of granitoids

Ионы	Общая минерализация, г/л	pH	Содержание, мг/л		
			минимальное	максимальное	среднее
F	0,03...0,50	5,2...8,6	Менее 0,1	12,0	0,60
Cl			Менее 0,1	51,0	5,80
SO <sub>4</sub>			1,0	91,0	11,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			3,0	143,0	35,8

и других; содержит включения Fe – Si-Au (окиси и гидроокиси Fe, Mn), микродисперсные глинистые (монтмориллонитовые) компоненты и органические остатки (кластерные размерности).

Природные воды, омывающие породы верхнепалеозойской вулканоплутонической ассоциации (Приташкентский район, Чаткало-Кураминская активная континентальная окраина) экстрагируют и обогащаются ионами гидрокарбоната, сульфата, хлора, фтора [4]. На

долю перешедшего гидрокарбоната приходится до 30-150 мг/л, сульфат-иона – примерно 15-20 мг/л, хлор-иона – до 20-50 мг/л. Гидролиз породообразующих и нерудных минералов, а также руд воздействует на углекислотность, сульфато- и хлорноватость вод на фоне более глубокого выветривания коренных горных пород. Биологические факторы<sup>2, 3</sup> являются наиболее важными в выветривании горных пород и руд, последующей минерализации поверхностных и подземных вод.

В природных поверхностных и подземных водах кремнезем присутствует в форме монокремниевых MnSiO<sub>4</sub> и других (pH вод меньше 9) соединений; кремниевая кислота [5] диссоциирует на ионы только при pH выше 9. В большинстве природных вод практически не устанавливается присутствие коллоидных фракций кремнезема (гели). Выветривание горных пород обогащает омывающие воды незначительным количеством кремнезема. Кремнезем при температуре воды 18-25°C

<sup>2</sup>Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поверенных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1970 – 280 с.

<sup>3</sup>Юсупов Р.Г. Поведение Au, Mn и F в современной коре выветривания гранитоидов междуручья Гова и Ахангарана (УзССР). // Автореф. дисс... канд. геол.-минерал. наук. – Ташкент: ТашГУ, 1970. – 30 с.

Таблица 3

Содержание элементов примесей в водной экстракции на природных кремнии и сердолике, мкг/л

Кесте 3

Табиғи кремний мен карнельдердегі су экстракциясындағы қоспалар элементтерінің құрамы, мкг/л

Table 3

Content of impurity elements in water extraction on natural flints and carnelian, mcg/l

Элементы	Номера проб: коэффициент экстракции элементов – «примесей»						$\bar{X}_r$ (сумма на 100%)	$K_k$ – коэффициент концентрации водной экстракции	
	Водная экстракция кремния			Водная экстракция сердолика				из кремния	из сердолика
	170-1	170-3	$X_k$	170-2	170-4	$\bar{X}_c$ средний			
Fe	35,80	15,70	25,75	29,10	51,50	40,30	0,01	3,60	4,00
Mn	3,76	0,62	2,19	1,7	5,34	3,37	0,002	1,1	1,7
Co	0,03	0,03	0,03	0,05	0,10	0,08	0,0005	0,06	0,16
Ni	0,26	0,08	0,17	0,83	0,19	0,51	0,002	0,10	0,30
Ca	13870	13304	13587	11433	26321	18877	408	0,03	0,05
Mg	675	3438	2057	730	4208	2469	1297	0,002	0,002
K	392	668	530	579	1091	835	387	0,001	0,002
Na	403	1609	1006	1493	1679	1586	10354	–	–
P	25,6	10,6	18,1	14,1	48,4	31,25	0,07	0,30	0,50
Cu	1,09	0,74	0,92	1,61	2,10	1,86	0,003	0,30	0,60
Mo	1,34	2,90	2,12	0,16	2,83	1,50	0,01	0,20	0,20
Re	–	0,01	0,01	–	0,01	0,01	–	–	–
Zn	0,31	0,45	0,38	0,36	2,69	1,53	0,01	0,04	0,20
V	1,84	1,80	1,82	1,23	1,32	1,28	0,003	0,60	0,40
Cr	6,34	8,26	7,30	4,88	3,57	4,23	0,0002	365	212
Ti	0,19	0,24	0,22	0,10	0,70	0,4	0,001	0,1	0,40
Au	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,000004	5,0	2,5
Ag	0,02	0,002	0,011	0,04	0,07	0,06	0,0003	0,04	0,02
J	3,09	2,51	2,80	3,01	6,96	5,00	0,05	0,06	0,10
Br	5,87	11,9	8,89	4,48	12,20	8,34	65,0	–	–
Li	0,48	2,34	1,41	1,22	2,02	1,62	0,15	0,01	0,01
Rb	0,46	0,81	0,64	0,44	1,21	0,83	0,2	0,003	0,004
Cs	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00037	0,12	0,12
Ba	18,4	40,9	29,65	9,69	47,20	28,45	0,02	1,50	1,42
Sr	52,5	124,0	88,25	73,4	135,0	104,0	8,0	0,01	0,01
Zr	0,01	0,01	0,01	0,04	0,06	0,05	0,00005	0,20	1,00
W	16,20	9,20	12,70	5,26	5,23	5,24	0,1	0,13	0,05
Nb	0,01	0,01	0,01	0,003	0,01	0,01	0,00001	1,00	1,00
Ta	0,002	0,008	0,005	–	0,003	0,002	–	–	–
Sn	0,03	0,03	0,03	0,02	0,27	0,15	0,003	0,01	0,05

Примечание: ИСР-анализ проведен в ГП НПП «Геология гидроминеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз. Водная экстракция кремния (проба 170-1, 170-3), сердолика (170-2, 170-4). Из проб 170-3 и 170-4 экстракция проводилась с кипячением на дистиллированной воде.  $X_k$ ,  $X_c$ ,  $X_r$  – средние значения в водных экстрактах на кремнии ( $X_k$ ), сердолике ( $X_c$ ) и среднее значение гидросферы ( $X_r$ ).

растворяется до 0,012-0,014% [4] с образованием молекулярной (диспергированной) формы (истинный раствор). Кристаллическая форма кремнезема (собственно кварц), по сравнению с его аморфной формой, при обычных температурах воды растворяется в десять раз медленнее [6] (до 2,5-10 мг/л). В водах, кроме истинных растворов, образуются взвеси (весьма тонкие кластеры – например, *Au* и другие).

### Исследования и результаты

#### Искусственные растворы – водная экстракция гранитоидных пород, минералов кремния

В табл. 2 приводятся количественное содержание ионов *F*, *Cl*, *SO<sub>4</sub>*, *P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>* и других в дистиллированной воде после 10-дневных настоев (Т:Ж = 1:10; *t* = 25°C; 900 определений) на гранитоидных породах и минералах кремния (кварц, халцедон, кремень, сердолик и т. д.), отобранных авторами в Приташкентском горнорудном районе (Чаткал-Кураминская зона).

Экспериментально установлено, что продолжительная во времени водная экстракция гранитных пород сопровождается подщелачиванием раствора. Сдвиг *pH* раствора – признак начала гидролиза минеральных составов горной породы (биотиты, амфиболы, пироксеты, полевые шпаты и некоторые акцессорные минералы – апатиты, магнититы, монациты и другие). У.Д. Келлер<sup>4</sup> с явлением гидролиза минеральных компонентов горных пород связывает накопление в водах глинистых и других автогенных минералов, связыванием природными водами выветривающихся минеральных компонентов.

Результаты анализа водной экстракции кремния и сердолика служат показателями присутствия ионно-катионных компонентов, а также значения жесткости, окисляемости, *pH* и других свойств. Лечебно-профилактические показатели природного кремния [4] наследуют так называемые «кремниевые воды» (водный дистиллированный экстракт на кремнии или халцедоне, или сердолике).

Малые (рассеянные) элементы (табл. 3) заимствуются дистиллированной водой из минералов (образцы кремния и сердолика из верхнеэоцен-нижнеолигоценых литоральных отложений, Юсупташ на Ангреномском плато); состоят из комплексов благородных металлов, элементов семейства железа, редкометалльных и редкоземельных элементов (табл. 4).

### Обсуждение результатов

Анализ результатов химического состава искусственно приготовленных вод показал, что содержание *SiO<sub>2</sub>* составило 8,0 мг/л, а это не позволяет отнести их к кремнийсодержащим, т. к. по стандарту содержание *SiO<sub>2</sub>* в них должно составлять не менее 50 мг/л.

Определенный интерес представляют минералогические и геохимические связи собственно кремния (сердолика)<sup>3,4</sup> с компонентным составом вод, и их происхождением (механизмы осаждения и адсорбции кремнезема, явления диагенеза с формированием кремнеземистых органических остатков). В минеральных составах кремния (сердолика) присутствует включения *Fe-Si-Au* (*Ag*) (окиси, гидроокиси, *Fe*, *Mn*), микродисперсные (кластерной природы, от менее 100 нм и более) включения глинистого (монтмориллониты) и органического вещества (носители благородных металлов – *Au*, *Ag*, *Pt*, *Pd*, *Rh*, редкометалльных и редкоземельных компонентов).

Экспериментальные исследования (табл. 3) позволили рассчитать коэффициент дистиллированной водной экстракции  $K_{\kappa}$ . Высокие значения характерны для *Cr* (212-365), *Fe* (3,6-4,0), *Mn* (1,10-1,70), *Au* (2,5-5,0). Это главные элементы химического состава водной экстракции природных кремния и сердолика. В этой связи можно сделать выводы об их биохимическом, лечебном и эколого-физиологическом статусах и положительном воздействии на организм человека<sup>5</sup> [5].

По результатам анализа химических составов водных экстракций кремния и сердолика, связанных

с интенсивностью накопления в водах малых (рассеянных) элементов, получены расчетные для каждого элемента коэффициенты  $K_{\kappa}$  и ряды их накопления [5].

**I. Кремний:**  ${}^4Cr^- - ({}^1Au^+ {}^14Fe^+) - {}^3Si^- - {}^7Ba^+ - ({}^1Mn^-, {}^1Nb^+) - {}^2V^- - {}^3Zr - {}^2Cu^+ - {}^7Mo^- - {}^5Ti - ({}^5Ni^+, {}^1Co^+) - {}^1J^+ - {}^3Zn^+, {}^2Ag^+ - ({}^6Ca^+ - {}^4Sr^+) - ({}^{10}Sn^-, {}^2Li^-) - ({}^3K^-, {}^2Rb^-) - \dots$

**II. Сердолик:**  ${}^4Cr^- - ({}^4Fe^+, {}^1Au^+) - {}^3Si^- - {}^1Mn^- - {}^7Ba^+ - ({}^5Zn^-, {}^1Nb^-) - {}^2Cu^+ - ({}^5Ti^-, {}^{12}V^-) - {}^5Ni^+ - {}^5Zn^+, {}^1Co^+ - {}^7Mo^- - {}^1Cs^- - {}^1J^+ - {}^6Ca^+ - ({}^{10}Sn, W^-) - {}^2Ag^+ - {}^4Sr^+ - ({}^2Li^-, {}^2Rb^-) - {}^3Mg^+ - {}^3K^- - \dots$

Здесь<sup>4,5</sup> количество устойчивых изотопов элемента: (–) – внизу, (+) – правое, (–) – левое вращение.

В природных водах семейство *Fe* тесно ассоциирует с *Au*, а ионы *Cr* – с сопутствующим *Ba*. Наиболее низкие содержания принадлежат *Ca*, *Mg*, *Sr*, *K*, *Rb*, их водная экстракция из кремния (I) и сердолика (II) со сравнительно высокими значениями экстракции *Cr*, *Fe*, *Mn*, *Ba* служат показателями на насыщенность ими экспериментальной водной вытяжки.

В водной экстракции кремния (I) и сердолика (II) постоянно присутствуют редкоземельные элементы (REE) в сочетании с натрием, скандием, ураном, торием. «Кремниевым водам» из кремния и сердолика характерны высокие показатели  $K_{\kappa}$  – водной экстракции REE:

**I. Кремний:**  $- Nd - (Ce, Er)] - (Pr, Dy, La) - (Eu, Yb, Tm) - Sc, Cd, Lu - Th - (Y, U) - \dots$

**II. Сердолик:**  $- Nd - [Ce - Pr - (La, Gd)] - (Eu, Ho, Dy) - Sc - Lu - Th - {}^3U^- - {}^6Y^- \dots$

Все редкоземельные элементы, натрия, скандий, уран и торий принадлежат к левовращающимся, причем *Sc* и *Th* – моноизотопы, *U* – триизотоп, *Y* – гексаизотоп, *Ce* и другие REE – тетраизотопы.

Б.И. Коган<sup>1</sup> REE рассматривает как «очень важные элементы» (III), из них *La*, *Ce*, *Pr* и *Nd* – компоненты для производства стекла (лантановые и другие оптические стекла жаропрочные, устойчивые

<sup>4</sup>Келлер У.Д. Основы химического выветривания: сборник ст. под ред. А.Б. Рогова. – М., 1963.

<sup>5</sup>Ладожская С. Кремний. Элемент жизни. – СПб.: Диалог, 2004. – 94 с.

Таблица 4  
Редкоземельные элементы, иттрий (сумма REE + Y, 100%), скандий, уран и торий (мкг/л) в конденсированной водной экстракции на кремнии и сердолике

Кесте 4  
Сирек жер элементтері, иттрий (REE + Y қосындысы, 100%), скандий, уран және торий (мкг/л) кремний мен карнельде конденсацияланған сулы экстракцияда

Table 4  
Rare earth elements, yttrium (sum of REE + Y, 100%), scandium, uranium, and thorium (mcg/l) in condensed water extraction on flints and carnelian

Элементы	Номера проб: коэффициент экстракции элементов – «примесей»						$\bar{X}_r$ (сумма на 100%)	$K_k$ – коэффициент концентрации водной экстракции	
	Водная экстракция кремния			Водная экстракция сердолика				из кремния	из сердолика
	170-1	170-3	$X_k$	170-2	170-4	$\bar{X}_c$ средний			
<b>Се-земли</b>									
La	22,72	4,41	13,57	21,62	7,77	14,7	0,93	14,6	15,8
Ce	36,36	8,09	22,23	21,62	27,79	24,71	0,42	52,9	58,8
Pr	5,56	1,47	3,01	5,41	3,33	4,37	0,19	15,8	23,0
Nd	–	72,79	36,4	29,73	25,55	27,01	0,07	520,0	385,9
Sm	–	–	–	–	–	–	0,14	–	–
<b>Tb-земли</b>									
Eu	3,20	3,68	3,44	–	5,56	2,78	0,35	9,8	7,9
Gd	1,35	–	0,68	–	4,44	2,22	0,20	3,4	11,1
Tb	–	0,73	0,37	2,70	1,10	1,90	–	–	–
<b>Er-земли</b>									
Dy	4,55	2,95	3,75	–	3,35	1,68	0,24	15,6	7,0
Ho	–	–	–	–	1,10	0,55	0,07	–	7,9
Er	13,63	–	6,82	–	–	–	0,19	35,9	–
Tm	–	0,73	0,36	–	–	–	0,05	7,2	–
<b>Yb-земли</b>									
Yb	3,00	–	1,50	–	–	–	0,17	8,8	–
Sc	0,084	0,323	0,204	0,128	0,253	0,191	0,040	5,1	4,8
Th	0,012	0,005	0,009	0,011	0,011	0,011	0,700	1,4	1,4
U	0,133	0,316	0,225	0,134	1,860	0,997	3,000	0,1	0,3
REE, мкг/л	0,021	0,126	0,074	0,037	0,090	0,061			
REE Ce	0,014	0,109	0,062	0,029	0,058	0,044			
REEy	0,007	0,017	0,012	0,008	0,032	0,020			

к радиации и пропусканию УФ-лучей), соединений для радиоэлектроники;  $Ce^{144}$  используется в изотопных источниках тока для космических аппаратов;  $Er$  – для поглощения нейтронов в портативных атомных реакторах, изготовления люминофоров, применяемых на телевидении. В природе REE присутствуют повсеместно<sup>3</sup>, они находятся в тканях растений, животных, человека. Следует отметить, что важная роль в развитии и росте костей отводится наличию  $La$  в костной ткани в очень малой концентрации.

Кремниевая вода [5] с комплексом REE, натрием, скандием, ураном и торием (табл. 6) подавляет бактерии, вызывающие брожение, выводит погибшую болезнетворную микрофлору и микроорганизмы. Кремний в организме осаждает «тяжелые» ( $Pb, Mg, Sr, Cd, Zn, Fe, Cs$ ) металлы, нейтрализует хлор, выводит фенольные и нитратные соединения, сорбирует радионуклиды, подавляет размножение грибка, бактерий, водорослей, паразитов, простейших, уничтожая их.

Кремниевая вода для организма наиболее физиологична, улучшает обмен веществ, способствует всасыванию кальция, стимулирует рост костей; укрепляет кровеносные сосуды, хрящи, сухожилия, улучшает состояние кожного покрова, ногтей и волос, уменьшает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Большой изотонический ряд REE набора<sup>4</sup> состоит из 30-ти элементов ( $Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, (-) Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, (-) Jr, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Rd, Ac, Th, Pa$ ). «Торсионный портрет» изотонизма REE формируется на межъядерных (нейтронных) связях и зависит от количества нейтронов в ядрах каждого элемента. В теории физического вакуума твердым телам (минералам) отводится высокая относительная информативность, энергетичность с их первичными торсионными полями, создаваемыми вращением частиц ( $REE, Y, Sc, Th, U$  – левовращающиеся со знаком «минус»), из которых они состоят.

#### Выводы

1. Компоненты природных поверхностных и подземных вод – продукты физического, биологического и химического выветривания горных пород и минералов – значительно изменяют химический состав (природные, вертикальные, ландшафтные, химические стратификации):

а) химическое выветривание горных пород и минералов способствует обогащению вод монокремниевой формой кремнезема ( $H_4SiO_4$ );

б) механическое выветривание обеспечивает в составах вод наличие молекулярно диспергированных кластерно-минеральных форм (кварц, полевые шпаты, цирконий, золото и другие элементы);

с) биологическая переработка минералов кремния горных пород микроорганизмами с охватом фитолитариев способствует присутствию в водах аморфной (коллоидальной) формы.

2. Экспериментальные исследования по обогащению поверхностных и подземных вод кремнеземом и комплексом сопутствующих элементов производились путем водной экстракции (конденсирования) на кремнии и сердолике (табл. 3 и 4). Их результаты согласуются с материалами<sup>2</sup> [4] по растворимости аморфного кремнезема в схожей, искусственно созданной природной геологической обстановке. REE способствуют росту урожайности и развитию сельскохозяйственных культур.

3. Анализ полученных результатов показывает, что искусственно приготовленные воды на природных минералах (кремнии и сердолике) в лечебно-профилактических целях имеют широкие перспективные и представляют научно-практический интерес. Их применение будет способствовать переходу на биодинамический способ производства сельхозпродукции, «облагораживанию» посевных земель на основе более широкого использования природных агроминеральных пород и руд (фосфориты, селадониты, глаукониты, бентониты и другие) без их предварительной химической переработки.

*Авторы работали под руководством ныне покойного кандидата геолого-минералогических наук, старшего научного сотрудника Рустама Гумеровича Юсупова и эта статья является развитием его идей. Мы выражаем искреннюю признательность профессору Мавляновой Шахнозе Закировне за постоянную поддержку и помощь в нашей работе.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдумуминов Ш.А. Сердолики верхнеэоцен-нижнеолигоценовых прибрежно-морских отложений (Приташкентский район, Узбекистан). // Геология и минеральные ресурсы. – 2012. – №3. – С. 35-38. (на узбекском языке)
2. Фаттахов Х.Б., Сумочкина Т.Е., Скрыбин В.Ф., Юсупов Р.Г. Опыт крупномасштабного ландшафтно-геохимического районирования горных районов. // Известия Узбекистанского географического общества. / Отв. редактор В.Л. Шульц. – Ташкент: Фан, 1971. – С. 147-158. (на русском языке)
3. Юсупов Р.Г., Хайруллин Б.Г., Толипов Р.М., Хасанова М.А. Некоторые материалы по геохимии и мобилизации кремнезема. // Материалы научной конф. – Ташкент: ТашГУ, 1967. – С. 118-123. (на русском языке)
4. Абдумуминов М.А. Кремниевые гальки верхнеэоцен-нижнелегоценовых прибрежно-морских отложений и их металлоносность (Приташкентский район, Узбекистан). // Геология и минеральные ресурсы. – 2013. – №2. – С. 55-60. (на узбекском языке)
5. Krauskopf K.B. Геохимия кремнезема в осадочных средах. // Специальное издание по палеогеохимии. – Tulsa (Oklahoma), 1959. – №7. – С. 4-19. (на английском языке)

6. Тимофеева Т.С. Изотонические (нейтронные) связи химических элементов в минералах и рудах природных ассоциаций. // *Узбекский геологический журнал*. – 1982. – №2. – С. 80-88. (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абдумуминов Ш.А. Жоғарғы эоцен-төменгі олигоцен жағалау-теңіз шөгінділерінің карнельдері (Ташкент маңы ауданы, Өзбекстан). // *Геология және минералды ресурстар*. – 2012. – №3. – Б. 35-38. (өзбек тілінде)
2. Фаттахов Х.Б., Сумочкина Т.Е., Скрыбин В.Ф., Юсупов Р.Г. Таулы аудандарды кең ауқымды ландшафтық-геохимиялық аудандастыру тәжірибесі. // *Өзбекстан географиялық қоғамының жаңалықтары*. / Жауапты редактор В.Л. Шульц. – Ташкент: Фан, 1971. – Б. 147-158. (орыс тілінде)
3. Юсупов Р.Г., Хайруллин Б.Г., Толипов Р.М., Хасанова М.А. Кремнийді геохимия және жұмылдыру туралы кейбір материалдар. // *Ғылыми конференция материалдары*. – Ташкент: ТашГУ, 1967. – Б. 118-123. (орыс тілінде)
4. Абдумуминов М.А. Жоғарғы эшен-нижнелегоцен жағалау-теңіз шөгінділерінің кремнийлі тастары және олардың металдылығы (Ташкент маңы ауданы, Өзбекстан). // *Геология және минералды ресурстар*. – 2012. – №2. – Б. 55-60. (өзбек тілінде)
5. Krauskopf K.B. Шөгінді ортадағы кремний геохимиясы. // *Палеогеология бойынша арнайы басылым*. – Tulsa (Oklahoma), 1959. – №7. – Б. 4-19. (ағылшын тілінде)
6. Тимофеева Т.С. Химиялық элементтердің изотоникалық (нейтрондық) байланыстары табиғи ассоциациялардың минералдары мен кендерінде. // *Өзбек геологиялық журналы*. – 1982. – №2. – Б. 80-88. (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Abduminov Sh.A. Cornelian of upper eocenelower oligocene coastal-marine deposits (Pritashkent district, Uzbekistan). // *Geology and mineral resources*. – 2012. – №3. – P. 35-38. (in Uzbek)
2. Fattakhov Kh.B., Sumochkina T.E., Scriabin V.F., Yusupov R.G. Experience of large-scale landscape-geochemical zoning of mountain areas. // *Proceedings of the Uzbek Geographical Society*. / Executive editor V.L. Shultz. – Tashkent: Fan, 1971. – P. 147-158. (in Russian)
3. Yusupov R.G., Khairullin B.G., Tolipov R.M., Khasanova M.A. Some materials on geochemistry and mobilization of silica. // *Materials of the scientific conference*. – Tashkent: Tashkent State University, 1967. – P. 118-123. (in Russian)
4. Abduminov M. A. Silicon pebbles of the Upper Eocene-lower Legocene coastal-marine deposits and their metal content (Pritashkent district, Uzbekistan). // *Geology and mineral resources*. – 2012. – №2. – P. 55-60. (in Uzbek)
5. Krauskopf K.B. The geochemistry of silica in sedimentary environments. // *Paleo Mineralogy Special Publication*. – Tulsa (Oklahoma), 1959. – №7. – P. 4-19. (in English)
6. Timofeeva T.S. Isotonic (neutron) bonds of chemical elements in minerals and ores of natural associations. // *Uzbek Geological Journal*. – 1982. – №2. – P. 80-88. (in Russian)

#### Сведения об авторах:

**Мавлянов Г.Н.**, старший научный сотрудник Института гидрогеологии и инженерной геологии Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан), [mavlyanov\\_g@mail.ru](mailto:mavlyanov_g@mail.ru)

**Мавлянов П.Н.**, докторант очной аспирантуры Ташкентского Государственного национального университета Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан), [pulat@yandex.ru](mailto:pulat@yandex.ru)

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Мавлянов Г.Н.**, Өзбекстан Республикасының геология және минералды ресурстар жөніндегі Мемлекеттік комитеті гидрогеология және инженерлік геология институтының аға ғылыми қызметкері (Ташкент қ., Өзбекстан), [mavlyanov\\_g@mail.ru](mailto:mavlyanov_g@mail.ru)

**Мавлянов П.Н.**, Өзбекстан Республикасы Ташкент Мемлекеттік ұлттық университетінің күндізгі аспирантурасының докторанты (Ташкент қ., Өзбекстан), [pulat@yandex.ru](mailto:pulat@yandex.ru)

#### Information about the authors:

**Mavlyanov G.N.**, Senior Researcher at the Institute of Hydrogeology and Engineering Geology of the State Committee for Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), [mavlyanov\\_g@mail.ru](mailto:mavlyanov_g@mail.ru)

**Mavlyanov P.N.**, Full-time Doctoral Student of the Tashkent State National University of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), [pulat@yandex.ru](mailto:pulat@yandex.ru)

Код МРНТИ 52.01.91:52.01.94

А.Е. Воробьев<sup>1</sup>, Г.А. Абдурахмонов<sup>2</sup><sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (г. Москва, Россия),<sup>2</sup>Кыргызско-Российский славянский университет им. Первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина (г. Бишкек, Кыргызстан)

## НАКОПЛЕННЫЕ ОТВАЛЫ И ХВОСТОХРАНИЛИЩА УРАНОВЫХ РУДНИКОВ В КЫРГЫЗСТАНЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ УТИЛИЗАЦИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ

**Аннотация.** Представлен стартап утилизации и рекультивации отвалов и хвостохранилищ урановых рудников Кыргызстана. Детально рассмотрены минеральные радиоактивные отходы урановой горнодобывающей промышленности как по их размещению по территории Кыргызстана, так и по геоморфологическому виду накопленной геомассы, объемам, радиоактивности и, в отдельных случаях, – по минералогическому составу. Показано, что неконтролируемое хранение в отвалах и хвостохранилищах радиоактивных минеральных отходов зачастую приводит к авариям, возникающим под влиянием природных факторов (размыв атмосферными осадками, прорыв селями и т. д.) или воздействием антропогенной деятельности (разбор ограждений, выпас скота), обусловливающим поступление и рассеяние отходов в окружающей среде. Предложены базовые технологии переработки радиоактивных минеральных отходов горнодобывающих предприятий.

**Ключевые слова:** радиоактивные минеральные отходы, отвалы, хвостохранилища, переработка, утилизация, стартап, Кыргызстан.

### Кыргызстандагы уран кеніштерінің жинақталған үйінділері мен қалдық қоймалары және оларды кәдеге жарату және рекультивациялау мүмкіндіктері

**Аңдатпа.** Кыргызстан уран кеніштерінің үйінділері мен қалдық қоймаларын кәдеге жарату және рекультивациялау стартапы ұсынылды. Уран тау – кен өнеркәсібінің минералдық радиоактивті қалдықтары оларды Кыргызстан аумағы бойынша орналастыру бойынша да, жинақталған геомассаның геоморфологиялық түрі, көлемі, радиоактивтілігі және жекелеген жағдайларда минералогиялық құрамы бойынша да егжей-тегжейлі қаралды. Радиоактивті минералды қалдықтардың үйінділерде және қалдық қоймаларда бақылаусыз сақталуы көбінесе табиғи факторлардың әсерінен (атмосфералық жауын-шашынмен шайылу, сел көшкіні және т.б.) немесе қоршаған ортаға қалдықтардың түсуі мен шашырауын туындататын антропогендік қызметтің әсерінен (қоршауларды бөлшектеу, мал жаю) болатын аварияларға әкелетіні көрсетілген. Тау-кен өндіруші кәсіпорындардың радиоактивті минералды қалдықтарын қайта өңдеудің базалық технологиялары ұсынылды.

**Түйінді сөздер:** радиоактивті минералды қалдықтар, үйінділер, қалдықтар қоймасы, қайта өңдеу, кәдеге жарату, стартап, Кыргызстан.

### Accumulated dumps and tailings of uranium mines in Kyrgyzstan and the possibilities of their utilization and reclamation

**Abstract.** A startup for utilization and reclamation of dumps and tailings of uranium mines in Kyrgyzstan is presented. Mineral radioactive wastes from the uranium mining industry of Kyrgyzstan are considered in detail, both in terms of their location on its territory, and in terms of the geomorphological type of accumulated geomass, volumes, its radioactivity and, in some cases, in terms of mineralogical composition. It has been shown that uncontrolled storage of radioactive mineral waste in dumps and tailings often leads to accidents arising under the influence of natural factors (erosion by atmospheric precipitation, mudflow breakthrough, etc.) or the impact of anthropogenic activities (dismantling of fences, grazing, etc.) causing the receipt and dispersal of waste in the environment. Basic technologies for processing radioactive mineral waste from mining enterprises are proposed.

**Key words:** uranium mines, radioactive mineral waste, dumps, tailings, sands, pulp, processing, disposal, start-up, Kyrgyzstan.

### Введение

Проблема утилизации и рекультивации хвостов урановых производств стоит довольно остро во многих странах мира<sup>1</sup> [1, 2].

На территории современного Кыргызстана в советское время добычу урановых руд и их обогащение (рис. 1) осуществлял Киргизский горнорудный комбинат (г. Фрунзе, в настоящее время г. Бишкек) на перечисленных ниже горнодобывающих предприятиях<sup>2,3</sup>.

### Перечень и краткая характеристика урановых рудников, а также сформированных отвалов и хвостохранилищ

1. Г. Майлуу-Суу, Ошская обл.: несколько рудников и два гидрометаллургических завода (ГМЗ), которые функционировали с 1946 г., были закрыты в 1968 г. За

этот период здесь было сформировано 23 хвостохранилища (общим объемом 2 млн м<sup>3</sup> радиоактивных отходов) и 13 отвалов радиоактивных и вскрышных пород (общим объемом 845,6 тыс. м<sup>3</sup>). Общая площадь хвостохранилищ ГМЗ г. Майлуу-Суу составляет 432 тыс. м<sup>2</sup>. Из них непосредственно в черте города находится 14 хвостохранилищ и 12 отвалов. Удельная активность радионуклидов в геомассе (песках) хвостохранилищ представлена в табл. 1 [3]. При этом суммарная активность всех хвостохранилищ Майлуу-Суу составляет 5 тыс. Ки.

В апреле 1958 г. имела место катастрофическая авария на хвостохранилище №7 в г. Майлуу-Суу, когда в результате довольно неблагоприятного сочетания значительного количества выпавших атмосферных осадков с повышенной сейсмической активностью была

<sup>1</sup>National Research Council. Uranium Mining in Virginia: Scientific, Technical, Environmental, Human Health and Safety, and Regulatory Aspects of Uranium Mining and Processing in Virginia. – Washington, DC: The National Academies Press, 2012. – 359 p. <https://doi.org/10.17226/13266>.

<sup>2</sup>Воробьев А.Е., Чекушина Е.В., Дребенштетт К., Чекушина Т.В., Щелкин А.А. Геохимия техногенеза отвалов урановых рудников как основа эффективной рекультивации и утилизации заскладированной горной массы. – М.: РУДН, 2010. – 190 с.

<sup>3</sup>Проектное предложение по реабилитации урановых хвостохранилищ в Кыргызстане. Перенос хвостохранилища Тулок-Суу (пос. Мин-Куш) на безопасный участок хвостохранилища Дальнее (пред-техничко-экономическое обоснование). <https://uchebana5.ru/cont/1104354.html>.

прорвана намывная дамба<sup>4</sup>. В результате этой аварии в р. Майлуу-суу было выброшено свыше 100 тыс. м<sup>3</sup> радиоактивных песков, которые распространились вниз по руслу реки на расстояние 30-40 км и отложились на орошаемых сельскохозяйственных землях Узбекистана. В окружающую среду поступило около 8 т урана и десятки граммов радия, которые содержались как в жидкой, так и в твердой фазах хвостов ГМЗ.

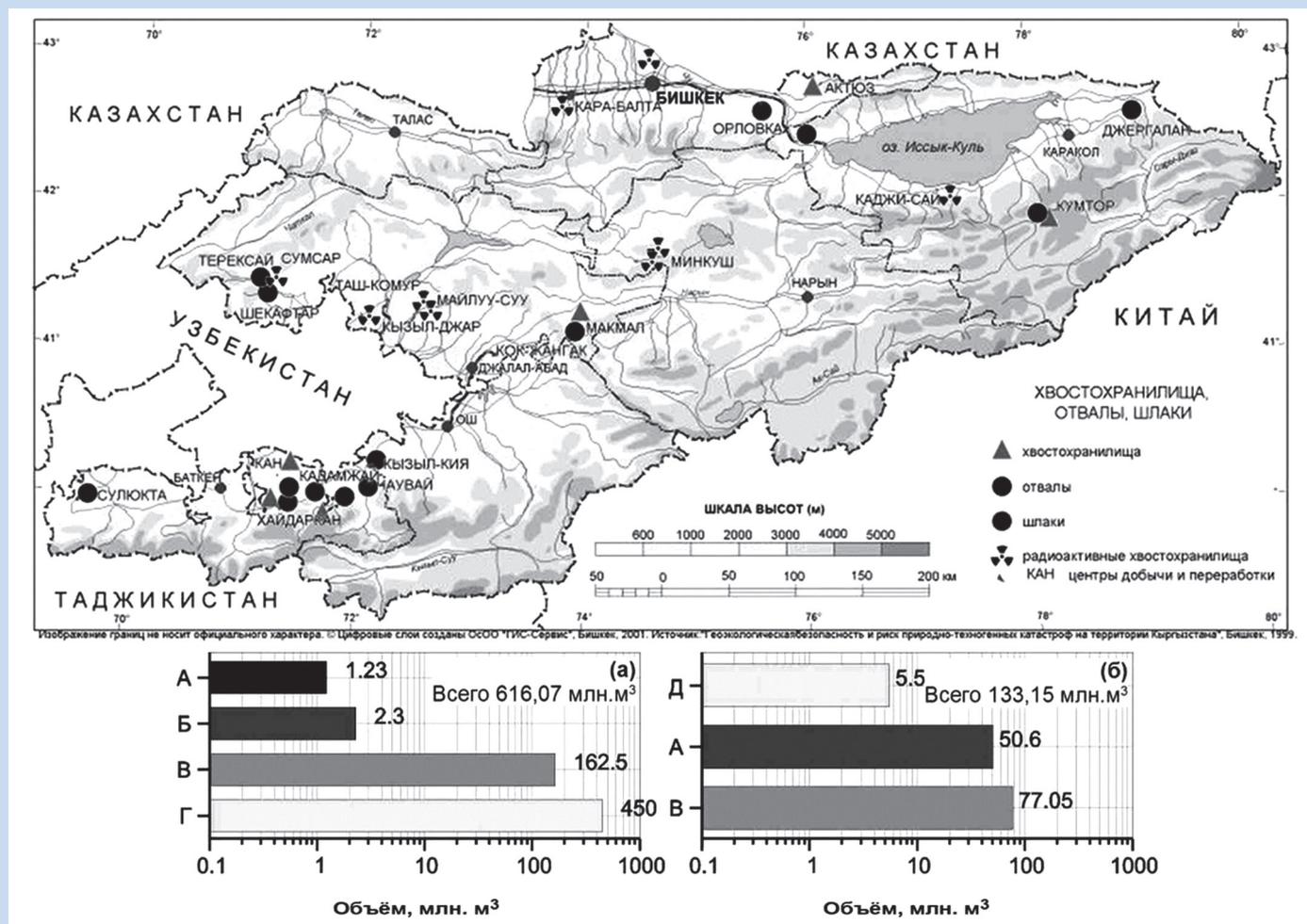
После этого инцидента хвостохранилища г. Майлуу-Суу были переданы в ведение Ленинабадского горнохимического комбината, а после закрытия рудников они были законсервированы (в период с 1968 г. по 1972 г.). Для предотвращения выделения радона их покрыли 20-сантиметровой гравийной подушкой, а сверху – 1 м слоя грунта. Кроме этого, были сооружены специальное ограждение, водоотводы и дренажные сети, а также защита от возможных селей. Все это функционировало до 1993 г. Затем поддерживающие работы были прекращены, кроме того, стали сходить оползни, что привело к угрозе разрушения хвостохранилищ.

2. Пос. Тюя-Муюн, Ошская обл.: месторождение урано-ванадиевых руд (здесь с 1908 г. было добыто 5 тыс. т руд, первоначально на радий).

3. Пос. Кызыл-Джар, Ошская обл.: разработка ураносодержащих руд одновременно с добычей золота.

4. Пос. Шакафтар, Ошская обл.: разработка (с 1946 г. по 1968 г.) урановых руд. В настоящее время здесь имеется 10 отвалов радиоактивных пород и некондиционных руд общим объемом 700 тыс. м<sup>3</sup>. Обычное значение радиоактивности на поверхности этих отвалов составляет от 30 мкР/ч до 120 мкР/ч, а в отдельных местах достигает величины 520 мкР/ч.

5. Пос. Ак-Тюз, Иссык-Кульская обл.: разработка уран- и торийсодержащих свинцовых руд. Здесь заскладированные в хвостохранилище пески переработки содержат минералы с радиоактивными элементами, включающие торий (торит, турнерит, цирконий и другие). В декабре 1964 г. здесь произошло катастрофическое разрушение хвостохранилища №2 Ак-Тюзского рудника сейсмогенной природы.



**Рис. 1. Карта размещения отвалов урановых рудников и хвостохранилищ гидromеталлургического завода на территории Кыргызстана.**

**Сурет 1. Кыргызстан аумагында уран кеніштері үйінділері мен гидromеталлургиялық зауыттың қалдық қоймаларын орналастыру картасы.**

**Figure 1. Map of the location of dumps of uranium mines and tailings dumps of the hydrometallurgical plant in the territory of Kyrgyzstan.**

<sup>4</sup>Торгоев И.А. Экологические последствия катастрофических аварий на хвостохранилищах Кыргызстана. <https://5-bal.ru/journalistika/96441/index.html>.

Таблица 1

Удельная активность радионуклидов в геомассе хвостохранилищ и отвалов Майлуу-Суу

Кесте 1

Майлуу-Суу қалдық қоймалары мен үйінділерінің геомассасындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігі

Table 1

Specific activity of radionuclides in the geomass of tailings dumps and dumps of Mailuu-Suu

Место отбора проб	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{210}\text{Rb}$	$^{40}\text{K}$
	Удельная активность, Бк/кг ( $M \pm m$ )				
Плотина (контроль)	$9,38 \pm 1,51$	$71,00 \pm 8,00$	$63,78 \pm 7,64$	$76,56 \pm 10,85$	$705,00 \pm 12,00$
Хвостохранилище №1	$2044,15 \pm 296,51$	$80,90 \pm 9,40$	$10662,10 \pm 592$	$7065,13 \pm 841,19$	–
Хвостохранилище №3	$51,40 \pm 11,31$	$44,15 \pm 5,65$	$137,03 \pm 16,09$	$850,11 \pm 107,26$	$800,00 \pm 57,00$
Хвостохранилище №4	$29,60 \pm 5,10$	$26,30 \pm 1,35$	$35,71 \pm 1,80$	$150 \pm 70,32$	$450,70 \pm 25,00$
Хвостохранилище №5	$36,26 \pm 5,73$	$52,00 \pm 6,60$	$531,54 \pm 58,50$	$383,66 \pm 48,31$	$926,00 \pm 6,37$
Хвостохранилище №6	$38,83 \pm 8,33$	$37,75 \pm 4,50$	$42,27 \pm 6,19$	$193,45 \pm 24,29$	$706,10 \pm 35,00$
Хвостохранилище №7	$32,40 \pm 5,00$	$57,80 \pm 1,30$	$31,00 \pm 1,20$	$39,40 \pm 2,30$	$396,20 \pm 22,00$
Хвостохранилище №8	$38,20 \pm 2,50$	$22,60 \pm 0,70$	$48,00 \pm 1,60$	$26,30 \pm 1,50$	$454,60 \pm 24,80$
Хвостохранилище №9	$28,60 \pm 5,00$	$22,40 \pm 1,30$	$58,50 \pm 4,60$	$474,60 \pm 70,00$	$477,50 \pm 30,80$
Хвостохранилище №13	$29,80 \pm 5,22$	$26,00 \pm 1,30$	$34,70 \pm 1,80$	$478,80 \pm 70,10$	$490,10 \pm 25,00$
Водозабор (контроль)	$56,58 \pm 7,78$	$29,26 \pm 3,91$	$20,42 \pm 2,16$	$55,44 \pm 7,09$	$664,90 \pm 38,00$

В результате разрушения неустойчивой намывной дамбы хвостохранилища, инициированного землетрясением, в р. Кичи-Кемин попало около 600 тыс. м<sup>3</sup> песков (60% его объема). Потоки этих песков, содержащие повышенные концентрации тория и тяжелых металлов, в виде радиоактивного селя распространились по руслу и долине р. Кичи-Кемин на расстояние до 40 км,

вплоть до ее впадения в р. Чу на территории Казахстана, загрязнив несколько населенных пунктов и сельскохозяйственные угодья общей площадью 3600 га.

6. Буурдинское хвостохранилище в пос. Орловка расположено на территории Кеминского района Чуйской области. С 1954 г. здесь функционировала обогатительная фабрика по переработке свинцовой руды

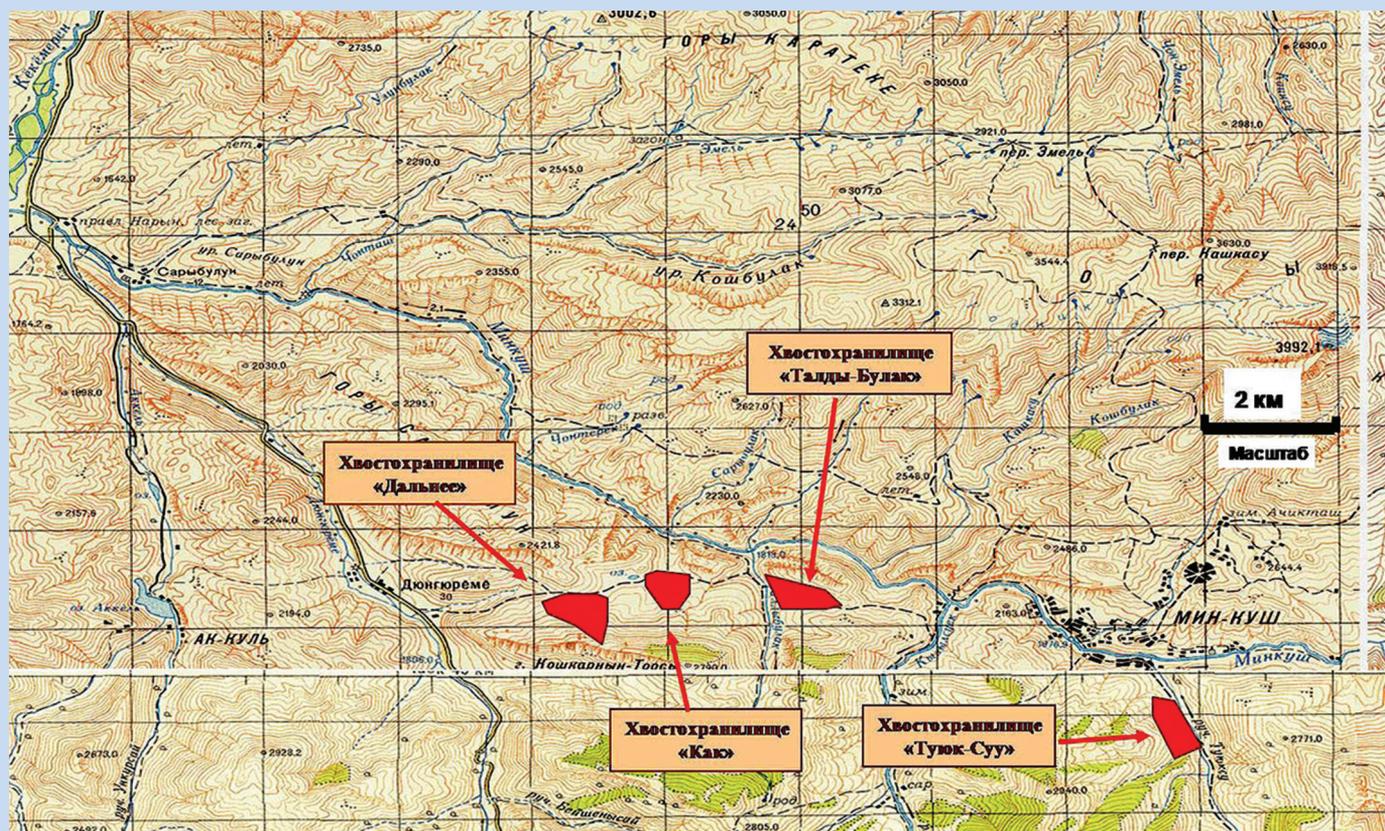


Рис. 2. Карта размещения хвостохранилищ в районе пос. Мин-Куш.

Сурет 2. Мин-Куш кенті ауданында қалдық қоймаларын орналастыру картасы.

Figure 2. Map of the location of tailing dumps in the area of the village Min-Kush.

Бурдинского рудника, а с 1969 г. – химический металлургический завод в с. Кашка, где из рудного концентрата, поставляемого Ак-Тюзской обогатительной фабрикой, извлекали редкоземельные металлы. Заскладированные пески содержат свинец, цинк, кадмий, цирконий, торий и остатки редкоземельных элементов, которые, в случае разрушения целостности хвостохранилища, возможного в результате вероятных селей, оползней и землетрясений, могут загрязнить р. Беркут (приток более большой р. Чу). Поверхность этого хвостохранилища не подвергалась рекультивации, а его антифильтрационный слой к настоящему времени оказался во многих местах довольно серьезно разрушен.

7. Пос. Каджи-Сай, Иссык-Кульская обл.: здесь первоначально на комбинате №7 методом ионного обмена планировали извлечение урана из вод оз. Иссык-Куль, а затем осуществлялась разработка урансодержащих руд одновременно с добычей лигнита (в результате было сформировано одно урансодержащее хвостохранилище). Проведенные исследования показали, что непосредственно над массивом этого хвостохранилища, в местах особенно выраженных эрозионных процессов значение радиоактивного излучения достигает 200-300 мкР/ч, а в некоторых местах с наиболее разрушенным изолирующим слоем радиационный фон превышает величину 1300 мкР/ч.

8. Пос. Мин-Куш, Нарынская обл.: осуществлялась (с 1955 г. по 1969 г.) разработка уранового месторождения рудником Кавак и велась переработка урансодержащих руд одновременно с добычей лигнита. В настоящее время из законсервированных штолен этого рудника вытекают радиоактивные подземные воды, которые, попадая в поверхностную биосферу, используются животными для их жизнедеятельности.

Кроме того, здесь были сформированы четыре урансодержащих хвостохранилища (рис. 2), в том числе:

- Туюк-Суу, функционировавшее с 1957 г. до июня 1962 г.: суммарный объем заскладированных песков составляет 640 тыс. м<sup>3</sup>, из которых 450 тыс. м<sup>3</sup> являются радиоактивными (включая золу переработки);

- с 1962 г. радиоактивные минеральные отходы (пески) переработки хранятся в хвостохранилищах Талды-Булак (накопленный объем – 395 тыс. м<sup>3</sup>, площадь – 3,35 га) и Дальнее (накопленный объем песков – 306 тыс. м<sup>3</sup>, площадь – 13,1 га).

Урановые руды, добывавшиеся в районе Мин-Куша, представляли собой содержащиеся в юрских углях (лигнитах) и конгломератах жилы настурана, которые перемежались с протерозойскими гнейсами. Среднее содержание урана в этих рудах составляло около 0,14%.

Переработка такой урановой руды осуществлялась на местном гидрометаллургическом заводе, где вначале ее дробили и размалывали до крупности – 0,5 мм, а процесс последующего извлечения урана напрямую зависел от типа вмещающей породы. Так, при переработке урановой руды, содержащей конгломераты, ее подвергали флотации, что приводило к образованию

концентрата с повышенным содержанием настурана и пирита, а также более легких фракций с высоким содержанием кварца. Затем концентрат настурана-пирита подвергали выщелачиванию в перколяторах с помощью смеси серной и азотной кислот, а остатки выщелачивания («хвосты») направлялись в виде жидкой пульпы на хвостохранилище Туюк-Суу.

При другом типе урановой минерализации угле-содержащую руду подвергали шестистадийному процессу выщелачивания растворами серной кислоты. На этом переделе извлечение выщелоченного урана из продуктивных растворов осуществлялось с помощью ионного обмена. Уголь после выщелачивания отмывали и его грубые фракции использовали в качестве топлива для выработки тепла и электроэнергии на местной ТЭЦ. Более мелкие фракции угля нейтрализовали с помощью карбоната до pH = 8-9, после чего транспортировали для дальнейшего складирования и хранения на хвостохранилищах (в том числе и на Туюк-Суу).

По данным Среднеазиатского филиала ВНИПИ-промтехнологии (в настоящее время Узгеолтехлити, Узбекистан), остаточная концентрация урана в песках хвостохранилищ Мин-Куша варьирует от  $127,8 \times 10^{-4}\%$  (127 ppm) в Туюк-Суу до  $137,3 \times 10^{-4}\%$  (137 ppm) в хвостохранилище Дальнее<sup>5</sup>. Согласно полученным данным спектрометрического каротажа, максимальная активность радия  $Ra^{226}$  в песках хвостохранилищ достигает  $280 \times 10^{-12}$  Ки/г или 10 Бк/г, а средние значения, соответственно, составляют: для песков Туюк-Суу около  $106,7 \times 10^{-12}$  Ки/г и  $132,3 \times 10^{-12}$  Ки/г для песков хвостохранилища Дальнее.

Согласно этим же данным, пески хвостов состоят из частиц со средними размерами от 0,07 мм до 0,11 мм. При этом содержание частиц с размерами менее 0,05 мм колеблется от 9,2% до 85,7%. Следует иметь в виду, что при столь высоком содержании в песках мелкой фракции, а также сильной влагонасыщенности хвостов и повышенной сейсмической активности района размещения хвостохранилищ не исключено тиксотропное разжижение хранимого мелкодисперсного геоматериала, которое при слабоустойчивой удерживающей дамбе чревато разливом, т. е. непосредственным распространением разжиженных песков (в виде пульпы) вниз по течению рек Туюк-Суу, Мин-Куш и Кекемерен.

Поверхность хвостохранилища Туюк-Суу при консервации в 1969-1971 гг. была покрыта слоем грунтов мощностью 0,2-0,7 м, состоящим, в основном, из суглинков и гравия. За прошедшие годы на поверхности этого хвостохранилища появилась растительность (травы и кустарники высотой до 1 м), которая от систематического выпаса скота постепенно деградирует.

Также было установлено, что вода, просачивающаяся из дренажных бетонных труб хвостохранилища Туюк-Суу, содержит:

- 0,053 мг/л урана;
- 0,006 Бк/л радия  $Ra^{226}$ ;

<sup>5</sup>Project TACIS /91/EKY 03/. Development and Training Activities for the Environmental Improvement of the former KAVAK Uranium Mill at TUYUK-SU. // Final Report. – 1995. – 76 pp.

- 272-313 мг/л кальция;
- 56-58 мг/л магния.

Хвостохранилище Талды-Булак расположено в 12 км ниже пос. Минкуш<sup>6</sup>. На этом объекте объем намывных песков составляет 395 тыс. м<sup>3</sup>, площадь – 3,35 га. Пропуск паводковых и ливневых вод сая Талды-Булак осуществляется через водопропускную систему, проложенную под хвостохранилищем. Селеприемник, расположенный в верхнем бьефе, периодически забивается наносами реки и селей. Кроме того, на поверхности этого хвостохранилища имеются пониженные участки, а в некоторых местах защитный слой уже полностью разрушен. Также оказались разрушенными специальное ограждение и пропали предупредительные знаки.

Хвостохранилища Дальнее и Как расположены на расстоянии 11 км от пос. Минкуш, недалеко друг от друга. Совокупный объем намывных хвостов, содержащихся в них, составляет 306 тыс. м<sup>3</sup> при общей площади 13,1 га. В настоящее время на поверхности этих хвостохранилищ имеются отдельные пониженные участки, где аккумулируются паводковые воды. Поверхность хвостохранилищ частично поросла травой и кустарниками. Здесь местные жители выпасают скот. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на поверхности хвостохранилищ в среднем составляет 30-60 мкР/ч, на некоторых участках достигая 500 мкР/ч.

9. Г. Кара-Балта: переработка урановых руд (здесь продолжает функционировать действующее с 1955 г. уранодержащее хвостохранилище).

Таким образом, в настоящее время в Кыргызстане имеются 34 хвостохранилища (общая масса песков 77,3 млн т) и 38 отвалов уранодержащей горнорудной массы (53 млн т) с общей занимаемой площадью 650 га. Также на территории Кыргызстана находятся свыше 120 горных отвалов, образованных во время геологической разведки урановых рудопроявлений при проходке горных выработок.

### **Эффективные технологии переработки радиоактивной геомассы**

Для практической утилизации горнорудной массы отвалов и хвостохранилищ Кыргызстана с последующей рекультивацией оставшейся их части предлагается несколько эффективных технологий.

*Для горной массы хвостохранилищ:*

- гравитационное обогащение с предварительной «обдиркой» и самоизмельчением песков. Это обусловлено тем, что пески предварительно были подвергнуты процессам выщелачивания на гидрометаллургических заводах, в которых был извлечен легкорастворимый уран, а во время длительного хранения в хвостохранилищах произошла их частичная химическая трансформация и покрытие различными «рубашками»<sup>2</sup> (например, гипсом и т. д.).

При этом необходимо учитывать, что основной урановый минерал в рудах – уранинит, как правило, ассоциирован с карбонатами, которые находятся в слюдяных полевошпатовых песчаниках. Уранинит обычно имеет очень тонкую вкрапленность. Также в песках присутствуют и второстепенные минералы – пирит, халькопирит, борнит и другие. На ГМЗ часть уранинита вместе с карбонатами извлекалась флотацией, но некоторое (примерно 10%) его количество попадало в хвостохранилища. Последующее выделение из песков свободных зерен гравитацией позволит получить концентрат урана с карбонатами. Для этого целесообразно использовать винтовые сепараторы с вибрацией, с помощью которых можно извлечь до 80% урана (с получением гравитационного концентрата с 45%  $U_3O_8$ ).

На этом этапе важны такие ноу-хау, разработанные авторами, как характеристики (наложение вибрационных колебаний и другие) и параметры (скорость) гравитационного обогащения, определяемые отдельно для каждого вида техногенного сырья (песков).

*Для горной массы отвалов:*

- целенаправленное отвальное выщелачивание металлов (урана, золота, редких металлов) и гравитационное обогащение горной массы (соотношение этих технологий определяется ее минералогическим составом);
- формирование зон, геохимических барьеров<sup>7</sup>, на которых будут осаждаться природным образом выщелоченные металлы и другие химические элементы (их места расположения, а также характеристики и параметры определяются по натурному уточнению геохимической обстановки зон отвалов и хвостохранилищ).

*Для радиоактивного материала промышленных площадок (бетона и металлических изделий)<sup>8,9</sup>:*

- обработка радиоактивно зараженных изделий воздействием элементарных частиц с образованием радиоактивных веществ и радионуклидов с меньшим периодом полураспада, чем у исходного вещества, или обеспечением их перехода из радиоактивного в устойчивое (стабильное, не радиоактивное) состояние.

На стадии рекультивации поверхность оставшейся от переработки геомассы отвалов, хвостохранилищ и промплощадок рекомендуется покрывать слоем глауканитовой глины и песков.

### **Выводы**

Этапу рекультивации отвалов и хвостохранилищ урановых рудников Кыргызстана должно предшествовать извлечение из геомассы и песков полезных компонентов (урана, золота, редких металлов, сульфидов и др.), что позволит как уменьшить объем в дальнейшем рекультивируемой горной массы и возможную в последствии экологическую нагрузку на окружающую среду, так и получить дополнительные финансовые средства на рекультивацию.

<sup>6</sup>Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: местные проблемы, региональные последствия, глобальное решение. – Женева, 2009. – 126 с.

<sup>7</sup>Воробьев А.Е., Чекушина Т.В. Способ локализации мигрирующего в отвалах урана: Патент РФ 2085741, МПК6 Е 21 С 41/26, БИ 7. – 1997.

<sup>8</sup>Воробьев А.Е., Чекушина Т.В. и др. Способ рекультивации промышленных площадок, отвалов и радиоактивных отходов: Патент РФ 2057936, МПК6 Е 21 С 41/26, БИ №10. – 1996.

<sup>9</sup>Воробьев А.Е., Чекушина Т.В. и др. Способ рекультивации радиоактивных промышленных площадок, отвалов и складов: Патент РФ 2019699, МПК5 Е 21 С 41/26, БИ №17. – 1994.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Jing Huang, Mi Li., Xiaowen Zhang, Chunmei Huang and Xiaoyan Wu. Извлечение урана из хвостов сернокислотным выщелачиванием окислителями. // Серия конференций «Земля и окружающая среда». – 2017. – №69(1). – С. 012050. (на английском языке)*
2. *Reynier N., Gagné-Turcotte R., Coudert L., Costis S., Cameron R., Blais J.-F. Биологическое выщелачивание урановых хвостов как вторичных источников редкоземельных элементов. // Производство. Минералы. – 2021. – №11. – С. 302. <https://doi.org/10.3390/min11030302>. (на английском языке)*
3. *Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Калдыбаев Б.К., Кармышева У.Ж., Жумалиев Т.Н. Радиоэкологическая оценка урановых хвостохранилищ Кыргызстана. // Исследование живой природы Кыргызстана. – 2018. – №1-2. – С. 69-84. (на русском языке)*

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Jing Huang, Mi Li., Xiaowen Zhang, Chunmei Huang and Xiaoyan Wu. Тотықтырғыштармен күкіртқышқылды сілтісіздендіру арқылы қалдықтардан уранды алу. // Конференция сериялары жер және қоршаған орта. – 2017. – №69(1). – Б. 012050. (ағылшын тілінде)*
2. *Reynier N., Gagné-Turcotte R., Coudert L., Costis S., Cameron R., Blais J.-F. Сүрек кездесетін элементтердің қайталама көзі ретінде уран қалдықтарын биологиялық шаймалау. // Өндіріс. Минералдар. – 2021. – №11. – Б. 302. <https://doi.org/10.3390/min11030302>. (ағылшын тілінде)*
3. *Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Қалдыбаев Б.К., Кармышева У.Ж., Жумалиев Т.Н. Қыргызстанның уран қалдық қоймаларын радиоэкологиялық бағалау. // Зерттеу Қыргызстанның жабайы табиғаты. – 2018. – №1-2. – Б. 69-84. (орыс тілінде)*

## REFERENCES

1. *Jing Huang, Mi Li., Xiaowen Zhang, Chunmei Huang and Xiaoyan Wu. Extraction of uranium from tailings by sulfuric acid leaching with oxidants // Conference Series Earth and Environmental Science. – 2017. – №69(1). – P. 012050. (in English)*
2. *Reynier N., Gagné-Turcotte R., Coudert L., Costis S., Cameron R., Blais J.-F. Bioleaching of Uranium Tailings as Secondary Sources for Rare Earth Elements // Production. Minerals. – 2021. – №11. – P 302. <https://doi.org/10.3390/min11030302>. (in English)*
3. *Jenbaev B.M., Zholboldiev B.T., Kaldybaev B.K., Karmysheva U.Zh., Zhumaliev T.N. Radioecological assessment of uranium tailings in Kyrgyzstan. // Research of the living nature of Kyrgyzstan. – 2018. – №1-2. – P. 69-84. (in Russian)*

## Сведения об авторах:

**Воробьев А.Е.**, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (г. Москва, Россия), [fogel\\_al@mail.ru](mailto:fogel_al@mail.ru)

**Абдурахмонов Г.А.**, канд. техн. наук, доцент Кыргызско-Российского славянского университета им. Первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина (г. Бишкек, Кыргызстан), [krsu@krsu.edu.kg](mailto:krsu@krsu.edu.kg)

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Воробьев А.Е.**, техника ғылымдарының докторы, «Ресей халықтар достығы университеті» Федералды мемлекеттік автономды жоғары білім беру мекемесінің бас ғылыми қызметкері (Мәскеу қ., Ресей), [fogel\\_al@mail.ru](mailto:fogel_al@mail.ru)

**Абдурахмонов Г.А.**, техника ғылымдарының кандидаты, атындағы Ресей Федерациясының тұңғыш президенті Б.Н. Ельцин Қырғыз-Ресей Славян университетінің доценті (Бішкек қ., Қырғызстан), [krsu@krsu.edu.kg](mailto:krsu@krsu.edu.kg)

## Information about the authors:

**Vorobyov A.E.**, Doctor of Engineering, Professor, Chief Researcher of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peoples' Friendship University of Russia» (Moscow, Russia), [fogel\\_al@mail.ru](mailto:fogel_al@mail.ru)

**Abdurahmonov G.A.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Kyrgyz-Russian Slavic University named after the First President of the Russian Federation B.N. Yeltsin (Bishkek, Kyrgyzstan), [krsu@krsu.edu.kg](mailto:krsu@krsu.edu.kg)

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

ufi  
Approved  
Event



# Mining Week

KAZAKHSTAN '2021

**22-24**  
июня 2021

**КАРАГАНДА**  
СТАДИОН «ШАХТЕР»



**Представительство**  
**«TNT EXPO, LLC» в Казахстане**

тел. +7 727 250 19 99

факс +7 727 250 55 11

e-mail: mintek@tntexpo.com



[www.miningweek.kz](http://www.miningweek.kz)

Код МРНТИ 06.58.49

К.Б. Тажобекова, А.А. Шаметова, Б. Ахметжанов

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

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЛАБОКОКСУЮЩИХСЯ УГЛЕЙ

**Аннотация.** Проведена оценка экономической эффективности инвестирования в создание мини-завода по производству ферросплавов с использованием слабококсующихся углей Казахстана. Целью исследования является оценка экономической эффективности использования слабококсующихся углей Казахстана в металлургической отрасли. Предлагаемая методика расчета эффективности использования слабококсующихся углей позволяет определить рост прибавочной стоимости производства комплексного сплава и прибыльности проекта. В результате, повышение экономической эффективности проекта создает дополнительные резервы развития металлургической отрасли за счет повышения ее рентабельности и инвестиционной привлекательности. Методика расчета экономического эффекта использования слабококсующихся углей в ферро- и аглопроизводстве может быть также применена для проведения расчетов технико-экономического обоснования на этапе коммерциализации инновационных проектов металлургической отрасли.

**Ключевые слова:** слабококсующийся уголь, ферросплавы, анализ, оценка, инвестиции, экономическая эффективность.

### Төмен кокстелетін көмірді қолдана отырып феррокорытпа өндірісінің экономикалық тиімділігін бағалау

**Андратпа.** Мақалада Қазақстанның әлсіз көмірін пайдалана отырып, феррокорытпалар өндірісі бойынша шағын зауыт құруға инвестициялар салудың экономикалық тиімділігіне бағалау жүргізілді. Зерттеудің мақсаты әлсіз кокстелетін көмірін пайдаланудың экономикалық тиімділігін бағалау болып табылады. Металлургия саласында көмірді пайдаланудың экономикалық тиімділігінің индикаторларын зерттеу нәтижелері бұдан әрі әлсіз уытты көмірді пайдаланудың инновациялық технологияларын енгізудің экономикалық тиімділігін есептеу үшін қолданылатын болады. Феррокорытпа өндірісі мен агроөндірістің экономикалық тиімділігін арттыру арзан ресурстарды пайдалану арқылы олардың түпкілікті өнімінің өзіндік құнын төмендету нәтижесінде мүмкін болады. Ұсынылған технология негізінде әлсіз уытты көмірді қолдана отырып, феррокорытпа өндірісі бойынша металлургия саласының жаңа кәсіпорындарын құру туралы шешім инвестициялық жобаның экономикалық тиімділігін бағалау әдістемесіне негізделуі керек.

**Түйінді сөздер:** әлсіз кокстелетін көмір, феррокорытпалар, талдау, бағалау, инвестициялар, экономикалық тиімділік.

### Evaluation of the economic efficiency of the production of ferroalloys using low-coking coals

**Abstract.** The object of the study is the economic processes of the use of low-coking coals in the metallurgical industry. The purpose of the work is to evaluate the economic efficiency of the use of low-coking coal in Kazakhstan in the metallurgical industry. The methodological basis of the research is based on the methods of system, functional and comparative analysis, as well as methods of generalization and analogy, comparative and expert assessments, and statistical data processing. The results of the work and their novelty: the evaluation of indicators of the economic efficiency of using low-coking coals for ferroalloy and sinter production, the analysis and assessment of the need to create a mini-plant with calculations of capital investments and payback period. The results obtained can be used by enterprises in organizing the production of a complex alloy in ferroalloy and sinter production. The decision to organize the production of a complex alloy will be based on the calculation of the economic efficiency of capital investments and increase profits by reducing the cost of production of a complex alloy and using cheaper low-coking coals.

**Key words:** low-coking coal, ferroalloys, industry, production, calculation method, analysis, evaluation, investment, economic efficiency, development, profitability.

### Введение

Оценка конкретного проекта предусматривает оценку финансовой реализуемости проекта, выгоды реализации проекта или участия в нем, с точки зрения участников проекта, государства и общества; выявление условий эффективной реализации проекта; оценку риска, связанного с реализацией проекта, и устойчивости проекта (сохранения его выгоды и финансовой реализуемости) при случайных колебаниях рыночной конъюнктуры и других изменениях внешних условий реализации.

Задачи, которые должны быть решены в ходе анализа эффективности проекта, можно классифицировать в зависимости от субъекта анализа. Важным элементом анализа эффективности инвестиционного проекта являются те принципы, на которых основывается анализ. Несмотря на существенные различия между типами проектов и многообразие условий их реализации, оценка эффективности проектов и их экспертиза должны производиться на основе единых обоснованных принципов [1].

### Методы исследования

Методологическую основу исследования составили методы системного, функционального и сравнительного анализа, а также методы обобщения и аналогии, сравнительных и экспертных оценок, статистической обработки данных.

Сравнение различных инвестиционных проектов (или вариантов проекта) и выбор лучшего из них рекомендуется производить с использованием различных показателей, к которым относятся:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД) или интегральный эффект;
- индекс доходности (ИД);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- срок окупаемости (СО);
- другие показатели, отражающие интересы участников или специфику проекта.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами [2]. Если в течение расчетного периода не происходит инфляционного изменения цен или расчет производится в базовых ценах, то величина ЧДД для постоянной нормы дисконта вычисляется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{чдд}} = \text{ЧДД} \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \times [1/(1+E)^t], \quad (1)$$

где  $T$  – горизонт расчета;

$R_t$  – результаты, достигаемые на первом шаге расчета;

$Z_t$  – затраты, осуществляемые на том же шаге;

$E$  – ставка дисконтирования

Если ЧДД инвестиционного проекта положителен, то проект является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его принятии. Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект.

Если инвестиционный проект будет осуществлен при отрицательном ЧДД, инвестор понесет убытки, т. е. проект неэффективен.

Наиболее эффективным является применение показателя чистого дисконтированного дохода в качестве критериального механизма, показывающего минимальную нормативную рентабельность (норму дисконта) инвестиций за экономический срок их жизни. Если ЧДД является положительной величиной, то это означает возможность получения дополнительного дохода сверх нормативной прибыли, при отрицательной величине ЧДД прогнозируемые денежные поступления не обеспечивают получения минимальной нормативной прибыли и возмещения инвестиций. При ЧДД, близкому к нулю, нормативная прибыль едва обеспечивается (но только в случае, если оценки денежных поступлений и прогнозируемого экономического срока жизни инвестиций окажутся точными) [3].

Несмотря на все эти преимущества оценки инвестиций, метод чистого дисконтированного дохода не дает ответа на все вопросы, связанные с экономической эффективностью капиталовложений. Этот метод дает ответ лишь на вопрос, способствует ли анализируемый вариант инвестирования росту ценности фирмы или богатства инвестора вообще, но никак не говорит об относительной мере такого роста.

Индекс доходности представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капиталовложений:

$$ИД = 1/K \times \sum_{t=0}^T [(R_t - Z_t)/(1+E)^t]. \quad (2)$$

Индекс доходности тесно связан с ЧДД. Он строится из тех же элементов, и его значение связано со значением ЧДД [4]:

Если ЧДД положителен, то  $ИД > 1$  и наоборот.

Если  $ИД > 1$ , то проект эффективен.

Если  $ИД < 1$ , то проект неэффективен.

Срок окупаемости можно определить как отношение инвестиций к среднегодовому денежному потоку. Результаты и затраты, связанные с осуществлением проекта можно вычислить с дисконтированием или без него. Соответственно, получится два различных срока окупаемости [5].

Целая часть срока окупаемости – это период, в котором накопленная стоимость денежных потоков принимает свое последнее отрицательное значение, при этом должно соблюдаться следующее неравенство:

$$(-K_0 + ДП_1 + ДП_2 + \dots + ДП_j) \leq 0, \quad (3)$$

где  $K_0$  – начальные инвестиции,

$ДП$  – денежные потоки.

Дробная часть срока окупаемости определяется по формуле:

$$d = |-K_0 + ДП_1 + ДП_2 + \dots + ДП_j| / ДП_{j+1}. \quad (4)$$

Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет собой ту норму дисконта  $E_{вн}$ , при которой величина приведенных эффектов равна приведенным капиталовложениям. Иными словами,  $E_{вн}$  (ВНД) является решением уравнения:

$$\sum_{t=0}^T [(R_t - Z_t)/(1 + E_{вн})^t] = \sum_{t=0}^T [(K_t - Z_t)/(1 + E_{вн})^t]. \quad (5)$$

### Результаты

Если сравнение альтернативных инвестиционных проектов по ЧДД и ВНД приводят к противоположным результатам, предпочтение следует отдавать ЧДД<sup>1</sup>. Проведем оценку экономической эффективности производства комплексного сплава «Алюмосиликохром» с использованием слабококсующихся углей (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что для производства комплексного сплава «Алюмосиликохром» с использованием слабококсующихся углей проект требует капитальных вложений в объеме 31838,2 долл. США. По расчетам табл. 1, предлагаемый вариант дает возможность снижения цены реализации комплексного сплава «Алюмосиликохром» на 200 долл. США. Экономический эффект в данном случае рассчитан на основе снижения цены. Таким образом, экономический эффект составит  $60 \times (1800 - 1600) \times 4 \text{ месяца} = 48000 \text{ долл. США}$ .

Кроме показателя экономической эффективности в работе рассчитаны основные показатели эффективности инвестиционных проектов.

Расчет чистого дисконтированного дохода инвестиционного проекта (NPV) (табл. 2).

Чистый дисконтированный доход (NPV, *Neto Present Value*, чистая текущая стоимость, чистая дисконтированная стоимость) – показывает эффективность вложения в инвестиционный проект: величину денежного потока в течение срока его реализации и приведенную к текущей стоимости (дисконтирование):

$$NPV = \sum_{t=0}^T [CF_t/(1+r)^t - IC], \quad (6)$$

где:  $NPV$  – чистый дисконтированный доход инвестиционного проекта;

$CF_t$  (*Cash Flow*) – денежный поток в период времени  $t$ , (потери за счет неоднородности спексокса около 10%, тенге);

$IC$  (*Invest Capital*) – инвестиционный капитал, представляет собой затраты инвестора в первоначальный временной период;

$r$  – ставка дисконтирования (барьерная ставка).

Далее проанализируем внутреннюю норму доходности (ВНД или IRR) (табл. 3).

IRR – это *Internal Rate of Return*, что переводится на русский язык как «внутренняя норма доходности».

$$0 = \sum_{t=0}^T [CF_t/(1+IRR)^t], \quad (7)$$

где  $CF_t$  – денежные потоки от проекта в момент времени  $t$ ;

$T$  – количество периодов времени;

$IRR$  – внутренняя норма доходности.

Если расчет ЧДД инвестиционного проекта дает ответ на вопрос, является он эффективным или нет при некоторой заданной норме дисконта  $E$ , то ВНД проекта определяется в процессе расчета и затем сравнивается с требуемой инвестором нормой дохода на вкладываемый капитал.

<sup>1</sup>Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. – М.: Дело, 2018. – 1104 с. ISBN 978-5-7749-0518-8.

Таблица 1

Исходные данные для оценки экономической эффективности производства комплексного сплава «Алюмосиликохром» с использованием слабококсующихся углей

Кесте 1

Әлсіз уытты көмірді пайдалана отырып, «Алюмосиликохром» кешенді қорытпасы өндірісінің экономикалық тиімділігін бағалауға арналған бастапқы деректер

Table 1

Initial data for evaluating the economic efficiency of the production of the complex alloy «Alumosilicochrome» using low-coking coals

Варианты	Капитальные вложения, долл. США	Объем производства за месяц, т	Цена за 1 т комплексного сплава «Алюмосиликохром», долл. США	Экономический эффект за 4 месяца, долл. США
Действующий вариант	0	60,0	1800	–
Предполагаемый вариант	31838,2	60,0	1600	48000,0

Таблица 2

Расчет чистого дисконтированного дохода инвестиционного проекта

Кесте 2

Инвестициялық жобаның таза дисконтталған кірісін есептеу

Table 2

Calculation of the net discounted income of the investment project

Показатели	Периоды				$\sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}$	NPV
	1-й месяц	2-й месяц	3-й месяц	4-й месяц		
Инвестиционный капитал, долл. США	31838,2	–	–	–	–	–
Денежный поток, долл. США	96000,0	106560,0	118281,6	131292,58	–	–
Норма дисконта 10% $1/(1,1)^t$	0,91	0,83	0,75	0,68	–	–
$CF_t/(1+r)^t$	87273,6	88061,18	88864,96	89672,2	353872,57	4778,18

Таблица 3

Расчет внутренней нормы доходности (ВНД)

Кесте 3

Кірістіліктің ішкі нормасын есептеу (ІНК)

Table 3

Calculation of the internal rate of return (GNI)

Показатели	Периоды				ВНД, %
	1-й месяц	2-й месяц	3-й месяц	4-й месяц	
Инвестиционный капитал, долл. США	31838,2	–	–	–	–
Денежный поток, долл. США	96000,0	106560,0	118281,6	131292,6	258
Индекс рентабельности, %	3,6	12,8	45,9	164,3	–
ЧДД, долл. США	26815,6	8314,4	2577,9	799,3	38507,2

Таблица 4

Расчет дисконтированного срока окупаемости инвестиционного проекта (DPBP)

Кесте 4

Инвестициялық жобаның дисконтталған өтелу мерзімін есептеу (DPBP)

Table 4

Calculation of the discounted payback period of the investment project (DPBP)

Показатели	Периоды				DPBP, месяцы
	1 месяц	2 месяц	3 месяц	4 месяц	
Инвестиционный капитал, долл. США	31838,2	–	–	–	–
Денежный поток, долл. США	96000,0	106560,0	118281,6	131292,6	–
Норма дисконта, % ( $r = 10\%$ )	0,9	0,8	0,8	0,7	–
Чистая приведенная стоимость, долл. США	87273,6	88061,2	88865	89672,8	–
Дисконтированный срок окупаемости, месяцы	–	–	–	–	6,1

В случае, когда внутренняя норма доходности равна или больше требуемой инвестором нормы дохода на капитал (258%), инвестиции в данный проект оправданы, и может рассматриваться вопрос о его принятии, в противном случае инвестиции в данный проект нецелесообразны. Если сравнение альтернативных инвестиционных проектов по ЧДД и ВНД приводят к противоположным результатам, предпочтение следует отдавать ЧДД [6].

В нашем случае внутренняя норма доходности очень высокая и доказывает эффективность проекта.

Далее рассмотрим показатель, характеризующий срок окупаемости проекта (табл. 4).

Из расчетов видно, что срок окупаемости проекта составляет 6 месяцев.

### Обсуждение результатов

Таким образом, оценка эффективности предприятий ферросплавного производства должна учитывать:

- расчет показателей сравнения, включающий показатели количественного и качественного оценивания;
- активизацию повышения уровня экономической эффективности предприятий горно-металлургической промышленности в разрезе концепции устойчивого развития, позволяющей получить синергетический эколого-экономический эффект, частичными проявлениями которого является эффект предотвращения эколого-экономических убытков, замыкающих затрат, комплексного использования сырья и потенциала экономического роста [7].

Расчет основных показателей, характеризующих экономическую эффективность проекта создания мини-завода по производству комплексного сплава «Алюмосиликохром» подтверждает свою целесообразность. Следовательно, по всем видам ферросплавов проект будет экономически выгодным, так как позволяет: во-первых, достигнуть очень существенного снижения себестоимости, во-вторых, укладывается в небольшие капитальные вложения, в третьих, обеспечивает высокий уровень нормы доходности и, наконец, короткий срок окупаемости [8].

### Заключение

На основании теоретического обоснования и результатов аналитических исследований выявлена экономическая эффективность использования слабоокисляющихся углей в производстве ферросплавов и агломератов металлургической отрасли.

Методика расчета экономической эффективности использования слабоокисляющихся углей в ферро- и аглопроизводстве может быть применена при обосновании внедрения подобных технологий в металлургическом производстве [9]. Экономический эффект будет достигнут, в том числе, за счет увеличения объемов вовлечения более дешевых слабоокисляющихся углей в металлургическое производство, повышения прибыльности предприятия и его капиталоемкости на фоне снижения себестоимости производства конечного продукта и достижения оптимального экологического уровня.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ахметжанов Б., Тажибекова К.Б., Шаметова А.А. Обоснование необходимости использования высокозольных углей для производства стали. // Вопросы экономических наук. – 2019. – №2. – С. 6-13. (на русском языке)
2. Akhmetzhanov B., Tazhibekova K., Shametova A., Urazbekov A. Управление цепями поставок угля и экономическая эффективность использования высокозольного коксующегося угля в производстве ферросплавов. // Международный журнал управления цепями поставок. – 2019. – Т. 8. – №5. – С. 624-632. (на английском языке)
3. Ахметжанов Б., Тажибекова К.Б., Шаметова А.А. Анализ эффективности использования слабоокисляющихся углей в ферросплавном производстве. // Труды Университета. – 2019. – №3. – С. 41-44. (на русском языке)
4. Каренов Р.С., Акыбаева Г.С. Экономические условия, предпосылки устойчивого развития горно-металлургического комплекса Казахстана в прогнозируемом будущем. // Журнал перспективных исследований в области права и экономики. – 2016. – Т. 11. – Вып. 4. – С. 241-244. (на русском языке)
5. Мельник С.Г., Троцан А.И., Онищенко А.А., Белов Б.Ф. О применении Al-содержащих ферросплавов для раскисления стали. // Литье и металлургия. – 2013. – №3(72). – Спецвыпуск. – С. 117-120. (на русском языке)
6. Зинченко Ю.Н., Струтинский В.Н. Разработка закачки пылевидного угля в чугуноплавильное производство ПАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича». // Металл и литье в Украине. – 2013. – №10. – С. 11-14. (на русском языке)
7. Мусина И.Б., Такенов Т.Д., Толымбеков М.Ж. Оценка высокозольного низкофосфористого угля в качестве восстановителя при выплавке высокоуглеродистого феррохрома. // Тезисы докл. IV междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы и пути устойчивого развития горнодобывающих отраслей промышленности». – Казахстан: Хромтау, 2007. – С. 691-694. (на русском языке)
8. Jiang H., Mei Y. Прикладные исследования технологии AR на основе эргономической теории в горнодобывающей промышленности. // Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия. – 2019. – Т. 573. – №1. – С. 1120-1125. (на английском языке)

9. Байсанов С.О., Шабанов Е.Ж., Байсанов А.С. Вовлечение в металлургический передел отходов угольной и ферросплавной промышленности с получением лигатуры с хромом. // Труды университета. – 2017. – №4(69). – С. 24-26. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ахметжанов Б., Тажибекова К.Б., Шаметова А.А. Болат өндіру үшін күлі көп көмірді пайдалану қажеттілігінің негіздемесі. // Экономика ғылымдарының мәселелері. – 2019. – №2. – Б. 6-13. (орыс тілінде)
2. Akhmetzhanov B., Tazhibekova K., Shametova A., Urazbekov A. Көмір жеткізу тізбегін басқару және ферроқорытпа өндірісінде күлі жоғары кокстелетін көмірді пайдаланудың экономикалық тиімділігі. // Жеткізу тізбегін басқарудың халықаралық журналы. – 2019. – Т. 8. – №5. – Б. 624-632. (ағылшын тілінде)
3. Ахметжанов Б., Тажибекова К.Б., Шаметова А.А. Ферроқорытпа өндірісінде әлсіз коксталатын көмірді пайдалану тиімділігін талдау. // Университет еңбектері. – 2019. – №3. – Б. 41-44. (орыс тілінде)
4. Каренов Р.С., Ақыбаева Г.С. Экономикалық жағдайлар, болжанып отырған болашақта Қазақстанның тау-кен металлургия кешенінің тұрақты дамуының алғышарттары. // Құқық және экономика саласындағы перспективалық зерттеулер журналы. – 2016. – Т. 11. – Шығ. 4. – Б. 241-244. (орыс тілінде)
5. Мельник С.Г., Троцан А.И., Онищенко А.А., Белов Б.Ф. Болатты Қышқылдандыру үшін Al-бар ферроқорытпаларды қолдану туралы. // Құю және металлургия. – 2013. – №3(72). – Арнайы шығарылым. – Б. 117-120. (орыс тілінде)
6. Зинченко Ю.Н., Струтинский В.Н. «Ильич атындағы Мариуполь металлургия комбинаты» ЖАҚ шойын балқыту өндірісіне шаң тәрізді көмірді айдауды әзірлеу // Украинадағы Металл және құю. – 2013. – №10. – Б. 11-14. (орыс тілінде)
7. Мусина И.Б., Такенов Т.Д., Толымбеков М.Ж. Жоғары көміртекті феррохромды балқыту кезінде тотықсыздандырғыш ретінде күлі төмен фосфорлы көмірді бағалау. // «Өнеркәсіптің тау-кен өндіру салаларын тұрақты дамыту мәселелері мен жолдары» IV Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның тезистері. – Қазақстан: Хромтау, 2007. – Б. 691-694. (орыс тілінде)
8. Jiang H., Mei Y. Тау-кен өнеркәсібіндегі эргономикалық теорияға негізделген AR технологиясын қолданбалы зерттеу. // IOP конференция сериясында: Материалтану және инженерия. – 2019. – Т. 573. – №1. – Б. 1120-1125. (ағылшын тілінде)
9. Байсанов С.О., Шабанов Е.Ж., Байсанов А.С. Хроммен лигатура ала отырып, көмір және ферроқорытпа өнеркәсібінің қалдықтарын металлургиялық өңдеуге тарту. // Университет еңбектері. – 2017. – №4(69). – Б. 24-26. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Akhmetzhanov B., Tazhibekova K.B., Shametova A.A. Justification of the need to use high-ash coals for steel production. // Questions of Economic Sciences. – 2019. – №2. – P. 6-13. (in Russian)
2. Akhmetzhanov B., Tazhibekova K., Shametova A., Urazbekov A. Coal supply chain management and economic efficiency of using high-ash coking coal in ferroalloy manufacturing. // International Journal of Supply Chain Management. – 2019. – Vol. 8. – №5. – P. 624-632. (in English)
3. Akhmetzhanov B., Tazhibekova K. B., Shametova A. A. Analysis of the efficiency of using low-coking coals in ferroalloy production. // Proceedings of the University. – 2019. – №3. – P. 41-44. (in Russian)
4. Karenov R.S., Akybaeva G.S. Economic conditions, prerequisites for sustainable development of the mining, metallurgical complex of Kazakhstan in the predicted future. // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2016. – Vol. 11. Issue 4. – P. 241-244. (in Russian)
5. Mel'nik S.G., Trocan A.I., Onishchenko A.A., Belov B.F. On the use of Al-containing alloys for deoxidation of steel. // Casting and metallurgy. – 2013. – №3(72). – Special issue. – P. 117-120. (in Russian)
6. Zinchenko Y.A., Strutinskiy V.A. Pulverized coal injection development in iron smelting at PJSC «Ilyich Iron and Steel Works of Mariupol». // Metal and casting in Ukraine. – 2013. – №10. – P. 11-14. (in Russian)
7. Musina I.B., Takenov T.D., Tolymbekov M.Zh. Evaluation of high-ash low-phosphorous coal as a reducing agent in the smelting of high-carbon ferrochrome. // Abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference «Problems and Ways of sustainable Development of Mining industries». – Kazakhstan: Khromtau, 2007. – P. 691-694. (in Russian)

8. *Jiang H., Mei Y. Application Research of AR Technology Based on Ergonomic Theory in Mining Industry. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 573. – №1. – P. 1120-1125. (in English)*
9. *Baisanov S.O., Shabanov E.Zh., Baisanov A.S. Involvement in the metallurgical processing of waste from the coal and ferroalloy industry with the production of ligature with chromium. // Proceedings of the University. – 2017. – №4(69). – P. 24-26. (in Russian)*

#### Сведения об авторах:

**Ахметжанов Б.**, д-р эконом. наук, профессор кафедры «Экономика и менеджмент» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [akhmetzhanov.bura@mail.ru](mailto:akhmetzhanov.bura@mail.ru)

**Тажобекова К.Б.**, канд. эконом. наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [kashamida@mail.ru](mailto:kashamida@mail.ru)

**Шаметова А.А.**, канд. эконом. наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [ashametova.74@mail.ru](mailto:ashametova.74@mail.ru)

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Ахметжанов Б.**, экономика ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Экономика және менеджмент» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), [akhmetzhanov.bura@mail.ru](mailto:akhmetzhanov.bura@mail.ru)

**Тажобекова К.Б.**, экономика ғылымдарының кандидаты, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Экономика және менеджмент» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), [kashamida@mail.ru](mailto:kashamida@mail.ru)

**Шаметова А.А.**, экономика ғылымдарының кандидаты, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Экономика және менеджмент» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), [ashametova.74@mail.ru](mailto:ashametova.74@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Akhmetzhanov B.**, Doctor of Economics, Professor at the Department «Economics and Management» of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), [akhmetzhanov.bura@mail.ru](mailto:akhmetzhanov.bura@mail.ru)

**Tazhibekova K.B.**, PhD in Economics, Associate Professor at the Department «Economics and Management» of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), [kashamida@mail.ru](mailto:kashamida@mail.ru)

**Shametova A.A.**, PhD in Economics, Associate Professor at the Department «Economics and Management» of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), [ashametova.74@mail.ru](mailto:ashametova.74@mail.ru)

#### ПОСТАВКА КАЧЕСТВЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ:

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

#### ПОСТАВКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

##### Угольная промышленность:

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

##### Цветная промышленность, драгоценные и редкоземельные металлы:

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

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

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



ООО «ФЛОТЕНТ КЕМИКАЛС РУС»

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

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

e-mail: [aqwasama@mail.ru](mailto:aqwasama@mail.ru), [am@flotent.com](mailto:am@flotent.com), [or@flotent.com](mailto:or@flotent.com)

[www.flotent.com](http://www.flotent.com)



**SMART** УМНАЯ  
ИНДУСТРИЯ '21

**МЕЖОТРАСЛЕВАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА**

Практики и технологии  
трансформации производств  
и повышения эффективности

**ПРЕЗИДЕНТ ОТЕЛЬ**

15-16 июня 2021  
Москва, Россия



## ИМПУЛЬС ПРОГРЕССА: ПЕРВАЯ КРОСС-ИНДУСТРИАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА SMART INDUSTRY CONFERENCE 2021

*С 15 по 16 июня 2021 года в московском «Президент-Отеле» состоится первая кросс-индустриальная конференция-выставка Smart Industry Conference '21 (Умная Индустрия '21). Мероприятие пройдет в гибридном формате (очное и онлайн участие), благодаря чему возможность принять участие будет и у компаний, прежде не представленных в России.*

Очные конференция и выставка будут дублироваться на гибридной виртуальной 3D платформе, которая будет действовать в течение 12 месяцев в формате 24\7 до начала мероприятия следующего года.

*Ключевая цель мероприятия* – объединение и обмен опытом в области цифровой трансформации и технологий Индустрии 4.0 между компаниями из различных отраслей промышленности.

Таким образом, Smart Industry Conference призвана стать площадкой для обмена решениями и технологиями, направленными на повышение операционной эффективности, развитие бизнеса и производств.

Участники и гости мероприятия смогут ознакомиться с результатами успешного внедрения умных технологий в горно-металлургической,

горнодобывающей, нефтегазовой и других ключевых экономических и промышленных секторах. В ходе дискуссий будут рассмотрены возможности и перспективы адаптации и масштабирования в различных отраслях промышленности высокоэффективных технологий, разработанных для отдельных компаний.

Новый формат «спрос-предложение» позволит выстроить в рамках мероприятия эффективную коммуникацию между поставщиками технологий, продукции, услуг и конечными потребителями. В первую очередь, конференция будет интересна представителям нефтегазового, горно-металлургического, горнодобывающего, энергетического, строительного, транспортного сектора, консалтинговых компаний, разработчикам и поставщикам цифровых технологий и решений, сотрудникам инвестиционных компаний и фондов, банков, регуляторов, IT-стартапов.

Сайт мероприятия [smartindustry.live](http://smartindustry.live)

Телефон секретариата конференции: +7 495 128 35 77



**4 марта завершила свою работу IV Международная геолого-геофизическая конференция и выставка «ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях», проводимая некоммерческими общественными организациями – Евро-Азиатским геофизическим Обществом (ЕАГО) и Российским Геологическим Обществом (РОСГЕО). Организаторами мероприятия были: Московское отделение ЕАГО, Группа компаний ИГТ и ООО «ГеоЕвразия». Впервые мероприятие прошло в online формате.**

Итоги мероприятия наглядно продемонстрировали, что, несмотря на сложную ситуацию в отрасли и последствия эпидемии коронавируса, конференция и выставка «ГеоЕвразия» остается одним из самых масштабных мультидисциплинарных геолого-геофизических мероприятий, проводимых в России. Несмотря на временное изменение формата проведения мероприятия на online, в 2021 году количество зарегистрированных участников превысило пятьсот человек. За три дня работы конференции делегаты смогли прослушать и обсудить 189 докладов в рамках 9 круглых столов и семинаров и 11 технических сессий.

Перед организаторами мероприятия стояли важные стратегические задачи – оценить текущее состояние российских геолого-геофизических предприятий отрасли, определить приоритетные направления развития геологоразведки углеводородного сырья и твердых полезных ископаемых, рассмотреть технологические тренды в полевой сейсморазведке, скважинных исследованиях, потенциальных методах и электроразведки, актуализировать состояние отечественных и зарубежных высокотехнологичных программных продуктов, в том числе с использованием методов машинного обучения и искусственного интеллекта, повысить эффективность работы геофизической службы, выявить прорывные технологические достижения, особенно в области аэротехнологий с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Большой интерес среди участников форума вызвал круглый стол «Стратегии геологоразведочных работ

в эпоху турбулентной нефти» в первый день работы мероприятия. Были подняты такие острые вопросы, как текущее состояние геологоразведочных работ и обеспеченность текущими запасами добычи нефти, энергопереход и COVID, основные катализаторы ускорения падения добычи нефти в РФ, причины низкой эффективности ГРП на современном этапе, стимулирование нефтепоисковых работ или как привлечь инвестиции, и многие другие. Среди докладчиков круглого стола выступили А.П. Афанасенков (АО «Росгеология»), К.О. Соборнов (ООО «Северо-Уральская нефтегазовая компания»), А.В. Соколов (ООО «ПЕТРОГЕКО»), доклады которых вызвали живую дискуссию.

В работе конференции большое внимание было уделено вопросам обработки и интерпретации сейсмических данных, особенно семинарам «Полноволновая инверсия (FWI) как современный инструмент получения высокоточных глубинно-скоростных моделей и качественного изображения среды», «Состояние и перспективы 4D сейсморазведки в РФ», «Инверсия сейсмических данных с учетом геологической информации», подготовленные С.В. Горбачевым (ООО «РН-Шельф-Арктика»), К.Ю. Кудрявцевым (ООО «СЖЖ Восток») и И.Н. Керусовым (ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»). Только на одной технической сессии «Обработка сейсмических данных» собралось 170 участников. Были представлены доклады ведущих специалистов компаний, выступающих лидерами в области предоставления услуг в данной области в РФ, таких как ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка», ООО «Сеймотек», ООО «СЖЖ Восток»,

Magseis Fairfield ASA, ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», ИНГГ СО РАН и многие другие.

В рамках технической программы обсуждались такие темы как геофизические исследования скважин, новые зоны нефтегазонакопления, технологии активной и пассивной сейсморазведки, интерпретация и обработка геофизических данных, петрофизика и геомеханика, моделирование волновых полей, региональные геолого-геофизические исследования, геологическое моделирование, новые технологии геофизических методов, инженерно-геофизические и морские исследования. Статистические данные по учету участников в рамках отдельных тематических сессий показали, что виртуальный зал заполнялся в среднем 60-70 слушателями.

На «ГеоЕвразия-2021» по инициативе председателя Оргкомитета, исполнительного директора Группы ИГТ Дмитрия Агапитова, уже третий раз была организована представительная научно-практическая сессия по рудной геологии, на которой обсуждались вопросы современных методов геологоразведки, геоинформационных систем, геомоделирования рудных месторождений, комплексирования дистанционных и классических методов поиска рудных месторождений.

В формате обучающего курса с практическими решениями прошел семинар «Искусственный интеллект в геологоразведке», организованный спонсором ООО «ГридПоинт Дайнамикс». Специалисты компании поделились успешным опытом разработки и внедрения инструментов искусственного интеллекта и машинного обучения для решения задач разведки и добычи, а также продемонстрировали примеры внедрения машинного обучения на практике в реальных производственных проектах.

В последний день работы конференции под руководством и модерированием Н.А. Рыбина («Газпром недра») и М.Ю. Токарева (МГУ имени М.В. Ломоносова), председателя программного комитета конференции, прошел семинар по технологиям морских изысканий, на котором были рассмотрены инновационные технологии трехмерных и мультимедийных исследований, возможности комплексирования различных методов с буксируемым и донным оборудованием, перспективы использования автономных средств для работы на шельфе.

Мероприятие посетили представители более 150 различных компаний из многих регионов РФ, а также стран ближнего и дальнего зарубежья, таких как Казахстан, Узбекистан, Канада, Китай, Тунис, Франция, Норвегия. Среди участников были представители нефтегазовых, сервисных компаний, ведущих вузов и НИИ, разработчики программных продуктов и аппаратуры, в т.ч.: ПАО «НК «Роснефть» и дочерние предприятия, ПАО «Газпром нефть» и дочерние предприятия, ПАО «ЛУКОЙЛ» и дочерние предприятия,

ПАО «Сургутнефтегаз», АО «Башнефтегеофизика», ПАО «ВЫСОЧАЙШИЙ», Российский геологический холдинг «Росгеология», CGG, ООО «ГЕОЛАБ», АО «Башнефтегеофизика», ExxonMobil Russia Inc., ООО «Недрасофт», ООО «ГеоПрайм», ООО «Петротрейс», Schlumberger, АО «НПП «Радар ММС», ГНПП «Аэрогеофизика», ИНГГ СО РАН, RadExPro, Seequent Ltd., МФТИ, ФГБУ «ВНИГНИ», Яндекс Облако, Phoenix Geophysics LTD и многие другие.

На трехдневной выставке имели возможность показать себя и свои достижения компании-экспоненты: Rock Flow Dynamics, Halliburton, компания «Геотехнологии», консорциум «SiberGeo», который объединяет российских производителей («КБ Электрометрии» и НПО «Терразонд»), Dynamic Technologies (DTCC), Группа ИГТ, Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова, Научная компания «Сплит». Для интерактивного общения с представителями компаний были организованы отдельные виртуальные комнаты, которые работали в рамках составленной программы.

Бесплатное участие студентов и аспирантов, а также проведение семинаров и круглых столов было обеспечено за счет спонсорской поддержки ряда компаний: Группа ИГТ, НК «Сплит», ООО «ГридПоинт Дайнамикс», ООО «ЦМИ МГУ», ООО «ПЕТРОГЕКО», ООО «Деко-геофизика», ООО «Морские инновации». Организаторы выражают руководству этих компаний отдельную благодарность за постоянную поддержку конференций серии «ГеоЕвразия».

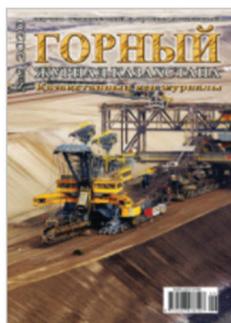
Прошедшая конференция еще раз подтвердила, что за прошедшие годы геофизические методы продолжают успешно развиваться, достигнуты серьезные успехи в поисках месторождений нефти, газа, рудных полезных ископаемых. Форум продемонстрировал практическую и научную значимость таких высокопрофессиональных встреч.

Можно смело утверждать, что конференция и выставка «ГеоЕвразия» по праву занимает лидирующую позицию в тематике геолого-геофизических конференций по высокому уровню докладов и государственной масштабности обсуждаемых проблем. Оргкомитет конференции и ее модераторы планируют написать обращение руководству МИНПРИРОДЫ и РОСНЕДРА с просьбой рекомендовать недропользователям и ведущим нефтяным и сервисным компаниям принять активное участие в пятой конференции «ГеоЕвразия 2022», которая планируется в марте 2022 г.

В настоящий момент ОРГКОМИТЕТ приступил к формированию сборника тезисов «ГеоЕвразия 2021» и видеоматериала по представленным докладам. На официальном сайте [www.gece.moscow](http://www.gece.moscow) Вы сможете ознакомиться с материалами «ГеоЕвразии 2021», а также подписаться на рассылку новостей о будущей конференции «ГеоЕвразия 2022».

[www.gece.moscow](http://www.gece.moscow)

# ОТКРЫТА ПОДПИСКА



**КАЗПОЧТА**

**ЕВРАЗИЯ ПРЕСС**

**ЭВРИКА-ПРЕСС**

**Подписной индекс 75807**

**Заявка на главной странице сайта MINMAG.KZ**

## ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

Заполните форму и мы перезвоним Вам в ближайшее время

Ваше имя \*

Ваш телефон \*

Ваш e-mail \*

Полные реквизиты

Количество экземпляров

Все Ваши данные конфиденциальны и не распространяются третьим лицам

## Следите за новостями!



[minmag.kz](http://minmag.kz)



[@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)



[+7 747 343 15 02](https://wa.me/77473431502)



[post-dts@yandex.kz](mailto:post-dts@yandex.kz)

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



## «ПЕРВЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КАНАЛ»

117292, Москва, Кедрова, 19-72

Уважаемые коллеги!

*Рады сообщить вам, что Оргкомитет Фестиваля документальных фильмов о горнодобывающей отрасли MineMovie (проводится Форумом MINEX и Первым Геологическим каналом с 2019 года) утвердил Положение о проведении MineMovie-2021.*

Фестиваль пройдет в рамках Форума MINEX с 5 по 7 октября 2021 г. Прием заявок начнется не позднее **1 августа 2021 г.** Представляем новшества.

1. Добавлена номинация «Хроники горнодобычи». Цель – чтобы исторические ролики (реально – ролики 50-80-х годов) не конкурировали с фильмами сегодняшнего дня.

2. Номинация «Лучшие экологические и социальные проекты» разделена на две: «Лучшие экологические проекты» и «Лучшие социальные проекты (Корпоративная социальная ответственность – КСО)».

**Итого, теперь Фестиваль будет проводиться по 7 номинациям:**

- лучший фильм о компании;
- лучший фильм об инновациях;
- лучший фильм о социальных проектах;
- лучший фильм об экологических проектах;
- лучший фильм о профессии;
- хроники горнодобычи;
- лучший рекламный ролик.

3. Будет вручаться «Гран-при» как главный приз Фестиваля за лучший фильм, поданный в текущем году на Фестиваль. Гран-при может быть присужден фильму, поданному на любую из номинаций Фестиваля.

4. Количество фильмов, подаваемых одной компанией на одну номинацию, ограничено до 1.

5. На конкурсную программу будут приниматься фильмы, снятые в последние 2 года, 2019-2021 гг. (кроме «исторической» номинации).

6. Фильмы, ранее подававшиеся на Фестиваль, не могут заявляться повторно.

**Приглашаем вашу компанию стать спонсором Фестиваля!**

### Справка

Фестиваль MineMovie проводится с 2019 года. На конкурсную программу Фестиваля в 2020 году было подано 88 фильмов от 31 компании из России, Казахстана, Белоруссии. В шорт-лист Фестиваля было отобрано 28 фильмов. Награды получили 14 фильмов. Жюри Фестиваля в разные годы возглавляли ректор Высшей Школы кино «Арка» при ВШЭ Дмитрий Котов (2019) и известный кинодокументалист, режиссер и сценарист, член Союза кинематографистов Дарья Хренова (2020).

Лауреатами Фестиваля становились компании: ММК, Полюс, Полиметалл, Петропавловск, Стойленский ГОК, Sandvik, Сибуглемет, Бурятзолото, СУЭК, «Богатырь Комир», ERG, Стройсервис, KAZ Minerals, VOZDUHFILM, «Инсталлтехно креатив групп» (Кузбассразрезуголь/УГМК), АО ТНК Казхром, АО РМК, Институт Минералогии УрО РАН, Норильский Никель, Северсталь, Highland Gold.

Спонсором Фестиваля в 2020 году выступили: компания Micromine Rus и НИТУ МИСиС.

**Александр Прокин**, сопредседатель Оргкомитета Фестиваля MineMovie-2021, главный редактор Первого Геологического канала, к.т.н., [AlexProkin@gmail.com](mailto:AlexProkin@gmail.com), +7 985 281-0074

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

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

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

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

**Дополнительные рубрики:**

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

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

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, 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](http://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, ORCID, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна) предоставляются на казахском и русском языках;
  - полное название организации (-й), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
  - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (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 метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия;

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

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

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

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

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

#### 4. Стоимость публикации.

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

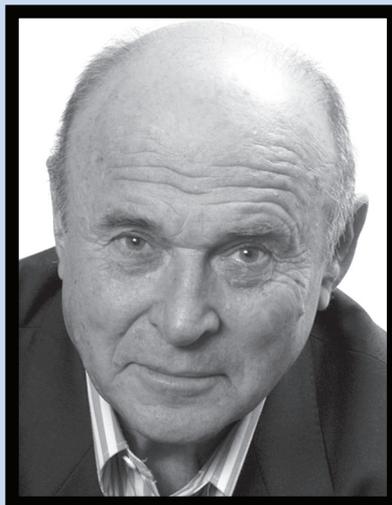
25 января 2021 года на 90-м году жизни от коронавируса скончался Виталий Иванович Борщ-Компониец.

В толковом словаре русского языка сказано: «Классик – выдающийся, общепризнанный деятель науки, искусства, литературы, работы которого имеют непреходящую ценность». Виталий Иванович как раз был классиком – выдающимся советским ученым, специалистом по геомеханике и маркшейдерскому делу, доктором технических наук, профессором, лауреатом Государственной премии СССР, членом-корреспондентом РАЕН, почетным доктором Фрайбергской горной академии.

С 1976 г. по 2000 г. Виталий Иванович заведовал кафедрой МГРИ-РГГРУ им. С. Орджоникидзе.

По написанным им учебникам по геодезии и маркшейдерскому делу учились многие поколения геологов, горняков и маркшейдеров.

В сферу научной деятельности Виталия Ивановича Борщ-Компоницеца входили маркшейдерское дело, геомеханика, физические процессы горного производства, технология подземной разработки рудных месторождений. Одним из первых в стране и мире В.И. Борщ-Компониец развил представления о структурном ослаблении массива горных пород трещинами, используя методы эквивалентного физического моделирования и натуральных испытаний.



**Виталий Иванович  
Борщ-Компониец  
(1931-2021)**

Огромный вклад Виталия Ивановича в развитие технологии и практики управления горным давлением при разработке Жезказганского месторождения. Ему он посвятил более 50 лет своей жизни. Виталий Иванович экспериментально в натуральных условиях доказал факт разгрузки междукамерных целиков более жесткими барьерными целиками. Уже более 60 лет Жезказганское месторождение обрабатывается по этой технологии.

Результаты исследований Виталия Ивановича Борщ-Компоницеца легли в основу десятка изобретений, защищенных патентами. Он – автор почти 200 научных работ по вопросам механики горных пород, разработки рудных и угольных месторождений, маркшейдерского дела.

Научные достижения Виталия Ивановича в геомеханике отмечены Государственной премией СССР в области науки и техники 1989 года в составе творческого коллектива за создание и внедрение методов управления горным давлением при подземной разработке рудных месторождений на основе исследований напряженного состояния массива.

Несмотря на свои 90 лет, Виталий Иванович был полон энтузиазма, творческих идей, строил планы, но их осуществлению помешал не возраст, а коварная болезнь. Ушел еще один корифей науки, интеллектуал и интеллигент, и тем острее чувство потери.

*Филиалы РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева» и ТОО «Корпорация Казахмыс» глубоко скорбят по поводу кончины Виталия Ивановича Борщ-Компоницеца и искренне соболезнуют его родным, друзьям и коллегам.*