

Материалы

**Международной научно-практической конференции
«Инновации и комплексная переработка минерального сырья –
актуальные составляющие диверсификации экономики»,
посвященной
30-летию РГП «НЦКПМС РК»
и 15-летию РОО «КазНАЕН»**

2 ТОМ

Алматы, 2024

УДК 338.45
ББК 26.325
М34

*Рекомендовано к изданию Ученым советом
РГП «Национальный центр по комплексной переработке
минерального сырья Республики Казахстан»*

Ответственные редакторы:

*академик, д.т.н. А.А. Жарменов
академик, д.т.н. А.Ж. Терликбаева
профессор, д.т.н. С.В. Ефремова*

ISBN 978-601-08-4496-4

под редакцией академика, д.т.н. А.А. Жарменова, академика, д.т.н. А.Ж. Терликбаевой, профессора, д.т.н. С.В. Ефремовой
Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации и комплексная переработка минерального сырья – актуальные составляющие диверсификации экономики», посвященной 30-летию РГП «НЦКПМС РК» и 15-летию РОО «КазНАЕН»

ISBN 978-601-08-4496-4

2 Том Сборника содержит Приветственные слова, Материалы Пленарного заседания, 1-3 секций Международной научно-практической конференции **«Инновации и комплексная переработка минерального сырья – актуальные составляющие диверсификации экономики»**, посвященной 30-летию РГП «НЦКПМС РК» и 15-летию РОО «КазНАЕН». Представлены концептуальные вопросы комплексной переработки минерального сырья в свете современных приоритетов научно-технологической политики государства, призванные обеспечить модернизацию национальной экономики.

УДК 338.45
ББК 26.325
М34

ISBN 978-601-08-4496-4

© РГП «НЦКПМС РК», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Приветственные слова	7
Шарлапаев Канат Бисимбаевич , <i>Министр промышленности и строительства Республики Казахстан</i>	8
Панбаев Азамат Серикович , <i>Председатель Комитета промышленности Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан</i>	9
Абыкаев Нуртай , <i>Президент Казахстанской национальной академии естественных наук</i>	12
Жарменов Абдурасул Алдашевич , <i>Генеральный директор РГП «НЦКПМС РК», академик НАН РК, д.т.н., профессор</i>	14
Журинов Мурат Журинович , <i>Президент РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», д.х.н., профессор</i>	16
Дашням Дашделег , <i>Старший Советник Премьер-Министра Монголии</i>	17
Кокшаров Виктор Анатольевич , <i>Ректор Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина</i>	18
Захаров Валерий Николаевич , <i>Директор ИПКОН РАН, академик, Трубецкой Климент Николаевич</i> , <i>Председатель Научного совета РАН по проблемам горных наук, академик, Чантурия Валентин Алексеевич</i> , <i>Председатель Научного совета РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых, академик</i>	19
Турабджанов Садритдин Махаматдинович , <i>Ректор Ташкентского государственного технического университета им. И. Каримова, академик АН РУз, д.т.н., профессор</i>	21
Искандиров Мукаш Зулкарнаевич , <i>Депутат Мажилиса Парламента Республики Казахстан</i>	22
Ужкенов Булат Султанович , <i>Президент Академии минеральных ресурсов Республики Казахстан, д.геолог.-мин.н., профессор</i>	23
Цеховой Алексей Филиппович , <i>1-ый Вице-президент, Генеральный директор Международной Академии информатизации, д.т.н., профессор</i>	24
Радостовец Николай Владимирович , <i>Исполнительный директор Республиканской ассоциации Горнодобывающих и горно-металлургических предприятий</i>	25
О вехах развития НЦКПМС РК <i>Терликбаева А.Ж., Ефремова С.В.</i>	28
Пленарная секция	31
Современная ситуация в горнодобывающей промышленности Монголии и редкоземельные элементы <i>Батцэнгэл Баатар, Хаумдас Ашим, Баярдулам Жамьянсурэн</i>	32
Научно-техническая поддержка развития атомной энергетики в Республике Казахстан <i>Батырбеков Э.Г.</i>	34
Развитие инновационных технологий переработки золотосодержащих руд <i>Болотова Л.С., Суримбаев Б.Н., Шалгымбаев С.Т.</i>	36

Инновации и комплексная переработка минерального сырья металлургической отрасли РФ <i>Заякин О.В.</i>	40
Новые технологии добычи минерального сырья из жильных месторождений Кыргызстана <i>Кожогулов К.Ч., Кожогулов Б.К.</i>	43
Целостный инвестиционный подход к комплексному освоению вольфрамовых месторождений Казахстана <i>Лю Лицян</i>	44
Перспективы устойчивого развития Республики Казахстан в контексте водной безопасности <i>Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С.</i>	46
Минерально-индустриальный мегакомплекс – материально-техническая база научно-технического прогресса <i>Ракишев Б.</i>	54
Методы повышения прочности алюминиевых сплавов <i>Тураходжаев Н.Д., Юнусова М.</i>	64
Утилизация техногенных образований металлургии и коммунальных отходов <i>Шешуков О.Ю., Михеенков М.А., Рогожников Д.А., Егиазарьян Д.К., Клеоновский М.В., Михеенков А.М.</i>	67
Секция 1. Коммерциализация результатов научно-технической деятельности – приоритет Нового Казахстана	69
Производство железного порошка из Казахстанской окалины <i>Ахметов А.С., Махамбетов Е.Н., Бурумбаев А.Г., Сәулебек Ж.Қ., Жақан А.М.</i>	70
Законодательные основы вовлечения техногенных минеральных образований в ресурсные базы предприятий ГМК <i>Закариянов Е.К., Итжанова А.Б.</i>	72
Технология комплексной переработки фосфогипса с извлечением редкоземельных элементов <i>Найманбаев М.А., Лохова Н.Г., Балтабекова Ж.А., Каршигина З.Б.</i>	79
Магнитные свойства и электронное строение сплавов железо-лантан при высоких температурах <i>Осипов П.А., Сағындыков А.Б., Шаяхметова Р.А., Айткулов Д.К.</i>	82
Электрохимия восстановительных процессов в доменных и рудотермических печах <i>Рощин В.Е., Рощин А.В.</i>	84
Выплавка высокоуглеродистого феррохрома с использованием предварительно восстановленного хромового сырья <i>Сәулебек Ж.Қ., Махамбетов Е.Н., Төлеуқадыр Р.Т., Шабанов Е.Ж.</i>	86
Влияние репатриаций на экономическое развитие Казахстана в годы независимости <i>Сарбасов М.</i>	88
Оценка отходов металлургических предприятий для использования в производстве огнеупоров <i>Сатбаев Б.Н., Кокетаев А.И., Шалабаев Н.Т., Сатбаев А.Б., Нурумғалиев А.Х.</i>	91

Секция 2. Индустрия 4.0 в минерально-сырьевом комплексе	94
Научно-методические основы для создания системы мониторинга напряженно-деформированного состояния горных пород <i>Әбдікәрімова Г.Б., Балтиева А.А., Бердинова Н.О., Шамганова Л.С.</i>	95
Исследование методов определения оптимальных режимов резания для станков с устройством числового управления гибких производственных систем <i>Абдувалиев А.М.</i>	97
Разработка и внедрение программно-технического комплекса высокоточного спутникового позиционирования <i>Балтиева А.А., Шамганова Л.С., Абдикаримова Г.Б.</i>	100
Аспекты технологического менеджмента основных производственных процессов на карьерах <i>Бояндинова А.А., Адилханова Ж.А.</i>	102
Методическое обеспечение управления геотехнологическими комплексами с учётом качества подготовки горных пород к выемке <i>Галиев С.Ж., Аксаналиев Н.Е.</i>	104
Методическое обеспечение управления геотехнологическими комплексами на открытых разработках с учётом ESG требований <i>Галиев С.Ж., Утешов Е.Т., Галиев Д.А., Текенова А.Т.</i>	107
О новом подходе к выбору горнотранспортного оборудования экскаваторно-автомобильных комплексов в условиях повышенной конкурентоспособности <i>Глебов А.В., Репин Л.А.</i>	110
Инновационный подход к прогнозу гидрогеомеханических процессов при подработке водных объектов – основа безопасности при освоении недр <i>Милетенко Н.А.</i>	113
Диагностика циклических короткопериодных движений массива горных пород месторождений Донского ГОКа <i>Панжин А.А.</i>	116
Оценка параметров напряженно-деформированного состояния массива горных пород месторождений Донского ГОКа <i>Панжин А.А.</i>	122
Секция 3. Новые технологии добычи и переработки минерального сырья	129
Темір, никель және кобальт сияқты бағалы металдарды алу үшін қалдықтарды қайта өңдеу <i>Қуандықова А.Н., Мамырбаева К.К., Қали А.Ә.</i>	130
Achieving uniform carbide grain distribution in fine-grained hard alloys <i>Sakhova B.T., Terlikbayeva A.Zh., Alimzhanova A.M., Mukhametzhanova A.A.</i>	132
Установление закономерностей формирования кислородных функциональных групп активированного углеродного сорбента для сорбционных процессов <i>Әбдімомын С., Абдурахытова Д., Атчабарова А., Муканов А., Токпаев Р., Курбатов А.</i>	134
Изучение метода мембранной нанофильтрации хвостовых растворов предприятия по переработке свинцовых пылей <i>Алтайбаев Б.Т., Туркменбай Д.А., Айтжанов Ж.К.</i>	137

О возможности получения ферросплава из сульфидной руды Шалкия и кека выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов <i>Бадикова А.Д., Шевко В.М., Айткулов Д.К.</i>	140
Новое связующее при кучном выщелачивании медных руд <i>Есенгараев Е.К., Болотова Л.С., Акжаркенов М.Д., Хумарбекулы Е., Шалгымбаев С.Т.</i>	143
Углеродные сорбенты из техногенного сырья <i>Кабланбеков А.А., Ефремова С.В., Бердикулова Ф.А., Терликбаева А.Ж., Жарменов А.А.</i>	146
Проблемы и перспективы цианидного выщелачивания золота из сульфидных руд и концентратов <i>Каналы Е.С.</i>	147
Механизм и применение хлорирующей обработки руд <i>Курмангалиев Д.Б.</i>	150
Поисковые исследования по влиянию углерода и железосодержащего материала при электроплавке руды Шалкия <i>Маханбетова Б.А., Шевко В.М., Айткулов Д.К.</i>	152
Получение синтетического карналлита из хлоридных растворов <i>Мухаметжанова А.А., Шаяхметова Р.А.</i>	155
Синтез и рентгенографическое исследование никелито-манганита неодима и лантана $NdLi_2NiMnO_5$ <i>Сагинтаева Ж.И., Касенова Ш.Б., Куанышбеков Е.Е., Касенов Б.К.</i>	158
Изучение формирования сложной морфологии поверхности пористого кремния <i>Сагындыков А.Б., Осипов П.А.</i>	160
Технология применения защитного слоя при плавке алюминиевых сплавов <i>Тураходжаев Н.Д., Каримов К.А., Абдусаидов Ё.</i>	162
Технология загрузки шихты для плавки алюминиевых сплавов в газовых печах <i>Тураходжаев Н.Д., Каримов К.А., Ибодуллаев А.А.</i>	164
Утилизация твердых бытовых отходов с уничтожением источника неприятного запаха от разложения органики и рекультивация земли на мусорных полигонах <i>Хен В.А.</i>	166
Влияние добавки пероксида водорода при выщелачивании золота. Обзор существующих исследований, методы и перспективы <i>Хумарбекулы Е.</i>	169
Обоснование замены железосодержащего материала при выплавке ферросплава из аморфных пород <i>Шевко В.М., Бадикова А.Д., Миркаев Н.М.</i>	171

Приветственные слова



Құрметті ұлттық орталық ұжымы!

Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығын 30 жылдық мерейтойымен шын жүректен құттықтаймын!

Сіздердің көп жылғы еңбектеріңіз еліміздің тау-кен металлургия өнеркәсібі мен отандық ғылымның дамуына үлкен үлес қосты.

Сіздердің инновациялық жобаларыңыздың нәтижесінде әлемде алғаш рет осмий-187 изотопы, қазақстандық ферросиликоалюминий қорытпасы, сондай-ақ қорғасынды алудың автогенді электр процесі (КИВЦЭТ) сияқты жаңа технологиялар пайда болды.

Ұлттық орталық әзірлеген бірегей технологиялар Қазақстанда ғана емес, шетелде де кеңінен қолданылуда.

Құрметті әріптестер!

Сіздерге молынан шығармашылық табыс тілеймін.

Ел ғылымы мен өнеркәсібінің дамуына қосқан үлестеріңіз үшін зор алғысымызды білдіреміз.

***Қазақстан Республикасы
Өнеркәсіп Және Құрылыс
Министрі***



К.Б. Шарлапаев



Құрметті конференцияға қатысушылары мен қонақтары!

Қазақстан Республикасы Өнеркәсіп және құрылыс министрлігі атынан «Инновациялар және минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу - экономика диверсификациясының өзекті құрамдас бөліктері» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының қатысушыларын қарсы алуға рұқсат етіңіздер.

Ғылыми форум - кез келген мемлекет үшін маңызды оқиға, өйткені ғылым саланың және экономикадағы дамудың негізі болып табылады. Соңғы уақытта елімізде ғылымға деген көзқарас түбегейлі өзгерді, және оған отандық индустрияның әлеуетін ашуға бағытталған ғылыми-техникалық қамтамасыз етудің маңызды міндеті қойылды, жоғары технологияларды игеру және қазақстандық шикізатты қайта өңдеу басты назарда.

Өнеркәсіп және құрылыс министрлігі үшін бұл міндет жаңа емес, өйткені біздің министрлікте ведомстволық ғылыми ұйымдар өндірістік сектормен тығыз ынтымақтастықта жұмыс істейді. Бұл ретте, бірінші кезекте, Минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу ұлттық орталығы ерекше назарға ие. ҚР МШКҚӨ-ның тау-кен ісі, түсті және қара металлургия саласындағы жетістіктері елімізде және одан тыс жерлерде жақсы белгілі.

ҚР МШКҚӨ-ның жетістіктері қатарында:

- Малеев, Орлов, Артемьев және басқа рудниктерде минералдық шикізаттарды өндірудің уникалды технологиялары;
- Рудаларды өңдеу бойынша тиімді технологиялар, пайдалы компоненттерді жоғары деңгейде алу.

Аталған технологиялар бойынша заманауи зауыттар салынды, инновациялық қайта өңдеу әдістері әзірленді, бұл отандық өнеркәсіпті дамытуға ғана емес, Қазақстанның халықаралық аренадағы позицияларын нығайтуға да ықпал етуде.

Қазақстандық технологиялар шетелде, атап айтқанда, Қырғызстанда, Өзбекстанда, Қытайда, Италияда және Канадада сәтті енгізілуде. ҚР МШКҚӨ халықаралық серіктестермен кешенді қорытпаларды шығару және қайта өңдеудің қиын табиғи шикізаттарын пайдалануға байланысты белсенді ынтымақтастық жүргізуде.

Минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу ұлттық орталығын 30 жылдық мерейтойымен, ал Қазақстан ұлттық табиғи ғылымдар

академиясын 15 жылдығымен құттықтаймын! Ғылыми ұжымдарға жаңа маңызды жаңалықтар ашуларына және конференцияның жұмысы жемісті болына, ал баршаңызға қызықты бірлескен жобалар мен Қазақстан жерінен жағымды әсерлер алуларыңызға тілектеспін!

Қазақстан Республикасы
Өнеркәсіп және құрылыс министрлігі
Өнеркәсіп комитетінің төрағасы



А.С. Панбаев

Уважаемые гости и участники Конференции!

От имени Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан рад приветствовать Вас на ***Международной научно-практической конференции «Инновации и комплексная переработка минерального сырья – актуальные составляющие диверсификации экономики»***.

Научный форум – это значимое событие для любой страны, так как именно за наукой стоит слово развития отраслей и экономики в целом. В последнее время в Казахстане существенно изменилось отношение к науке, и перед ней поставлена важнейшая задача – научно-техническое обеспечение раскрытия потенциала отечественной индустрии с акцентом на освоение высоких переделов и переработку казахстанского сырья.

Для Министерства промышленности и строительства эта задача не нова, поскольку подведомственные научные учреждения активно сотрудничают с производственным сектором. В первую очередь, это касается Национального центра по комплексной переработке минерального сырья, чьи успехи в области горного дела, цветной и черной металлургии известны как в стране, так и за ее пределами.

Среди достижений НЦ КПМС РК можно выделить:

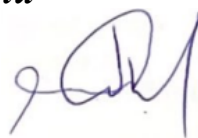
- уникальные технологии добычи полезных ископаемых на ряде рудников, таких как Малеевский, Орловский, Артемьевский и других;
- эффективные технологии переработки руд различных месторождений с высоким уровнем извлечения полезных компонентов.

По данным технологиям построены современные заводы, разработаны инновационные методы переработки, что способствует не только развитию отечественной промышленности, но и укреплению позиций Казахстана на международной арене.

Казахстанские технологии успешно внедряются и за пределами страны – в Кыргызстане, Узбекистане, Китае, Италии и Канаде. НЦ КПМС РК активно сотрудничает с международными партнерами по вопросам выпуска комплексных сплавов и переработке труднообратываемого сырья.

Позвольте поздравить Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан с 30-летием, а также Казахстанскую национальную академию естественных наук с 15-летием со дня основания! Желаю научным коллективам новых весомых открытий, плодотворной работы Конференции и интересных совместных проектов. Надеюсь, что каждый из вас увезет с собой приятные впечатления о казахстанской земле!

***Председатель Комитета промышленности
Министерства промышленности и
строительства Республики Казахстан***



А.С. Панбаев

*Дорогие друзья!
Уважаемые коллеги!*

Позвольте от имени Казахской Национальной академии естественных наук и от себя лично поздравить весь коллектив Национального центра по комплексной переработке минерального сырья с 30-летним юбилеем!

За эти годы Национальный центр стал уникальным научно-производственным объединением горно-металлургического комплекса.

Коллектив Национального центра осуществляет системные решения на всех стадиях горно-металлургического цикла: от добычи руды, обогащения, переработки до получения товарной продукции.

Уважаемые коллеги, мне весьма приятно отметить, что результаты вашей работы напрямую способствуют развитию целого ряда направлений естественных наук.

Руководство страны всегда поддерживает и высоко оценивает достижения ученых Национального центра, отмечая их Государственными премиями в области науки и техники.

Мне также приятно отметить плодотворное сотрудничество Казахской национальной академии естественных наук и Национального центра.

Как известно, большинство проектов наших ученых ориентированы на внедрение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В результате совместной работы удалось создать десятки промышленных установок, разработанных технологических регламентов, опытно-конструкторской документации и др.

Всем известно, что в долгосрочной перспективе базовые отрасли индустрии остаются приоритетными секторами казахстанской экономики, которые должны иметь сильное научно-техническое, информационно-цифровое и технологическое оснащение, что в целом, обеспечит их высокую конкурентоспособность.

Для достижения высоких количественных и качественных показателей в этих базовых отраслях необходимо использовать новейшие методы поиска и освоения минерального сырья, внедрять инновационные высокопроизводительные ресурсосберегающие технологии и разработки.

Эффективное решение этих задач возможно только в условиях активизации традиционных научных связей с нашими зарубежными партнерами в рамках реализации совместных научно-технических проектов и проведения международных форумов.



Желаю Вам, уважаемые коллеги, благополучия и новых достижений, а участникам конференции – плодотворной работы!

Выражаю надежду, что в ходе научных дискуссий и полезного обмена мнениями между специалистами по вопросам развития индустрии, будут выработаны ценные рекомендации по укреплению инфраструктуры и решению важных задач, стоящих перед промышленным сектором страны, определены приоритеты и механизмы взаимовыгодного международного научного сотрудничества по данному направлению.

*Президент Казахстанской
национальной академии
естественных наук*



Н. Абыкаев

***Уважаемые делегаты и гости
Международной научно-практической
конференции
«Инновации и комплексная переработка
минерального сырья – актуальные
составляющие диверсификации экономики»!
Дорогие коллеги!***



От лица организационного комитета Конференции и Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан я рад приветствовать Вас на платформе научного форума, организованного и проводимого под эгидой Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан.

Возглавляемая мной компания, 30-летний юбилей со дня образования которой мы сегодня отмечаем, является ведущей организацией на рынке научно-технических услуг в горно-металлургической отрасли Казахстана. По нашим разработкам запущены и работают десятки предприятий в разных странах. Это уверенно позволяет говорить о том, что наши мозги востребованы в стране и за рубежом. Однако успехи не сыплются сами по себе. Все, чего добилась моя организация, достигнуто ценой колоссальных усилий.

Я благодарю Небесные силы за помощь и поддержку! Я благодарю многочисленный коллектив Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан в составе с филиалами – Институтом горного дела имени Д.А. Кунаева (Алматы), Государственным научно-производственным объединением промышленной экологии «Казмеханобр» (Алматы), Восточным научно-исследовательским горно-металлургическим институтом цветных металлов (ВНИИцветмет, Усть-Каменогорск), Химико-металлургическим институтом имени Ж.Абишева (Караганда), Центром металлургии (Усть-Каменогорск), Астанинским филиалом (Астана) – за верность Центру, за верность науке, за верность своей стране!

Я благодарю наших партнеров и заказчиков, в числе которых отечественные и зарубежные производственные предприятия, вузы, научные организации. Представители многих из них сегодня пришли не просто разделить с нами нашу радость. Они, что особенно ценно, пришли поделиться своими результатами, обсудить актуальные задачи и наметить пути дальнейшего сотрудничества.

Словами особого почтения приветствую многочисленные делегации наших партнеров и коллег из Германии, Ирана, Китая, Кыргызстана, Монголии, России, Узбекистана, Швейцарии. Сегодня мы находимся на этапе реализации новых интересных и вместе с тем важных и взаимовыгодных проектов, таких как строительство завода по производству ферросиликоалюминия в Монголии, переработка минерального и вторичного сырья с получением уникальной новой продукции, включая редкие металлы и их соединения и мн. др.

Пользуясь случаем, поздравляю Казахстанскую национальную академию естественных наук с 15-летием и Казахстанскую Ассоциацию выпускников УПИ, УрГУ и УрФУ с 10-летием со дня создания и желаю коллегам дальнейших успехов!

Всем участникам Конференции желаю эффективной работы, больших творческих достижений, здоровья и благополучия!

***Генеральный директор
РГП «НЦ КПМС РК»,
академик НАН РК,
доктор технических наук,
профессор, дважды лауреат
Государственной премии РК***



А.А. Жарменов

***Уважаемый Нуртай Абыкаевич!
Уважаемый Абдурасул Алдашевич!
Уважаемые участники и гости
Международной научно-практической
конференции «Инновации и комплексная
переработка минерального сырья –
актуальные составляющие диверсификации
экономики»!***



Становится традицией чествовать вместе две крупные научные организации – Казахстанскую национальную академию естественных наук и Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан – по случаю их юбилейных дат на платформе одной конференции. На самом деле, это хороший пример организации отечественной науки, свободной от нездоровой конкуренции. Среда, в которой умеют уважать достижения коллег, по истине благодатна для созидания.

Общеизвестно, что юбилей – это определенный рубеж, время подводить итоги и строить планы на будущее. В этом контексте юбилейная конференция, с одной стороны, это отчетная конференция о деятельности и достижениях юбиляров, с другой стороны – это прекрасная возможность в процессе конструктивного диалога с учетом реальных приоритетов и запросов скорректировать свои планы, выстроить взаимовыгодное сотрудничество, наметить новые векторы развития.

Наука в мире развивается стремительно. Наряду с ошеломляющими научными результатами и открытиями возрастает градус накала вызовов, с которыми сталкивается человечество и, в первую очередь, научная общественность как наиболее передовая его часть. В бурном водовороте тех событий, которые сегодня происходят на мировой арене, я желаю коллективам Казахстанской национальной академии естественных наук и Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан добиться выдающихся творческих успехов в науке и особенно в разработке наукоемких технологий и укреплении национальной экономики.

Уважаемые коллеги, от имени Президиума РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» поздравляю Казахстанскую национальную академию естественных наук с 15-летием и Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан с 30-летием со дня образования! Юбилярам, участникам конференции, всем присутствующим желаю новых творческих успехов, здоровья и благополучия во всем!

Президент

РОО «Национальная академия наук

Республики Казахстан», академик



М.Ж. Журинов



Здравствуйте!

Приветствую всех вас в этот особенный день. Мы приехали из Монголии за высокими технологиями глубокой переработки горных полезных ископаемых. Я уверен, что мы пришли в нужное место.

Уважаемый Абдурасул Алдышевич! Сейчас, когда мы здесь отмечаем 30-летие научного центра под вашим руководством, два технологических прорыва, в которых мы сегодня приняли участие, просто поразительны. Вдумываясь в это, невозможно угадать, каких успехов Вы достигли за последние 30 лет, но ясно, что гордиться этим без предельно.

Поэтому я искренне поздравляю Вас, Вашу организацию и партнеров. Помните, что Вы известны во всем и нет предела успеху всех вас, и пожалуйста, делайте для них еще больше! Спасибо всем!

***Дашням Дашдег,
Старший Советник
Премьер-Министра Монголии***



***Уважаемый Абдурасул Алдашевич!
Уважаемые коллеги!
Уважаемые участники Международной
конференции «Инновации и комплексная
переработка минерального сырья –
актуальные составляющие диверсификации
экономики»!***

От имени коллектива Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина хотел бы сердечно поздравить Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан с достойной датой - 30-летием!

С момента создания Центра коллективом в полной мере были созданы условия для устойчивого развития горно-металлургической сферы Республики Казахстан. Работа Центра, а также исследовательских институтов и предприятий, входящих в его состав, является определяющей в экономическом, технологическом и научном развитии страны. Мы хорошо знаем, что технологии, в разработке которых участвует Центр, реализуются не только в Казахстане, но и в других государствах, что способствует укреплению международных связей.

Считаю важным отметить профессионализм и весомую эффективность научного коллектива в области становления научного подхода в области добычи, обогащения и переработки минерального сырья.

Для Уральского федерального университета является честью быть партнером Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан. Наша совместная работа несомненно оставит свой след в развитии наших государств и станет фундаментом укрепления связей!

Желаю Вам, а также коллективу Национального центра по комплексной переработке минерального сырья новых успехов и прорывных открытий!

***Ректор
Уральского федерального университета
им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина***

Виктор КОКШАРОВ



Глубокоуважаемый Абдурасул Алдашевич!

Выражая глубокое почтение, от лица коллектива Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук сердечно приветствуем участников и организаторов Международной научно-практической конференции «ИННОВАЦИИ И КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ – АКТУАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ЭКОНОМИКИ», посвященной 30-летию РГП «НЦ КПМС РК» и 15-летию РОО «КазНАЕН».

На протяжении многих лет ученые и специалисты РГП «НЦ КПМС РК», РОО «КазНАЕН», ИПКОН РАН и Российской академии наук плодотворно сотрудничают в области комплексной переработки минерального сырья. Международная научно-практическая конференция «ИННОВАЦИИ И КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ – АКТУАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ЭКОНОМИКИ» является крупным форумом представителей горной науки, способствует обмену мнениями между молодыми и опытными учёными Казахстана и России, поддерживает связь между наукой и практикой.

Проведение Конференции сыграет важную роль в жизни Республики Казахстан и Национального центра по комплексной переработке

минерального сырья, и, несомненно, внесёт значимый вклад в создание инновационных технологий добычи и переработки минерального сырья, создаст стимулы для дальнейшей плодотворной работы.

Желаем Вам и участникам Конференции крепкого здоровья, успешного проведения запланированных мероприятий, новых достижений в научно-исследовательской работе и практической деятельности.

Всего Вам самого наилучшего!

С уважением,

**Директор ИПКОН РАН
академик**

В.Н. Захаров

**Председатель Научного совета РАН
по проблемам горных наук,
академик**

К.Н. Трубецкой

**Председатель Научного совета РАН
по проблемам обогащения полезных ископаемых
академик**

В.А. Чантурия



Уважаемый Абдурасул Алдашевич!

От лица коллектива Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова свидетельствую свое уважение Вам лично и всему коллективу Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан.

Выражаю Вам и сотрудникам Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан свою искреннюю благодарность и глубокую признательность за плодотворное сотрудничество. Поздравляю Вас и весь коллектив с 30-летием и с Днём профессионального праздника работников сферы образования.

Хочу отметить, что совместными усилиями мы находим выверенные и правильные решения по взаимной интеграции и сближению образовательных систем наших государств, что безусловно дает синергетический эффект в повышении качества подготовки специалистов. Пользуясь возможностью, выражаю Вам искреннюю благодарность за приглашение для участия в Международной научно-практической конференции «Инновации и комплексная переработка минерального сырья – актуальные составляющие диверсификации экономики», посвященной 30-летию РГП «НЦКПМС РК» и 15-летию РОО «КазНАЕН», а также за тёплый прием наших ученых.

Надеюсь, что в будущем Республика Казахстан и Республика Узбекистан продолжат сотрудничество и обмен научными исследованиями, способствуя укреплению дружеских связей и развитию научного потенциала.

Желаю успешного развития и достижения новых вершин в науке.

С уважением и наилучшими пожеланиями,

***Ректор ТашГТУ им. И.Каримова,
академик Академии наук РУз***

С.М. Турабджанов



Құрметті Әбдірәсіл Алдашұлы!

Сізді және сіз басқарып отырған «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі Ұлттық орталығы» республикалық мемлекеттік мекемесі ұжымын 30 жылдық мерейтоларыңызбен шын жүректен құттықтаймын.

Тәуелсіз еліміздің тау-кен-металлургия кешендеріне ғылыми-техникалық қызмет көрсету нарығында, соның ішінде инновациялық өндіріс құруда, алдыңғы қатарлы технологияларды жасау мен ендіруде Ұлттық орталықтың алатын орыны ерекше. Тау-кен-металлургия саласының ел экономикасындағы мұнай-газ саласынан кейінгі екінші орында екендігі де белгілі. Осындай, мемлекетіміздің қуатымен халқымыздың әл-аухатын арттырудағы маңызды салаға қосып жатқан зор үлестеріңіз Сіздердің ұжымдағы жұмыс құрылымын епті әрі дәл құра білу мен мамандардың кәсіптік деңгейінің жоғарылығының көрсеткіші.

Бүгінгі күні Ұлттық орталықтың 30 жылдығы мерейтойымен қатар Қазақстан Ұлттық жаратылыстану ғылымдары академиясы 15 жылдығын атап өтуіне арналған «ИННОВАЦИЯЛАР ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫҚ ШИКІЗАТТЫ КЕШЕНДІ ӨҢДЕУ ЭКОНОМИКАНЫ ӨРТАРАПТАНДЫРУДЫҢ ӨЗЕКТІ ҚҰРАМДАС БӨЛІКТЕРІ» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференция ұйымдастырылып отырғаны еліміздегі минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу ісіне ерекше талпыныс берері сөзсіз!

Барлық конференция қатысушыларын осы ерекше іс шараның ашылуымен құттықтай отырып ғылыми форум жұмысына табыс тілеймін.

*Құрметпен,
«Қазақстанның Еңбек Ері»,
«Атапат» партиясы
фракциясының мүшесі*

М. Искандиров

Уважаемые организаторы, гости и участники конференции!

От имени Академии минеральных ресурсов РК и ОО «Союз геологов КазГЕО» приветствую всех участников сегодняшней конференции, посвященной 15-летию Казахстанской национальной академии естественных наук и 30-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан.



С момента организации КазНАЕН и НЦКПМС РК проведена большая работа по осуществлению координации и выполнения научных исследований по всем областям науки, в результате которой был внесен значительный вклад в развитие экономики страны.

КазНАЕН объединила в своих рядах сотни ученых.

Чрезвычайно насыщенная повестка и солидный состав участников позволяет говорить о конференции как об одном из значимых, авторитетных в нашей стране форумов. В рамках конференции будут проведены дискуссии по широкому кругу актуальных проблем комплексной переработки минерального сырья и рассмотрены инновационные разработки в обрабатывающем секторе. Будут предложены новые идеи и подходы к решению наиболее острых экономических и социальных проблем, которые ставит перед нами современный мир.

Уверен, что конференция пройдет с успехом, будет содействовать укреплению международного научного сотрудничества, а ее результаты найдут воплощение на практике.

Всем участникам желаю плодотворной работы, творческих и профессиональных успехов, здоровья, мира и благополучия!

***Президент Академии
минеральных ресурсов РК,
ОО «Союз геологов «КазГЕО»***



Б.С. Ужкенов



***Уважаемые коллеги и участники
конференции!***

От имени Международной академии информатизации (г. Алматы) искренне рад приветствовать организаторов, гостей и участников Международной научно-практической конференции **«Инновации и комплексная переработка минерального сырья – актуальные составляющие диверсификации экономики»**, посвященной 30-летию РГП «НЦКПМС РК» и 15-летию РОО «КазНАЕН».

Хотелось бы подчеркнуть важность проводимого мероприятия, поскольку формирование нового поколения инженеров и профессионалов в данной области с уровнем профессиональной подготовки, технологических навыков и конкурентоспособности, отвечающих современным приоритетам и будущим вызовам казахстанского и мирового минерально-сырьевого потенциала 21 века, является ключевой задачей.

Отрадно отметить, что организаторы Конференции – РГП «НЦКПМС» и РОО «КазНАЕН» отмечают юбилейные даты своей деятельности. Тематика мероприятия нацелена на возрождение духовных ценностей и научно-технического прогресса казахстанцев с учетом всех современных рисков и вызовов глобализации.

Предстоит серьезная работа: интересные доклады, полезные дискуссии и продуктивное общение. Многие участники этого мероприятия являются членами МАИН, что даст им возможность представить свои научные выводы и разработки, а также получить информацию о современных достижениях казахстанской науки в области их профессиональных интересов.

От имени МАИН желаю успешной работы Конференции, а её участникам значимых научных и производственных свершений, успехов и здоровья.

С уважением,

***Первый Вице-президент,
генеральный директор ОО МАИН***

А.Ф. Цеховой



Құрметті конференция қатысушылары!

Тау-кен өндіру және тау-кен металлургия кәсіпорындарының республикалық қауымдастығы атынан «Минералдық шикізатты инновациялар және кешенді қайта өңдеу – экономиканы әртараптандырудың өзекті құрамдас бөліктері» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясына қатысушыларды қарсы алғанымға қуаныштымын!

Минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу және жоғары қайта бөліністегі түпкілікті өнім өндірісін құру үшін инновацияларды, заманауи жоғары технологияларды енгізу, ғылым мен өндірістің тығыз өзара іс-қимылы – Қазақстан өнеркәсібінің неғұрлым бәсекеге қабілетті және серпінді дамып кележатқан секторларының бірі ретінде тау-кен-металлургия кешені үшін өзекті міндет болып табылады. Қазақстан экономикасындағы ТМК рөлі маңызды, өйткені сала өңдеу өнеркәсібі үшін минералдық-шикізат ресурстарының негізгі жеткізушісі болып табылады.

Бүгінгі таңда салада минералды-шикізат базасын толықтыруға, барлау мен өндіруге лицензия алу кезінде реттеуші кедергілерді болдырмауға, жинақталған минералды техногендік түзілімдерді игеруге, салық жүйесінің тұрақтылығын қамтамасыз етуге, бәсекеге қабілетті кадрларды даярлауға ерекше назар аударылады. Осы міндеттерді шешу ТМК секторының инвестициялық тартымдылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Бұл конференция – Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді өңдеу жөніндегі Ұлттық орталығының (ҚР МШКҚӨ ҰО) 30 жылдығына және Қазақстан Ұлттық Жаратылыстану ғылымдары академиясының (ҚазҰЖҒА) 15 жылдығына арналып отыр.

Қазақстан мен Орталық Азияның ірі ғылыми-өндірістік кәсіпорны ретінде МШКҚӨ ҰО-ның минералдық шикізатты өндіру, байыту және қайта өңдеу саласындағы күрделі технологиялық міндеттерді шешуге қосқан үлесін бағалау өте маңызды, оның негізінде әртүрлі континенттерде ондаған өнеркәсіптік объектілер іске қосылды.

ТМКҚ біздің қауымдастық құрамындағы ҚР МШКҚӨ ҰО-мен жемісті ынтымақтастықты жоғары бағалайды және әріптестігіміз одан әрі нығая түседі деп сенеміз!

Өз тарапынан ҚазҰЖҒА экономиканың базалық салаларын жаратылыстану ғылымдарының практикалық нәтижелерімен ғылыми қамтамасыз ету және оларды нарық талаптарына бейімдеу міндеттерін

пешу жөніндегі ғылыми қызметті үйлестіретін еліміздің беделді ғылыми орталығы атағына ие болды.

Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның барлық қатысушыларына табысты және нәтижелі жұмыс, сындарлы диалог және жаңа шығармашылық жетістіктер тілеймін!

*Құрметпен,
Тау-кен өндіру және
тау-кен металлургия кәсіпорындарының
республикалық қауымдастығы
Атқарушы директоры*



Н.В. Радостовец

Уважаемые участники конференции!

От имени Республиканской ассоциации горнодобывающих и горно-металлургических предприятий рад приветствовать участников Международной научно-практической конференции «Инновации и комплексная переработка минерального сырья – актуальные составляющие диверсификации экономики»!

Внедрение инноваций, современных высоких технологий для комплексной переработки минерального сырья и создания производств конечной продукции высоких переделов, тесное взаимодействие науки и производства - это актуальная задача для горно-металлургического комплекса, как одного из наиболее конкурентоспособных и динамично развивающихся секторов промышленности Казахстана. Роль ГМК в экономике Казахстана значительна, так как отрасль выступает основным поставщиком минерально-сырьевых ресурсов для обрабатывающей промышленности.

Особое внимание в отрасли на сегодня уделяется восполнению минерально-сырьевой базы, предотвращению регуляторных барьеров при получении лицензий на разведку и добычу, освоению накопленных минеральных техногенных образований, обеспечению стабильности налоговой системы, подготовке конкурентоспособных кадров. Решение этих задач позволит повысить инвестиционную привлекательность сектора ГМК.

Отрадно, что данная конференция посвящена двойному юбилею: 30-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан (НЦКПМС) и 15-летию Казахстанской национальной академии естественных наук (КазНАЕН).

Трудно переоценить вклад НЦКПМС, как крупнейшего научно-производственного предприятия Казахстана и Центральной Азии, в решение сложных технологических задач в области добычи, обогащения и переработки минерального сырья, на основе разработок которого на разных континентах запущены десятки промышленных объектов.

АГМП высоко ценит плодотворное сотрудничество с НЦКПМС РК в составе нашей ассоциации, и мы искренне надеемся на дальнейшее укрепление нашего партнерства!

Со своей стороны КазНАЕН заслужила репутацию авторитетного научного центра страны, координирующего научную деятельность по решению задач научного обеспечения базовых отраслей экономики практическими результатами естественных наук и адаптации их к требованиям рынка.

Желаю всем участникам Международной научно-практической конференции успешной и продуктивной работы, конструктивного диалога и новых творческих свершений!

*С уважением, Исполнительный директор
Республиканской ассоциации
Горнодобывающих и горно-
металлургических предприятий*



Н.В. Радостовец

О вехах развития НЦКПМС РК

Терликбаева А.Ж., Ефремова С.В.

(Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, г. Аматы, Казахстан)

Принятие в 1990 году исторического документа – Декларации о государственном суверенитете Казахской ССР и на ее основе в 1991 году - Конституционного закона «О государственной независимости Республики Казахстан» повлекло за собой реформирование всех сфер жизнедеятельности молодого государства. На смену академии наук пришли национальные центры по приоритетным направлениям экономики страны, призванные придать новый импульс научным исследованиям в этих областях и ускорить темпы внедрения достижений науки в промышленность.

Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, созданный Указом Президента и Постановлением Кабинета Министров Республики Казахстан в 1993 году, объединил в своем составе известные в Советском Союзе академические и отраслевые институты: горного дела; металлургии и обогащения; химико-металлургический; Восточный научно-исследовательский институт цветных металлов. Позже в состав Центра вошли Казмеханобр и Казчерметавтоматика. Под веянием времени состав НЦКПМС РК неоднократно претерпевал изменения. В разные годы вышли Институт металлургии и обогащения, Казчерметавтоматика, создались новые структурные подразделения – Астанинский филиал, Центр металлургии в Восточно-Казахстанской области.

Генеральным директором Центра до 1999 года являлся **Жанторе Нурланович Абишев**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент АН КазССР, которому посмертно было присуждено звание Лауреата Государственной премии Республики Казахстан в области науки и техники. В 1999 году Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья возглавил **Абдурасул Алдашевич Жарменов**, доктор технических наук, профессор, первый вице-президент Национальной академии наук РК, вице-президент Академии минеральных ресурсов РК, член Президиума Казахстанской национальной академии естественных наук, академик Национальной инженерной академии РК, Международной академии минеральных ресурсов, Международной академии информатизации, дважды лауреат Государственной премии РК в области науки и техники.

Сегодня Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья – это ведущая **научно-производственная организация** в горно-металлургической отрасли Казахстана и Центральной Азии. Общая численность превышает 600 человек, среди которых 25 докторов, 60 кандидатов наук и докторов философии (PhD), 34 академика и 5 членов-корреспондентов различных академий, 59 лауреатов различных премий, в том числе 17 – Государственной премии РК в области науки и техники. Отличительной особенностью Центра является комплексный подход к переработке минерального сырья, а именно, выполнение технологических процессов от добычи сырья до получения готовой металлопродукции с применением элементов цифровизации и автоматизации и ее продвижение на рынке.

Хроника деятельности НЦКПМС РК за 30-летний период свидетельствует о **блестящем выполнении актуальных задач государства перед наукой**. Основой успеха явились **нацеленность на ощутимый конечный результат, тесная связь с горно-металлургическими предприятиями, создание и промышленная реализация сотен технологий**. С момента образования Центр активно работал над коммерциализацией инновационных разработок, превращая научные идеи в реальный продукт.

В числе значимых достижений:

- Разработка **уникальных технологий добычи полезных ископаемых на Малеевском, Орловском, Артемьевском, Тишинском, Риддер-Сокольном, Первомайском рудниках.**

- Реализация проектов реконструкции Качарского карьера с **вовлечением в отработку Южного участка месторождения и строительства карьера на базе Южно-Сарбайского месторождения железных руд.**

- Создание и коммерциализация различных программно-методических продуктов в качестве модулей **автоматизированной корпоративной системы управления геотехнологическим комплексом на открытых разработках под названием «Джетыгара»; автоматизированной системы позиционирования персонала и самоходной техники;**

- Разработка с созданием **опытных образцов высокоэффективного горно-шахтного оборудования.**

- **Реконструкция фосфорного и карбидного производств, их перепрофилирование на выплавку марганцевых сплавов из руд месторождений Богач, Караадыр. Организация производства ферромарганца из руд месторождения Ушкатын и казахстанских углей на Челябинском электрометаллургическом заводе в России и рафинированных марок феррохрома на Актюбинском ферросплавном заводе.**

- **Производство низкзолного спецкокса для ферросплавных и фосфорных предприятий, получения чистого кристаллического кремния на основе разработанной технологии получения высокорекреакционных углеродистых восстановителей нового поколения.**

- Разработка технологий **переработки низкокачественных бурожелезняковых руд Лисаковского месторождения с получением кондиционного концентрата; выплавки сложнолегированной стали категории прочности X80; получения ферросилиция с низким содержанием алюминия и титана.**

- **Выпуск отечественных огнеупорных материалов широкой номенклатуры, освоенных в промышленных масштабах в АО «АрселорМиттал Темиртау», АО «ТНК «Казхром», ТОО «Корпорация «Казахмыс», ТОО «Казцинк».**

- Реализация в разных странах **«технологии века» в области металлургии – производства сплава «Казахстанский», сплава несовместимых металлов, в числе которых железо и алюминий.**

- **Запуск в эксплуатацию сернокислотного завода в Кызылординской области по разработанному рабочему проекту.**

- **Производство высококачественного радиогенного стабильного изотопа осмия-187, благодаря которому Казахстан вошел в тройку стран-лидеров по производству стабильных изотопов. Разработки по освоению казахстанской сырьевой базы редких тугоплавких и редкоземельных элементов, создание рудотермического передела, модернизация технологии и повышение товарной стоимости готовой продукции АО «УКТМК». Создание производства метаванадата аммония из кварцитов Каратау. Разработка технологии получения металлической сурьмы из отходов ТОО «Казцинк».**

- **Запуск в эксплуатацию (2013-2014) с выводом на проектную мощность (2018-2019) двух новых заводов в КНР и модернизированной КИВЦЭТ установки Portovesme в Италии на основе лицензионных договоров на использование модернизированного КИВЦЭТ-процесса и соответствующего агрегата для переработки низкокачественного свинецсодержащего сырья. На действующих в Канаде, Италии, КНР КИВЦЭТ-установках ежегодно выплавляется 420 тыс. тонн металла, что составляет десятую часть от мирового производства первичного свинца.**

- **Ввод в действие нескольких десятков установок кучного выщелачивания, включая комплексы для последующей переработки насыщенных смол с**

получением сплава Доре на месторождениях Жалтырбулак, Васильевское, Бельсу. Запуск в эксплуатацию заводов ДОРЕ в Усть-Каменогорске, Семипалатинске и Степногорске; золотомедного перерабатывающего завода ЗАО «Варваринское», золотоизвлекательных фабрик на месторождениях Акбакай, Пустынное, Долинное на основе разработанных технологий переработки труднообогатимых золотосодержащих руд; аффинажного завода в Астане по разработанному рабочему проекту; первого в Казахстане и второго в мире производственного цеха горячего цианирования NiTeSS на участке «Суздальский». Внедрение «золотых технологий» на золотоизвлекательных фабриках в Кыргызстане, Узбекистане, КНР.

- Освоение на месторождениях Аяк-Коджан, Актогай, Алмалы, отвалах Коунрада комбинированных обогатительно-гидрометаллургических технологий переработки низкосортного медьсодержащего сырья с суммарной производительностью более 50 тыс. тонн катодной меди в год и объемом реализации до 350 млн долл. в год. По разработанным технологическим регламентам запущены 2 обогатительные фабрики по переработке сульфидных и каолинизированных руд Бозшаколя производительностью по сырью 25 и 5 млн тонн в год, соответственно.

- Запуск участка по рафинированию селена по разработанному рабочему проекту и участка переработки драгметалльного шлака Балхашского медеплавильного завода по уникальной инновационной технологии восстановительной электроплавки в ТОО «Kazakhmys Progress (Казахмыс Прогресс)».

- Организация по проектам коммерциализации результатов научной и (или) научно-технической деятельности АО «Фонд науки» производств рафинированных сортов ферромарганца, бишофита из хризотил-асбестового техногенного сырья, высокотемпературных материалов, перрената аммония, кремнеуглеродного композита.

Озвученные результаты демонстрируют широкий диапазон деятельности НЦКПМС РК, достигаемый благодаря гибкой организационной структуре Центра. Совместная деятельность ученых, инженеров, проектировщиков - специалистов в горном деле, черной и цветной металлургии, редкометальной отрасли и производстве благородных металлов обеспечивает целостность решения вопросов по всем секторам горно-металлургической отрасли. Безусловно, форма организации Национального центра по комплексной переработке минерального сырья в совокупности с ориентиром на промышленные задачи и потребности является отличительным преимуществом компании.

Отрадно, что результаты деятельности НЦКПМС РК признаны государством. Это красноречиво подтверждается присуждением 8 Государственных премий Республики Казахстан в области науки и техники по металлургии за работы, выполненные учеными Центра или с их участием. Лидерство НЦКПМС по ряду направлений в горно-металлургической отрасли признано на международном уровне, что доказывается трансфером технологий за рубеж и строительством десятков заводов и фабрик за пределами нашей страны.

Нельзя не отметить достигнутые успехи по разработке вольфрамовых месторождений с компанией Jiaxin International Resources Investment Limited, с которой запланировано подписание меморандума о создании совместной исследовательской лаборатории. Благодарим Вице-президента компании, исполнительного директора ТОО Жетісу Вольфрамы Назара Терлыга за огромную работу, проведенную в этом направлении.

В заключение хотелось бы сказать, что коллектив Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан уверен, что 30-летний багаж достойных результатов явится трамплином для дальнейшей успешной работы на кардинально новом, высоком уровне!

Пленарная секция

Современная ситуация в горнодобывающей промышленности Монголии и редкоземельные элементы

Батцэнгэл Баатар, Хаумдас Ашим, Баярдулам Жамьянсүрэн
(Германо-Монгольский Совместный Университет Полезных Ископаемых и
Технологии, г. Улан-Баатар, Монголия)

Монголия является одной из быстро развивающихся стран и обладает богатыми минеральными ресурсами. В условиях быстрого развития делового партнерства и демократического управления иностранные инвесторы все больше заинтересованы в инвестировании в Монголию. Монголия, расположенная между Китаем и Россией не имеет выхода к морю, имеет суровый климат, малонаселена и занимает большую территорию на азиатском континенте.

В настоящее время только на горнодобывающий сектор приходится $\frac{1}{4}$ общего объема внутреннего производства Монголии, 83% прямых иностранных инвестиций и 94% экспортных поступлений, из которых только экспорт угля и концентрат меди составляют более 80%.

Развитие Монголии сильно зависит от горнодобывающего сектора. К сожалению, развитие обрабатывающей промышленности и ее конкурентоспособность невысокие. Экономика же страны зависит от внешнего рынка и является хрупкой и нестабильной из-за отсутствия производства конечной продукции с добавленной стоимостью.

Поскольку правительству Монголии было предложено оценить последние 30 лет и сформулировать долгосрочную политику развития на следующие 30 лет, в качестве основного направления разрабатывается долгосрочная политика развития Монголии «Видение 2050».

В последние годы мировой спрос на редкоземельные металлы неуклонно растет. По мере промышленного прогресса развитых стран, особенно с развитием наукоемких производств, увеличивается спрос на стратегические металлы, являющиеся важным сырьем.

Резкий рост использования стратегических металлов связан с развитием высокотехнологичных производств, а также конкуренцией со стороны вновь развивающегося экологически чистого машиностроительного и технологического сектора из-за глобального потепления.

В настоящее время в Монголии имеется 8 компаний со специальными лицензиями на разработку редкоземельных месторождений и 5 компаний со специальными лицензиями на разведку. В Монголии выявлено 4 месторождения с запасами редкоземельных элементов, превышающими 3 млн тонн, около 300 точек минерализации. Актуальным вопросом является увеличение экономического оборота зарегистрированных и готовых к использованию депозитов, а также открытие новых депозитов.

При современном уровне исследований редкоземельных металлов в Монголии говорить о добыче и переработке еще рано. Необходимо провести поэтапные исследования и дать заключения по минеральным ресурсам, точно определить ресурсы и подтвердить их объемы по международным стандартам, а также провести комплексные технологические исследования состава руд.

В связи с широким использованием редкоземельных элементов в новейших передовых технологиях спрос на редкоземельные элементы растет во всем мире. В связи с этим исследователи сосредоточились на определении возможности получения редкоземельных элементов из вторичных источников. Студенты Германо-Монгольского совместного университета полезных ископаемых и технологии с целью

исследования отобрали 43 пробы золы 6 угольных шахт, 3 железорудных рудников и 2 теплоэлектростанций, действующих на территории Монголии. Определен состав редкоземельных элементов. Установлено, что в углях и угольных продуктах, в первичных рудах и продуктах железорудных месторождений содержатся такие редкоземельные элементы как Ce, La, Nd, Sc и Y. Зола теплоэлектростанций имеет повышенное содержание редкоземельных элементов. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего проведения исследований в данном направлении.

Научно-техническая поддержка развития атомной энергетики в Республике Казахстан

Батырбеков Э.Г.

(РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан)

В настоящее время вопросам развития атомной энергетики в мире уделяется большое внимание. В 32-х странах мира эксплуатируется 416 атомных энергоблоков общей установленной мощностью около 375 ГВт(эл). В тройку лидеров по атомной энергогенерации, входят США, Франция и Китай. В мире наработано практически 20 тысяч реактора-лет опыта эксплуатации. Согласно оптимистическому прогнозу МАГАТЭ, к 2050 году доля атомной энергогенерации достигнет 14,3%.

Одним из важнейших вопросов развития атомной энергетики является её безопасность.

Международные организации признают атомную энергетику как наиболее безопасный способ генерации для населения и персонала. В настоящий момент к строительству предлагаются реакторы поколения 3 и 3+, при проектировании которых учтены все возможные инциденты и аварии, происходившие ранее. Таким образом современная атомная энергетика это экологически чистый и безопасный энергетический ресурс с огромным потенциалом для развития во благо всего человечества.

Миссией Национального ядерного центра Республики Казахстан (НЯЦ РК) является научно-техническая поддержка политики Правительства Республики Казахстан в области мирного использования атомной энергии. Одна из главных компетенций - исследования в области безопасности атомной энергетики. На сегодняшний день разработаны уникальные методы проведения внутри и вне реакторных экспериментов по моделированию тяжелых аварий с расплавлением активной зоны водо-водяных реакторов; проведены уникальные исследования взаимодействия расплава активной зоны с водой, бетоном и различными металлическими конструкциями; получены научные данные в рамках проекта CORMIT, которые нашли реальное применение при сооружении специальных ловушек расплава активной зоны на действующих атомных электростанциях в Японии; экспериментально смоделирован расплав топлива аварийных реакторов АЭС «Фукусима», исследованы его физические и химические свойства, по которым даны соответствующие рекомендации по его утилизации. Выполнен большой объем работ в области безопасности реакторов IV поколения – реакторов на быстрых нейтронах с жидкометаллическим охлаждением, которые станут основой атомной энергетики в недалеком будущем. Совместно с японским агентством по атомной энергии проводятся многолетние работы в рамках проекта EAGLE – а именно изучение поведения ТВС в условиях тяжелых авариях с потерей теплоносителя строящегося в Японии реактора на быстрых нейтронах. Реализуется 7-летняя экспериментальная программа в поддержку безопасности французского реактора на быстрых нейтронах нового поколения ASTRID. Проведены реакторные испытания в режимах, близких к аварийным нового, инновационного смешанного нитридного уран-плутониевого топлива (СНУП) нового российского реактора на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300, строительство которого ведется в рамках проекта «Прорыв». Реализованы масштабные проекты по конверсии исследовательских реакторов – ИВГ.1М и ИГР на низкообогащенное топливо. Разрабатывается технология разбавления и утилизации ОЯТ реактора ИВГ.1М. Разработана собственная технология разбавления ВОУ-топлива

реактора ИГР методом сухого смешивания, получившая положительное экспертное заключение МАГАТЭ.

Национальный ядерный центр за годы своей деятельности наработал существенные компетенции и развил необходимую инфраструктуру, которые готов применить в научно-техническом сопровождении реализации проекта АЭС в Казахстане на всех этапах её жизненного цикла.

Развитие инновационных технологий переработки золотосодержащих руд

Болотова Л.С., Сурымбаев Б.Н., Шалгымбаев С.Т.

(Филиал РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан)

Ключевые слова: Золото, окисленные руды, кучное выщелачивание, двойные упорные сульфидные руды.

Казмеханобр был создан в 1958 году, лаборатория благородных металлов в 1968 году, т.е. лаборатории уже 56 лет. За такой длительный период было создано много инновационных технологий, построены и запущены в эксплуатацию золотоизвлекательные фабрики (ЗИФ) и участки кучного выщелачивания (УКВ) в Республике Казахстан, странах СНГ и дальнем зарубежье. В данной статье рассмотрим разработки последних лет.

В самый пик низкой цены на золото была разработана технология кучного выщелачивания золота, которая ранее в Казахстане практически не использовалась. Впервые в Казахстане нами было освоено и успешно применено окомкование глинистой, сильно деструктурированной руды для месторождения Суздальское. Была разработана инновационная технология эффективной регенерации насыщенной золотом ионообменной смолы и аппаратура для ее осуществления, включая электролиз, на которую получен ряд патентов [1-3]. С учетом инновационных разработок ионообменно-сорбционная технология стала экономически более выгодной, чем угольно-сорбционная. Технология успешно эксплуатируется более 20 лет на предприятиях Казахстана, Киргизии и Китая. На текущий период в Казахстане были построены и успешно эксплуатировались более 20 предприятий кучного выщелачивания золота, что позволило увеличить выпуск золота не менее, чем на 10 тонн в год [4]. Большинство указанных предприятий за это время уже переработали запасы окисленных руд. В настоящее время работает УКВ в ТОО «ГМК Васильевское», введен в эксплуатацию в 2017 году, в прошлом году была увеличена производительность с 500 тыс. тонн до 1,2 млн тонн руды в год. В 2023 году запущен в эксплуатацию УКВ на руднике Бельсу, использующий предварительное окомкование сильно деструктурированной руды [5].

В связи с тем, что в переработку вовлекаются более сложные руды, мы продолжаем исследования по повышению эффективности процесса кучного выщелачивания. Нами разработан целый ряд новых решений по добавке дополнительных реагентов, которые повышают эффективность процесса кучного выщелачивания золота [6]. На эти решения в 2019-2021 годах были получены патенты [7, 8].

Кроме того, большие сложности возникают при переработке окисленных золотосодержащих руд с повышенным содержанием меди. Медь взаимодействует с цианидом натрия, увеличивая его расход, и при накоплении меди в оборотном растворе кучного выщелачивания, или ЗИФ более 150 мг/л существенно снижает эффективность процесса сорбционного извлечения золота даже активированным углем, который обладает большей селективностью по сравнению со смолой [9]. В 2007 году был разработан первый патент [10] для решения данной проблемы, в 2024 году получен новый патент [11]. Использование данных инноваций позволит эффективно перерабатывать окисленные золотомедные руды с получением товарной меди и золота в виде сплава Доре.

При переработке окисленных медных руд по технологии кучного выщелачивания серной кислотой одной из серьезных проблем является также их деструктурированность. В мировой и казахстанской практике для окомкования такого типа руд используют обработку руды концентрированной серной кислотой и укладку ее в штабель высотой не более 2-3 метров из-за проблем с перколяцией. При переработке сильно деструктурированных руд даже такой прием не обеспечивает требуемые перколяционные свойства штабеля. Нами при исследованиях медной руды одного из месторождений Казахстана разработана добавка нового связующего к концентрированной серной кислоте. Использование этой добавки при окомковании позволило получить крепкие пористые окатыши для укладки в штабели высотой более 6-7 метров, практически не разрушающиеся в процессе кучного выщелачивания меди серной кислотой. Разработка является инновационной, на нее в текущем году получен патент [12].

Казмеханобр совместно с крупными золотодобывающими предприятиями Республики Казахстан успешно реализует передовой мировой опыт переработки коренных золотосодержащих руд. Для компании АО «АК Алтыналмас» нами были разработаны технологические регламенты на строительство Акбакайской ЗИФ (2011 г), ЗИФ Пустынное 2014 г), ЗИФ Долинное (2018 г). по комплексной гравитационно-гидрометаллургической технологии, применяемой на южно-африканских золотодобывающих предприятиях. Технология включает гравитационное обогащение руды на центробежном концентрате Knelson и переработку полученного концентрата в аппарате интенсивного цианирования Asacia. Хвосты гравитации перерабатываются по технологии СІР с использованием оборудования Pumpcell Plant, которое является эксклюзивной разработкой компании Kemix. В 2018 году был разработан технологический регламент на реконструкцию ЗИФ Пустынное по увеличению производительности и введению в технологическую схему флотационного обогащения, ультратонкого доизмельчения флотоконцентрата в мельнице IsaMill и сорбционного выщелачивания доизмельченного концентрата (процесс СІL) [13].

Особое внимание мы уделяем технологии переработки упорных золотомышьяковых сульфидных руд, и так называемых «двойных упорных руд», содержащих органический углерод. Упорность сульфидных руд и концентратов обусловлена микро- и субмикроскопической крупностью золота, его тонкой вкрапленностью и тесной ассоциацией с сульфидными минералами [14]. Наличие в руде органического углерода, который является природным сорбентом растворенного золота, усугубляет процесс извлечения золота даже после окисления сульфидных минералов. В течение последних десяти лет мы изучали двойные упорные руды месторождений Жерек, Суздальское, Васильевское, Токум, Бакырчик. Нами была разработана технология переработки двойной упорной руды месторождения Васильевское. Технологическая схема обогащения включает предварительную флотацию углерода с получением углеродного концентрата, содержащего минимальные количества золота, и последующую сульфидную флотацию с использованием депрессора углерода марки компании Flotent Chemicals LLC. Были испытаны 4 марки реагентов-депрессоров органического углерода марки Flotent: FLOTENT FN-3 и FN-4; FLOTENT FD-5 и FD-6. Лучшие показатели получены при использовании депрессора FD-6 с расходом 200 и 300 г/т.

Другое направление в переработке двойных упорных флотационных концентратов - это снижение эффекта «preg-robbing» при выщелачивании окисленного концентрата. При участии компании BIOMIN OUTOTEC был разработан технологический регламент и проектной частью Казмеханобра выполнен проект переработки лежалых и текущих хвостов СІL по инновационной технологии HiTeCC (High Temperature Caustic Conditioning) на Суздальском заводе компании ФИК «Алел».

Цех NiTeCC был построен и запущен в эксплуатацию [15], он является вторым в мире и первым в Казахстане и странах СНГ.

Реализация в промышленных условиях разработанных новых прорывных наукоемких технологий переработки золотосодержащего минерального и техногенного сырья, ранее не перерабатываемого в Республике Казахстан, позволила расширить сырьевую базу и увеличить выпуск золота.

Источники

- 1 Болотова Л.С., Романенко А.Г. Патент РК № 19851. Способ извлечения золота из синтетических ионитов, опубл. 15.11.2010 г, Бюл. № 11.
- 2 Болотова Л.С., Романенко А.Г. Патент РК № 19854. Электролизер для извлечения золота и серебра из сернокислых растворов тиомочевина, опубл.15.08.2008г.
- 3 Болотова Л.С., Романенко А.Г. Патент РК № 20127. Способ извлечения золота и серебра из растворов электролизом, опубл. 15.10.2008 г, Бюл. № 10.
- 4 Шалгымбаев С.Т., Болотова Л.С., Сурымбаев Б.Н. Технологии Казмеханобра в области переработки бедных золотосодержащих руд и техногенного сырья // Цветные металлы. – 2021. – №9. – С. 38-45. doi: 10.17580/tsm.2021.09.03
- 5 Bolotova, L.S., Shalgymbayev S.T., Raipov S.K., Surimbayev B.N., Kanaly Y.S., Kurmanov Z.E. Heap leaching of gold from the destructured oxidized ore of the Belsu deposit, Republic of Kazakhstan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. 1254(1): 012094. doi: 10.1088/1755-1315/1254/1/012094.
- 6 Surimbayev, B., Yessengarayev, Y., Khumarbekuly, Y., Bolotova, L., Kanaly, Y., Akzharkenov, M., Zhumabai, S. Effect of sodium acetate additive on gold leaching with cyanide solution: Laboratory and semi-pilot leaching tests. Heliyon. 2024. 10(15): e35805. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e35805.
- 7 Сурымбаев Б.Н., Болотова Л.С., Шалгымбаев С.Т., Байконурова А.О. Патент РК № 4536. Способ переработки золотосодержащих гравитационных концентратов, опубл. 13.12.2019 г, Бюл. № 50.
- 8 Есенгараев Е.К., Сурымбаев Б.Н., Болотова Л.С., Шалгымбаев С.Т., Баимбетов Б.С. Патент РК № 6316. Способ кучного выщелачивания золотосодержащих руд, опубл.13.08.2021 г, Бюл. № 32.
- 9 Kanaly, E.S., Surimbayev, B.N., Bolotova, L.S., Shalgymbayev, S.T. Choice of a Sorbent for Copper and Cobalt Sorption from Gold-Containing Heap Leaching Solutions. Metallurgist. 2024. 67(9): 1457-1465. doi:10.1007/s11015-024-01638-0.
- 10 Болотова Л.С., Ахметов Н.И., Сыздыков Е.К., Романенко. Патент РК № 18531. Способ кучного выщелачивания золота из поликомпонентных золотосодержащих руд, опубл. 15.06.2007 г.
- 11 Шалгымбаев С.Т., Болотова Л.С., Ибраев С.Я., Сурымбаев Б.Н., Акжаркенов М.Д., Қаналы Е.С. Патент РК № 36552. Способ извлечения меди из циансодержащих оборотных растворов переработки золотомедных руд с регенерацией цианида и меди, опубл. 12.01.2024 г, Бюл. № 2.
- 12 Болотова Л.С., Акжаркенов М.Д., Шалгымбаев С.Т., Малимбаев М.С., Хумарбекулы Е, Малимбаев С.Р. Патент РК № 36755. Способ кучного выщелачивания медных деструктурированных руд, опубл. 24.05.2024 г, Бюл. № 21.
- 13 Surimbayev, B., Bolotova, L., Akcil, A., Yessengarayev, Y., Khumarbekuly, Y., Kanaly, Y., Akzharkenov, M. Gravity Concentration of Gold-Bearing Ores and Processing of Concentrates: A Review. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. 2024. 1–25. doi: 10.1080/08827508.2024.2395824.
- 14 Surimbayev, B., Akcil, A., Bolotova, L., Shalgymbayev, S., Baikonurova, A. Processing of Refractory Gold-Bearing Sulfide Concentrates: A Review. Mineral Processing and

Extractive Metallurgy Review. 2024. 45(6): 573–591. doi:
10.1080/08827508.2023.2230344

- 15 Акт внедрения. 11.09.2017 г. Разработка проекта и рабочей документации для отработки в опытно-промышленных условиях инновационной технологии NiTeSS на участке «Суздальский», х/д № 767 от 18.12.2014 г.

Инновации и комплексная переработка минерального сырья металлургической отрасли РФ

Заякин О.В.

(Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия)

Россия, не смотря на богатую минерально-сырьевую базу [1], по целому перечню рудных концентратов, оксидов и других соединений, металлов и ферросплавов, а также по отдельным маркам стали и металлическим изделиям зависит от импортных поставок. В силу большого объёма производства эта зависимость особенно заметна в чёрной металлургии, являющейся основным потребителем ряда цветных, в т.ч. редких, металлов, используемых для раскисления, легирования и модифицирования структуры чугуна и стали. Сплавы железа являются основой конструкционных материалов для объектов инфраструктуры, зданий, сооружений, транспорта, машино- и станкостроения, химической промышленности, оборонной отрасли, поэтому зависимость от того или иного вида сырья приводит к высоким рискам в сфере безопасности и устойчивого развития государства в целом.

Вынуждены констатировать, что по целому спектру материалов в России производится продукция первых переделов, которая отправляется на экспорт, перерабатывается за рубежом, а затем поступает обратно в виде продукции более глубокой степени переработки или готовых изделий [2].

Основной проблемой отечественного ферросплавного производства является обеспеченность рудным сырьем. Только немногие виды сплавов выпускаются на российских заводах из собственного сырья (ферросилиций, ванадиевые сплавы). Основное количество ферросплавов либо завозится из-за рубежа, либо выплавляется у нас из импортного сырья. Между тем по многим видам сырья в России имеется собственная сырьевая база. Недостаточность её использования обусловлена в ряде случаев низким качеством руд по сравнению с импортируемыми, отсутствием инфраструктуры и рентабельных технологических решений их переработки с получением стандартных видов продукции, удалённостью месторождений.

Важнейшей задачей отечественной и мировой металлургии всегда являлось повышение качественных характеристик металла. Ужесточение требований к качеству стали приводит к увеличению выпуска легированных марок, а, следовательно, к повышению удельного расхода ферросплавов. В современных условиях в мире производится около 45 млн. т различных ферросплавов, в России ~ 2 млн. т.

Основным видом продукции ферросплавных заводов являются стандартные ферросплавы, которые часто не обладают всеми необходимыми служебными характеристиками и малопригодны для обработки металла в ковше. В то же время развивающаяся прогрессивная технология сталеплавильного производства вынуждена приспособливаться к существующему сортаменту ферросплавов, стандарты на целый ряд ферросплавов не обновлялись более 30 лет. Это ведет к усложнению технологии, снижению производительности сталеплавильного производства и качества продукции. Кроме того, за последние годы поменялись источники и рынки ферросплавного сырья, снизились его качество и содержание ведущих элементов, что затрудняет или исключает получение ферросплавов по существующим стандартам. В связи с этим требуется выпуск более эффективных ферросплавов нового поколения, пригодных для прогрессивных процессов развивающихся областей черной и цветной металлургии и выплавляемых из новых, в том числе нетрадиционных, полиметаллических видов отечественного рудного сырья. К ним, в первую очередь, относятся так называемые

комплексные или многокомпонентные ферросплавы, содержащие, кроме железа, два и более функциональных элемента.

Комплексная переработка минерального сырья приводит к получению новых комплексных ферросплавов, которые должны иметь наиболее благоприятное сочетание компонентов, способствующих необходимому эффективному воздействию на железоуглеродистый расплав при высокой степени усвоения в нем полезных элементов.

Подбором полезных (целевых) и сопутствующих элементов сплава можно определить его рациональный состав, обеспечивающий высокое и стабильное усвоение элементов, быстрое растворение и равномерное их распределение в объеме железоуглеродистого расплава. Для этого разработан комплексный подход к изучению физико-химических характеристик сплавов, ответственных за усвоение элементов в жидком металле [3] и его качество, включающий определение: температур начала и конца плавления; плотности ферросплава; кинетики его окисления; количества и формы образующихся неметаллических включений в обрабатываемом расплаве; теплового эффекта взаимодействия КФ с железоуглеродистым расплавом; продолжительности плавления ферросплава, его механических и теплотехнических характеристик.

При создании КФ учитывается, что в его составе должны находиться, помимо целевых, еще и элементы, которые содержатся в минеральном сырье попутно основным металлам и входя в состав большинства марок обрабатываемого металла, благоприятно влияют на служебные характеристики ферросплавов, способствуя повышению стабильности и степени усвоения его компонентов сталью. К таким элементам относится, например, кремний, наиболее широко используемый в комплексных ферросплавах. Достаточно сказать, что кремний входит в состав самого массового в мире ферросплава – ферросиликомарганца [4].

Особый подход нужен при формировании компонентов сплавов, применяемых при микролегировании стали, когда вводимого ведущего элемента в десятки и сотни раз меньше, чем при обычном легировании (0,004-0,1 % против 1-30 %). Особенностью микролегирования сталей является трудность попадания в заданное маркой стали очень низкое содержание вводимого ведущего элемента. Это приводит к пониженному и нестабильному усвоению микроэлемента. Для улучшения условий перехода компонентов в металлический расплав нужно увеличивать количество вводимого ферросплава, понижая в нем содержания ведущего элемента до 10-20 и даже до 1-2 %, и вводить в сплав активные компоненты, предохраняющие микроэлемент от окисления.

Таким образом, Россия занимает одно из ведущих мест в минерально-сырьевом комплексе мира, а ее минерально-сырьевая база является основой национальной безопасности нашего государства, инструментом достижения его стратегических интересов. В основе решения проблемы развития металлургической отрасли значительную роль играет освоение собственной минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых, которое должно полагаться на развитие научных основ комплексного использования отечественного полиметаллического минерального сырья. Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН.

Источники

- 1 Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации». М.: ВНИГНИ, Гидроспецгеология. 2022. 626 с.
- 2 Leontiev L.I., Zayakin O.V., Volkov A.I. Overcoming Problems in the Development of the Metallurgical Industry to Ensure the Technological Sovereignty of Russia Considering the State of the Mineral and Raw Material Base // Herald of the Russian Academy of Sciences. Vol. 93(6), 2023. p. 331-344.

- 3 Жучков В.И., Носков А.С., Завьялов А.Л. Растворение ферросплавов в жидком металле. Свердловск: УрО АН СССР. 1990. 134 с.
- 4 Ringdalen E., Ostrovski O., Gaal S. Ore properties in melting and reduction reactions in silicomanganese production // Proceedings of the 12th International Ferroalloys Congress, Helsinki, Finland: Outotec Oyj. 2010, p. 487-496.

Новые технологии добычи минерального сырья из жильных месторождений Кыргызстана

Кожогулов К.Ч.¹, Кожогулов Б.К.²

(¹Инженерная академия Кыргызской республики, г. Бишкек, Кыргызстан,

²ПИЦ «Кен-Тоо», г. Бишкек, Кыргызстан)

В Кыргызской республике в последние годы постепенно стали вовлекаться в разработку многочисленные рудные жилы, разбросанные по территории страны. Они в основном расположены в гористой местности, имеют крутое падение и различные физико-механические свойства.

Для отработки данных жил, в настоящее время, обычно применяются традиционные системы разработки с магазинированием руды, которая предусматривает отбойку одновременно с жилой пустой породы т.е. руда магазинируется с боковыми породами (месторождения Жамгыр, Тереккан, Трудовое), поэтажное обрушение со шпуровой отбойкой руды (Иштамберды), с креплением очистного пространства и селективной выемкой руды (Куранджайляу). При этом, потери руды изменяются от 6,5% (Тереккан) до 14,8 (Иштамберды), а разубоживание руды достигает 31% (Иштамберды).

Анализ потерь и разубоживание руды в Кыргызстане при отработке жильных месторождений показывают, что они в основном существенно изменяются в зависимости от применяемой технологии разработки, которая должна обеспечить достаточную ширину очистного пространства и большую производительность труда. При этом, должна обеспечиваться такая ширина очистного пространства, соответствующая необходимым требованиям Единых правил безопасности, что значительно повышает разубоживание руды.

Поэтому, в последнее время, в Кыргызстане, разрабатываются новые технологии добычи минерального сырья, основанные на безвзрывных методах разработки жильных месторождений бурением скважин большого диаметра, которые базируются на бурошнековом способе выемки полезных ископаемых и использовании специальных канатных пил, оснащенных твердыми сплавами или алмазами. При этом, бурошнековая выемка является перспективным направлением инновационного развития геотехнологии при подземной разработке крутопадающих маломощных жил выбуриванием скважин большого диаметра. При этом, эта новая технология должна обеспечить высокую эффективность, экологическую безопасность разработки маломощных жильных месторождений без присутствия человека в очистном пространстве и возможности в будущем создания дистанционного управления всеми процессами горных работ.

При использовании специальных канатных пил, оснащенных твердыми сплавами или алмазами, конструкция канатопильной установки определяется используемым инструментом и может быть разделена на две основные группы:

- установки с неармированными канатными пилами;
- установки с армированными канатными пилами, у которых на несущий стальной трос закреплены алмазоносные режущие элементы.

При этом, типовая установка канатной пилы обычно состоит из гибкого режущего органа (пилы), тяговых канатов с отклоняющимися блоками и привода пилы. Гибкий режущий канат (пила) прорезает в крутой маломощной мягкой жиле щель, которая нарушает равновесное состояние полосы жилы, что ведет к разрушению под действием собственного веса и горного давления.

Целостный инвестиционный подход к комплексному освоению вольфрамовых месторождений Казахстана

Лю Лицян

(Jiaxin International Resources Investment Co., Ltd., Гонконг, Китай)

**Уважаемый академик г-н Жарменов,
уважаемые друзья, добрый день!**

Для меня большая честь присутствовать на сегодняшней церемонии, поскольку мы давно тесно взаимодействуем и плодотворно сотрудничаем с РГП «Национальным центром по комплексной переработке минерального сырья» Республики Казахстан. Национальный центр является авторитетным и надежным партнером с точки зрения целостного и надлежащего научно-технического и технологического уровня, имеет богатую историю и пользуется высоким авторитетом в области исследований и разработки технологий по обогащению полезных ископаемых. Мы восхищаемся достижениями РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья» Республики Казахстан и хотели бы выразить наши теплые поздравления с пожеланиями дальнейшего процветания и целостного развития!

Компания Jiaxin International, является прямым Инвестором Богутинского месторождения вольфрамовых руд в Алматинской области, инвестирует в Казахстан уже 11 лет, благодаря прекрасной инвестиционной среде и существенной поддержке Министерства промышленности и строительства нам удастся добиваться поставленных целей с позитивными результатами. В следующем месяце начнется первый этап производства на нашем вольфрамовом месторождении, что является большим событием для мировой вольфрамовой промышленности, поскольку после запуска производства вольфрама в проектную мощность, выпуск вольфрамового концентрата с нашего рудника составит 10 % от мирового производства. Мы уже завершили первый этап инвестиций в размере 350 миллионов долларов, и в 2027 году мы продолжим дополнительно инвестировать свыше 100 миллионов долларов в производство АРТ и порошков карбида вольфрама, что сделает Казахстан ключевым игроком в мировой цепочке вольфрамовой промышленности.

В апреле текущего года, мы, инвестиционный проект по разработке вольфрамового месторождения ТОО «Жетісу Вольфрамы», Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет им. К. Сатпаева (Satbayev University) и Пекинский BGRIMM technology Group, создали совместную лабораторию, которая будет вовлечена в разработку ряда новых технологий в области добычи, обогащения и глубокой переработки вольфрама. Стороны будут делиться самыми передовыми технологиями и научно-техническими достижениями. Мы надеемся, что «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья» присоединится к исследованиям нашей совместной лаборатории, и вместе мы будем способствовать научно-техническому прогрессу вольфрамовой промышленности Казахстана.

Ученые «Национального центра по комплексной переработке минерального сырья» обладают большими возможностями по разработке надлежащей технологии в части переработки вольфрамовых руд в Казахстане, Совместно с Национальным Центром по комплексной переработке минерального сырья мы выражаем инвестиционное намерение на сотрудничество и предлагаем целостный подход к надлежащей разработке месторождениям вольфрама ВК и СК, расположенных в Карагандинской области. В контексте предстоящего комплексного развития проектов

СК и ВК, будет осуществляться непосредственно через создание инвестиционного консорциума с крупным инвестиционным холдингом Китая, Fude Holdings (Group) Co., Ltd., базирующимся в городе Шэньчжэне.

На основании успешного продвижения проекта Богуты, нам удалось накопить соответствующий богатый опыт, профессиональную экспертизу, технические навыки, финансовые возможности и надлежащие технологические знания, позволяющие нам всесторонне подойти к разработке как СК, так и ВК как единое целое, создав тем самым мощный промышленный кластер. Мы готовы применять высокоэффективные комплексные технологии глубокой переработки вольфрамовой руды и сопутствующих элементов.

В этом отношении и мы, и Национальный центр комплексной переработки минерального сырья, имея солидный взаимный опыт высокопродуктивного партнерства, твердо верим в нашу способность и приверженность достижению большого успеха в разработке проектов как СК, так и ВК

Наш уникальный целостный инвестиционный подход позволит нам создать до 4000 рабочих мест, создать добавленную стоимость для национальной экономики Казахстана, привлечь самые современные технологии и значительные инвестиционные потоки в Казахстан. Одновременно мы планируем создать индустриальный парк вольфрамовых продукций мирового уровня с высокой технологии для производства полного спектра вольфрамовой продукции. Общая сумма средств, которую мы намерены инвестировать в проекты СК и ВК, составляет 1 млрд. долларов США. Мы готовы создать надлежащую и стабильную платформу, выведя Казахстан в один из ведущих лидеров производства вольфрама в мире.

В эти юбилейные 30 лет динамичной научно-исследовательской, высокотехнологической и крайне эффективной жизни «Национального центра комплексной переработки минерального сырья Республики Казахстан» и 15-лет с момента создания Национальной академии естественных наук Казахстана, позвольте мне сердечно выразить высокое почтение и наилучшие пожелания «Национальному центру комплексной переработки минерального сырья» и Национальному академии естественных наук.

Желаю вам больших успехов в вашей крайне полезной и благодатной деятельности как для науки Казахстана, так и для реального сектора экономики, в частности для горнодобывающей отрасли; делаем вам продолжать вносить колоссальный вклад в развитие страны. Благодарю за внимание! Спасибо всем!

Перспективы устойчивого развития Республики Казахстан в контексте водной безопасности

Медеу А.Р.¹, Мальковский И.М.², Толеубаева Л.С.³

(¹НАН РК, г. Алматы, Казахстан, ²КазНАЕН, г. Астана, Казахстан,

³МАНЭБ, г. Санкт-Петербург, Россия)

В результате многолетних научных исследований АО «Институт географии и водной безопасности» установлено, что суммарные ресурсы поверхностных вод Республики Казахстан в современный период составляют 91,3 км³ (50% обеспеченности), из которых 44,3 км³ поступает из сопредельных государств, 47,0 км³ составляет местный сток.

Годовое потребление отраслей экономики составляет порядка 25 км³ воды, из которых 65% направляется на сельское хозяйство, 25% – на нужды промышленности [1-3].

Водопотребление в Казахстане на 85 % обеспечивается за счет ресурсов поверхностных вод и около 6 % за счет подземных вод [1-3].

По статистике, в течение последних лет Казахстан использует около 6-8 кубометров воды на производственную единицу в среднем для различных отраслей.

В Послании Главы государства К. К. Токаева народу Казахстана Глава государства отмечает: «Серьезным барьером для устойчивого экономического развития страны является нехватка водных ресурсов. В текущих реалиях эта тема переходит в разряд вопросов национальной безопасности» [4].

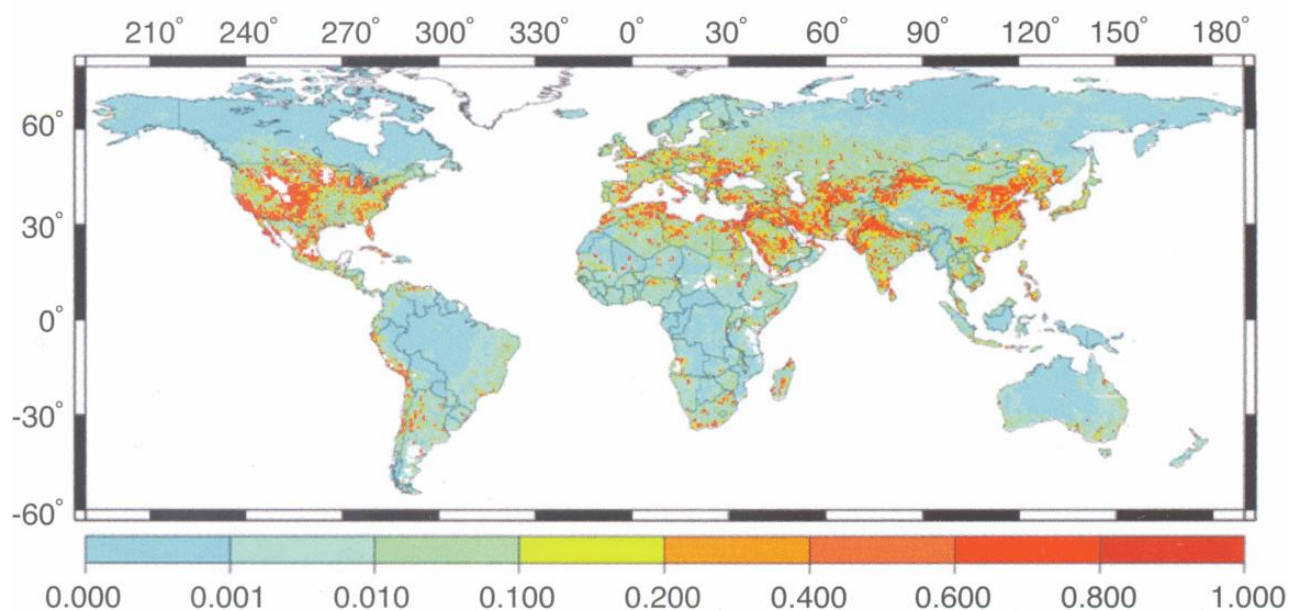


Рисунок 1 – Ожидаемый водный стресс в мире (2050 г.)

Вода – крайне ограниченный ресурс и борьба за обладание водоисточниками становится важнейшим фактором геополитики, являясь одной из причин напряженности и конфликтов на планете. Проблемы воды в предстоящие 50 лет в разной степени отразятся на состоянии продовольственного обеспечения и экологической безопасности каждого государства планеты.

По оценкам ООН в настоящее время 3,6 миллиарда человек (почти половина населения мира) проживают в районах, испытывающих дефицит водных ресурсов. К 2050 г. эта численность может составить от 4,8 до 5,7 миллиарда человек (рисунок 1) [5].

Казахстан находится в тревожном оранжевом поясе высокого водного стресса.

Основные угрозы и вызовы водообеспечения

Региональные изменения климата

Основными угрозами и вызовами в области водообеспечения в странах Центральной Азии являются глобальные и региональные изменения климата.

На территории Казахстана ожидается дальнейшее повышение температуры приземного воздуха во все месяцы года на 0,8–1,2°C, а также изменения среднемноголетнего годового количества осадков на 1–3% к 2035 г. [1-3, 6].

Изменения в бассейновых гидрологических циклах Казахстана, как реакции на глобальное и региональное потепление климата, приведут к повышению испарения влаги на речных водосборах с уменьшением притока вод в реки, падению уровней Аральского и Каспийского морей, росту хозяйственного спроса на водные ресурсы, в т.ч. увеличению норм орошения сельхозкультур.

Ретроспективное и перспективное состояние водных ресурсов Казахстана

Исходя из возможности неблагоприятной реализации климатических и трансграничных гидрологических угроз в перспективе реально уменьшение ресурсов речного стока в целом по Казахстану к 2030 г. до 72,4 км³/год, в том числе трансграничного – до 22,2 км³/год, местного – до 50,2 км³/год (рисунок 2) [1-3, 7].

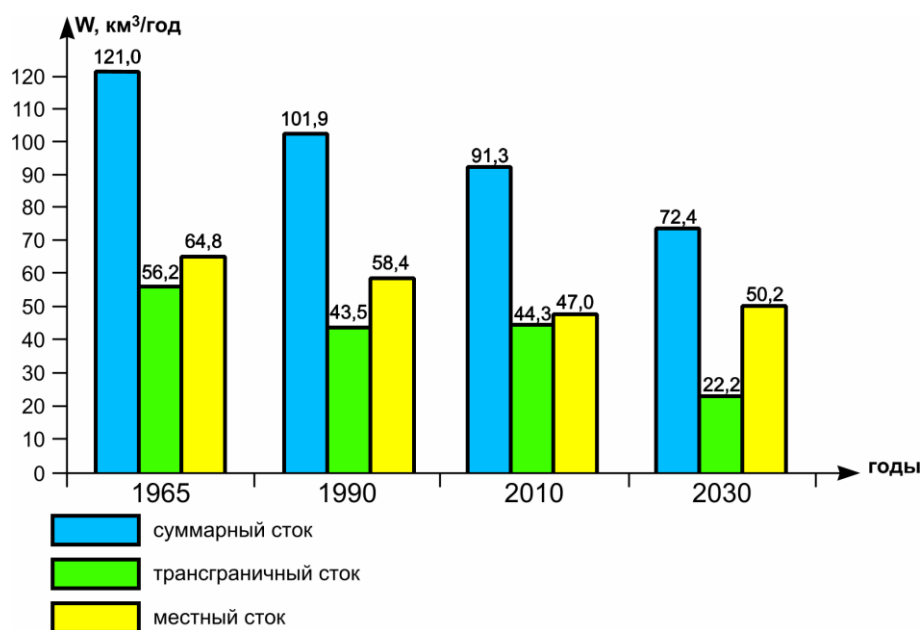


Рисунок 2 – Ретроспективное и перспективное состояние водных ресурсов Казахстана

Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы и решения

В этой связи Институтом впервые для суверенного Казахстана разработана уникальная концепция водной безопасности как компонент национальной безопасности на основе идентификации водных угроз с разработкой стратегии устойчивого водообеспечения на основе новой водной парадигмы – сочетание управления «спросом» и управления «ресурсом» – и программы действий (рисунок 4) [1-3, 8-10].



Рисунок 3 – Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы и решения

Основные пути решения проблемы дефицита воды

Предложены основные пути решения проблемы дефицита воды в РК.

Межгосударственное вододелиение в трансграничных бассейнах

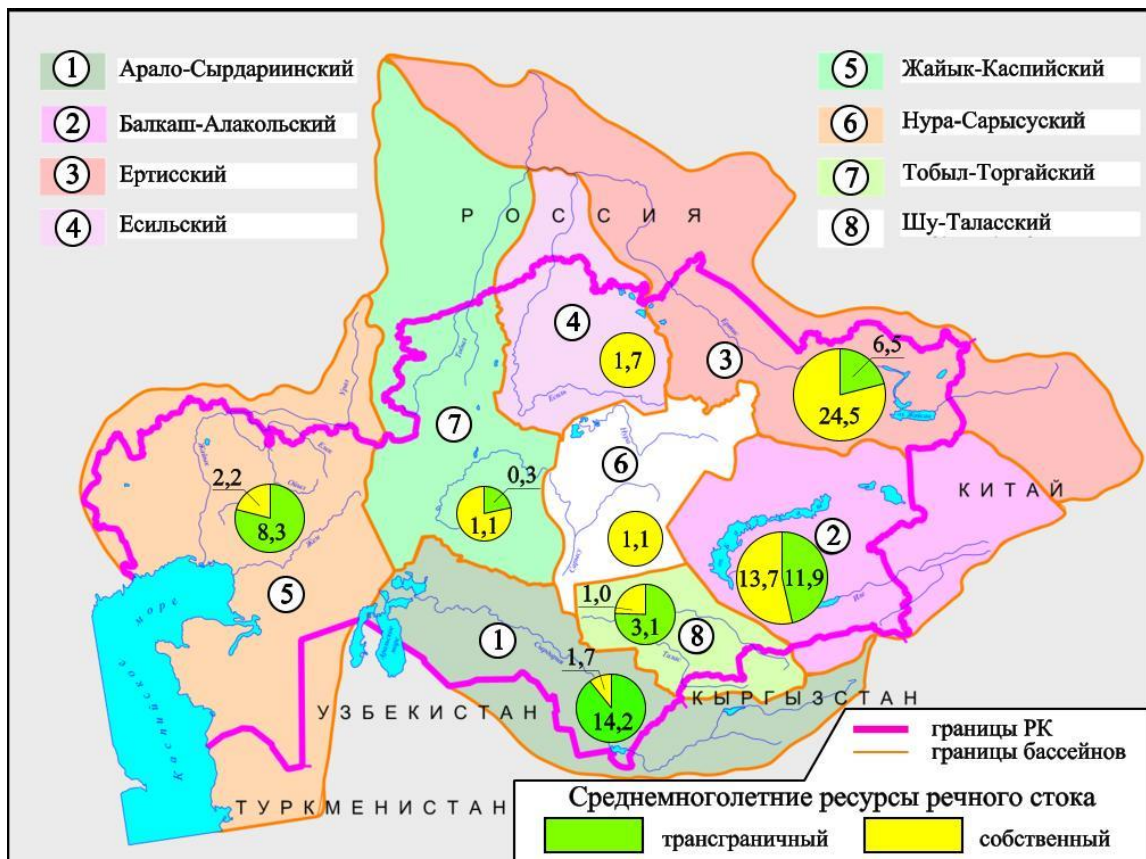


Рисунок 4 – Межгосударственное вододелиение в трансграничных бассейнах

На основе принципов международного водного права Институтом разработана методика межгосударственного вододеления в трансграничных бассейнах, учитывающая интересы Казахстана, его географическое положение, экологические и социально-экономические особенности [1-3, 8, 9, 11]. Предложены следующие конструктивные принципы вододеления:

1. Принять принцип региональных ограничений на водохозяйственную деятельность в трансграничном бассейне, обеспечивающий устойчивость процессов регенерации водных ресурсов (зона формирования стока) и экологическую безопасность развития региона (зона рассеивания стока).

2. Определить и согласовать исходную величину вододеления на основе данных о фактическом трансграничном стоке и восстановлении его естественного (антропогенно нарушенного значения).

3. Определить величину социально-экономического водно-ресурсного потенциала трансграничного бассейна (свободного стока) и установить долю сторон на основе принципов: а) пропорциональности численности населения в соответствующих частях трансграничного бассейна; б) равенства относительных ущербов компонентов при ограничении спроса на воду.

Водосбережение в отраслях экономики

Ожидаемый на перспективу интенсивный рост производства в Казахстане рекомендуется в максимальной степени обеспечить интенсификацией использования водных ресурсов в пределах установленных лимитов водозаборов в объеме 23,3 км³/год (безвозвратное водопотребление – 15,3; водоотведение – 8,0 км³/год), в том числе сельское хозяйство – 15,4; промышленность – 4,0; коммунальное хозяйство – 2,2; прочие отрасли – 1,8 км³/год.



Рисунок 5 – Прогнозное водопотребление в отраслях экономики

Перспективные лимиты водозабора планируется обеспечить за счет поверхностных вод – 19,8 км³/год (85%); подземных вод – 1,5 (6%); морских вод – 1,1 (5%); прочих водоисточников – 0,9 км³/год (4%) (рисунок 5) [1-3, 12].

Устойчивое развитие орошаемого земледелия Казахстана может быть достигнуто путем комплексной реконструкции оросительных систем на площади до 2,0 млн га (с повышением КПД от 0,5 до 0,75), внедрения современной технологии полива с уменьшением средней оросительной нормы от 9250 до 7100 м³/га, экономии водных ресурсов на 30%, повышения урожайности в 1,5-2,0 раза.

Территориальное перераспределение водных ресурсов

В Казахстане резко выражена пространственная неравномерность распределения речного стока и спроса на воду. В бассейне Ертиса формируется до половины возобновляемых водных ресурсов РК. Переброска стока Ертиса в вододефицитные в перспективе бассейны рек Есиль, Нура, Тобыл, Иле будет способствовать решению национальных и региональных проблем устойчивого развития (рисунок 6) [1-3, 8, 9, 13-15].

Институтом для дальнейшего обоснования ТКК рекомендован северный (самотечный) вариант, являющийся более надежным и характеризующийся меньшими эксплуатационными затратами, связанными с потреблением электроэнергии на машинный водоподъем.

Были даны прогнозные оценки влияния ТКК на развитие сельского хозяйства и промышленности, численности населения и эколого-демографического состояния проектируемой территории (рисунок 7) [1-3, 8, 9, 16].

Сохранение озера Балкаш

При ожидаемом сокращении трансграничного стока р. Иле с территории КНР потенциальным средством сохранения целостного озера Балкаш – водного объекта особого государственного значения – является привлечение части стока р. Ертыс из Буктырминского водохранилища (рисунок 8) [1-3, 8, 9, 17].

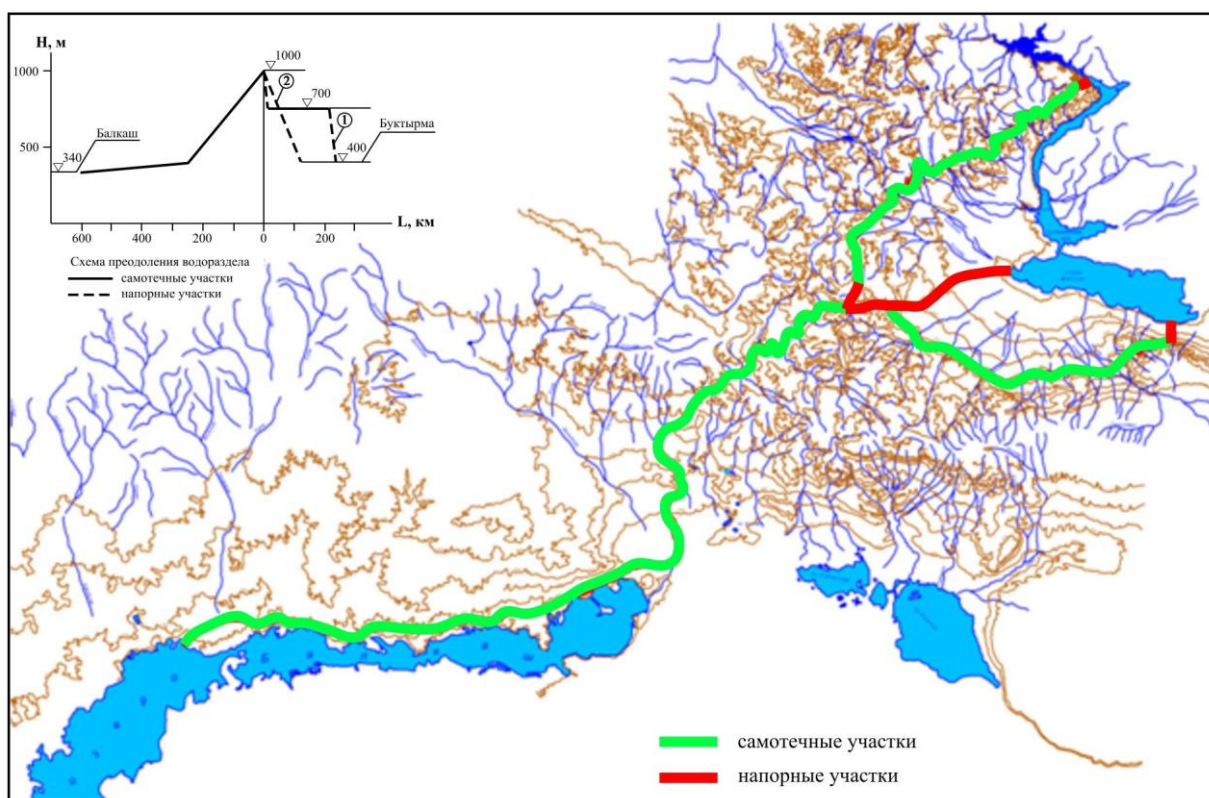


Рисунок 8 – Сохранение озера Балкаш

Выводы

В условиях обострения водных проблем в мире и Центрально-Азиатском регионе, а также особой значимости водных ресурсов для страны, перед Казахстаном остро стоит проблема обеспечения водной безопасности природно-хозяйственных систем республики. В работах Института географии водная безопасность рассматривается как составная часть национальной безопасности и трактуется как состояние защищенности жизненно важных интересов общества (здоровья людей, среды обитания, производства) от водных угроз. Институтом создана концепция водной безопасности природно-хозяйственных систем республики в контексте национальной безопасности как фактор перехода к устойчивому развитию.

Определены пути устранения дефицита воды, важнейшими из которых являются совершенствование межгосударственных водных отношений в трансграничных бассейнах на принципах международного водного права; водосбережение в отраслях

экономики путем внедрения современных водосберегающих технологий в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве; территориальное перераспределение водных ресурсов.

Источники

- 1 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Т. I. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция) (30-ти томная монография «Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление»). – Алматы, 2012. – 94 с. ISBN 978-601-7150-28-0.
- 2 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Алимкулов С.К. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водообеспечения – Алматы, 2015. – 582 с. ISBN 978-601-7150-80-8.
- 3 Медеу А.Р., Алимкулов С.К., Есполов Т.И., Мальковский И.М., Северский И.В., Толеубаева Л.С., Турсунова А.А. Казахстан: водная безопасность – Алматы, 2021 – 312 с. ISBN 978-601-7150-94-5.
- 4 Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана «Справедливый Казахстан: закон и порядок, экономический рост, общественный оптимизм» (от 2 сентября 2024 года) // [Электронный ресурс] URL: <https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-spravedlivyyu-kazahstan-zakon-i-poryadok-ekonomicheskiiy-rost-obshchestvennyu-optimizm-285014> (дата обращения 05.09.2024).
- 5 World resources institute. Water Stress by Country // [Электронный ресурс] URL: <https://www.wri.org/data/water-stress-country> (дата обращения 20.09.2024).
- 6 Том V. Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов (30-ти томная монография «Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление»). / Под науч. ред. Сальникова В. Г. – Алматы, 2012. – 430 с. ISBN 978-601-7150-30-3.
- 7 Том II. Достай Ж. Д. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз (30-ти томная монография «Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление»). – Алматы, 2012. – 330 с. ISBN 978-601-7150-29-7.
- 8 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы и решения // Роль географии в изучении и предупреждении природно-антропогенных стихийных явлений на территории СНГ и Грузии. – Отв. ред. В.М. Котляков, О.Б. Глейзер. – М.: Медиа-Пресс, 2015 г. – С. 242–253.
- 9 Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы и решения // Известия НАН РК. – Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2016 г. – № 1 (415). – С. 57–67.
- 10 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. 8-томник «Водная безопасность Республики Казахстан: трансграничные бассейны рек Иле и Ертис» Том 1. Устойчивое водообеспечение природно-хозяйственных систем – Алматы, 2021 г. – 244 с. ISBN 978-601-80873-6-3 (Т. I).
- 11 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Методика межгосударственного вододеления между РК и КНР // Специализированный научный закрытый журнал «Научные труды Академии Пограничной службы КНБ РК». – Алматы, 2019. – № 3. – С. 19-26.
- 12 Сатенбаев Е. Н., Ибатуллин С. Р., Балгабаев Н. Н. Т. III. Водопотребление отраслей экономики Казахстана: оценка и прогноз (30-ти томная монография «Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление»). – Алматы, 2012. – 262 с. ISBN 978-601-7150-53-2.
- 13 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Территориальное перераспределение водных ресурсов в Казахстане: проблемы и решения // Вестник КазНАЕН, Астана, 2016. – №1. – С. 38-44.

- 14 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Географические основы инженерно-технических решений по территориальному перераспределению речного стока для водообеспечения Казахстана // Материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» WSEC-2017. – Астана, 19-20 июня 2017 г. – С. 299-308.
- 15 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Казахстана в трансграничном Арало-Сырдаринском бассейне: территориальное перераспределение водных ресурсов // Научные труды Пограничной академии КНБ Республики Казахстан. – №2 (60). – 2022. – С. 85–93.
- 16 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Трансказахстанский канал – стратегический приоритет устойчивого водообеспечения Республики Казахстан // Известия НАН РК, серия геологии и технических наук, Алматы, 2017 г. № 5. С. 109-120.
- 17 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Трансграничный бассейн озера Балкаш: сценарии сбалансированного водопользования // Сборник докладов II Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства», Тараз, 2016. – С. 46-49.

Минерально-индустриальный мегакомплекс – материально-техническая база научно-технического прогресса

Ракишев Б.

*(Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан)*

Минерально-индустриальный мегакомплекс

Минеральные ресурсы являются главным богатством любой страны. Благодаря усилиям геологов под руководством выдающегося ученого мирового уровня, академика АН СССР Каныша Иммантаевича Сатпаева в прошлом веке в Казахстане было открыто и поставлено на учет более ста крупных и средних, более полутысячи рядовых месторождений полезных ископаемых. В результате этих работ наша Республика стала крупной горнодобывающей державой.

В индустриально развитых горнодобывающих странах по отраслевой принадлежности различают минерально-сырьевой, нефтегазовый, горно-металлургический, горно-химический, топливно-энергетический, горно-нерудный, горно-строительный комплексы. Они занимаются геологической разведкой, добычей и переработкой минерального сырья для производства первичного материала (технологического сырья) для обрабатывающих отраслей промышленности. Все эти комплексы начинают свою деятельность с добычи минерального сырья (МС) из недр Земли открытым, подземным, скважинным и подводным способами. Причем применяемые технические средства и технологии добычи и переработки МС принципиально не отличаются друг от друга. Они идентичны, но имеют различное, конструктивное оформление для различных отраслей промышленности.

Вследствие этого при разработке и внедрении инновационных технологий добычи и переработки МС одинаковые по сути, но различные по назначению горнодобывающие и минералоперерабатывающие предприятия целесообразно объединить в единый минерально-индустриальный мегакомплекс (МИМК). Это позволит объективно оценить ведущую роль мегакомплекса в развитии цивилизации, в структуре экономики, более эффективно управлять процессами производства востребованного технологического сырья для обрабатывающих, в том числе наукоемких отраслей промышленности.

Под понятием минерально-индустриальный мегакомплекс (МИМК) следует понимать совокупность существующих (проектируемых) отраслевых индустриальных (промышленных) комплексов, занимающихся вопросами геологической разведки, добычи и переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения для производства технологического сырья для обрабатываемых отраслей промышленности. В него входят геологоразведочный, гидрогеологический, нефтегазовый, горно-металлургический, горно-химический, горно-топливный, горно-нерудный, горно-строительный комплексы. Структурная схема МИМК приведена на рисунке 1.

Объектом изучения и эксплуатации всех названных комплексов являются месторождения полезных ископаемых, содержащие минеральное сырье (МС), а продукцией – технологическое сырье каждого индустриального комплекса. Эти составляющие представляют собой элементы минерально-индустриального мегакомплекса. Они схематично представлены на рисунке 2.

Продукция минерально-индустриального мегакомплекса – технологическое сырье для соответствующих предприятий строительной, металлургической,

станкостроительной, машиностроительной, химической и всех остальных, в том числе высокотехнологичных отраслей промышленности.

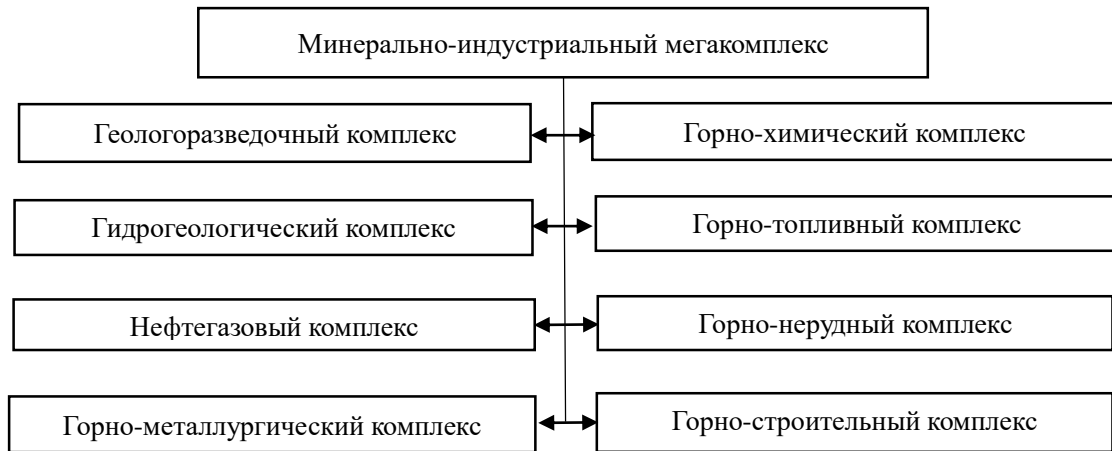


Рисунок 1 – Структурная схема минерально-индустриального мегакомплекса

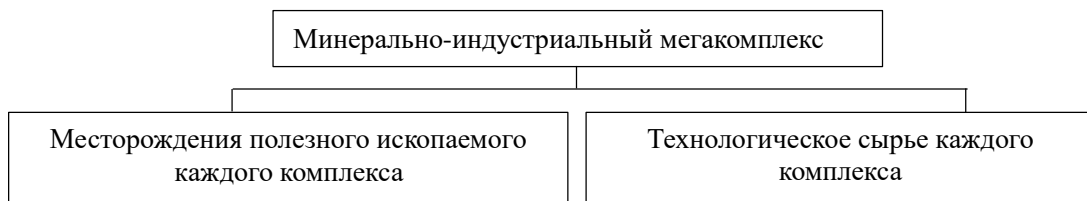


Рисунок 2 – Элементы минерально-индустриального мегакомплекса

Геологоразведочный комплекс (ГРК) — совокупность различных специализированных геологических организаций и предприятий, осуществляющих геолого-разведочные работы по изучению закономерностей размещения, условий образования, особенностей строения и вещественного состава горных пород конкретных месторождений полезных ископаемых.

Геологическая разведка производится на объектах, перспективных для данного вида сырья и получивших положительное заключение в результате поисково-оценочных работ. Она осуществляется с целью получения достоверных данных для достаточно надежной геологической, технологической и экономически обоснованной оценки промышленного значения месторождения. При нефтегазовых месторождениях изучается их структура, выделяются продуктивные пласты, определяются возможные дебиты нефти, газа, конденсата, воды, пластовое давление и другие показатели.

Основной конечной продукцией комплекса являются разведанные запасы различных видов полезных ископаемых заданного качества в недрах конкретных месторождений. Они служат основанием для проектирования и эксплуатации добывающих и перерабатывающих предприятий различных отраслей промышленности.

Гидрогеологический комплекс (ГГК) – группа специализированных организаций и служб, осуществляющих изучение происхождения, условий залегания, состав и закономерностей движения подземных вод, взаимодействия подземных вод с горными породами, поверхностными водами и атмосферой. Они служат исходными данными для проектирования и эксплуатации сооружений систем водоснабжения, мелиорации и ирригации, экологических последствий гидротехнического

строительства (водохранилищ и др.), эксплуатации месторождений подземных питьевых, технических, минеральных, промышленных и термальных вод, глубинного захоронения промышленных отходов, а также прогноза водопритоков в транспортные тоннели и горные выработки месторождений твёрдых полезных ископаемых (шахты, карьеры).

Конечная продукция комплекса – гидрогеологические данные конкретного объекта для проектирования и эксплуатации сооружений, связанных с использованием подземных вод, а также определения возможности хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения.

Нефте-газовый комплекс (НГК) — совокупность предприятий по добыче, транспортировке и переработке нефти (нефтяная промышленность) и газа (газовая промышленность) и распределению продуктов их переработки.

Продукты, получаемые из нефти и газа – это топлива различных видов, бензин, керосин, сжиженный нефтяной газ, дизельное топливо, масла, мазуты, битумы, парафины, а также различные растворители, смазки, сажа, природный газ.

Продукция НГК – технологическое сырье для химической, энергетической, автомобильной, авиационной, легкой, автодорожной, железнодорожной промышленности.

Горно-металлургический комплекс (ГМК) – это совокупность предприятий черной и цветной металлургии по добыче рудного сырья по производству чугуна, стали, проката, спецсталей, труб, метизов, катанки, ферросплавов, коксохимической продукции, огнеупоров, твердых сплавов, графитовых изделий, различных цветных, благородных и редких металлов и их производных (сплавов, фольги, катанки, проволоки и др.).

Продукция ГМК – технологическое сырье для промышленного, гражданского строительства, машиностроения, приборостроения, ракетостроения, атомной, водородной энергетики и всех высокотехнологичных отраслей промышленности.

Горно-химический комплекс (ГХК) — это совокупность предприятий по добыче и первичной переработке горнохимического сырья — апатитов, фосфатных руд, поваренной и калийных солей, серных руд, а также борных, мышьяковых и бариевых руд, природного сульфата натрия, природной соды, барита, йода, брома и др.

Основной продукцией горно-химического комплекса являются калийные удобрения, фосфатное сырье (фосфорные удобрения), хлористый натрий, природный сульфат натрия, боратовая руда, серный колчедан и природная сера. Серу получают главным образом при переработке нефти и природного газа (95%).

Продукция ГХК – технологическое сырье для химической, сельскохозяйственной, легкой, энергетической, горно-металлургической промышленности.

Горно-топливный комплекс (ГТК) – часть топливно-энергетического комплекса (ТЭК), осуществляющая добычу и первичную переработку каменного и бурого угля, горючих сланцев, торфов, нефти, газа и урановой руды для производства энергии на тепловых, атомных электростанциях и обработки в химической промышленности.

Продукция ГТК – технологическое сырье для химической, горно-металлургической, энергетической, сельскохозяйственной промышленности.

Горно-нерудный комплекс (ГНК) – совокупность предприятий по добыче и переработке природного и техногенного сырья для производства строительных и отделочных материалов: из гранита, доломита, известняка, мрамора, кварца, графита, асбеста, глины, каолина, мергеля, мела, полевого шпата и др., а также для производства драгоценных и отделочных камней.

Продукция комплекса – технологическое сырье для строительной, химической, автодорожной, железнодорожной, авиационной, металлургической, энергетической и легкой промышленности.

Горно-строительный комплекс (ГСК) – совокупность специализированных строительных предприятий, осуществляющих выбор способов и средств, а также параметров горно-строительных работ в действующих и отработанных горных (специальных) выработках для обеспечения длительного функционирования подземного (наземного) объекта.

Продукты комплекса – подземные (наземные) сооружения различного назначения (склады, хранилища, гидро-энергетические сооружения, лечебницы, объекты науки, культуры, туризма, спорта и др.)

Продукция ГСК – техногенные георесурсы недр для всей индустрии, сельского хозяйства, здравоохранения, культуры и спорта.

Роль минерально-индустриального мегакомплекса в развитии цивилизации

История развития цивилизации показывает, что оно непосредственно связано с использованием минеральных ресурсов Земли. В зависимости от степени обработки используемого материала из минерального сырья в качестве орудия труда еще в античном мире мыслители выделили каменный, бронзовый, железный «века» [1]. В каменном «веке» (начало: 1 млн. 800 тыс. лет назад, конец: 8-6 тыс. лет назад) орудия труда и оружие изготавливались главным образом из камня, в бронзовом «веке» (начало: конец 4-го и начало 1-го тысячелетия до н.э., конец: 11-10 вв до н.э.) - из бронзы, в железном «веке» (начало: 9-7 вв до н.э., конец: 1-4 вв н.э.) – из железа [2-3].

Дальнейшее развитие цивилизации (с середины XVIII века) совершалось под влиянием научно-технического прогресса (НТП), основанного на массовом использовании целого ряда высококачественных металлов и сплавов для создания средств производства - машин различного назначения. В результате формирования крупного машинного производства во всех отраслях экономики создавались условия для производства большой гаммы ранее неизвестной промышленной продукции, превращения аграрной или аграрно-индустриальной страны в индустриально-аграрную или индустриальную [4-8].

Этот этап развития цивилизации, совпадающий с широким применением различных высококачественных металлов и их производных по аналогии с идеей мыслителей древности нами назван «веком» высококачественных металлов и сплавов [9]. Он ознаменовался значительным ростом крупного машинного производства, резким повышением производительности труда, высоким темпом роста производства во всех отраслях экономики.

В рамках «века» высококачественных металлов и сплавов развернулись новые промышленные революции. Первая промышленная революция произошла, когда человечество научилось использовать энергию пара и воды для механизации производства. В конце XVIII и в начале XIX века в передовых странах мира получили широкое применение водяные и паровые двигатели, двигатели внутреннего сгорания, развивался железнодорожный, морской, автомобильный транспорт [4-9].

Использование электрической энергии с соответствующим техническим сопровождением привело ко второму технологическому прорыву- второй промышленной революции. Во второй половине XIX и в начале XX века за счет повсеместного использования высококачественных металлов и сплавов освоилось конвейерное производство, налажился выпуск массовой продукции. Развивались авиация, телефонная, телеграфная связь.

С середины XX века началась современная научно-техническая революция, оказавшая сильное влияние на дальнейший ход индустриального развития. Возникли условия для перехода к использованию высоких технологий и соответствующих им технических средств. К высоким технологиям обычно относят самые наукоёмкие отрасли промышленности. Это – электроника, робототехника, самолётостроение, ракетостроение, космическая техника, компьютерная техника, нанотехнологии, атомная,

солнечная и водородная энергетика, биотехнология, геновая инженерия и искусственный интеллект [6-17]. Эти технологии основаны на использовании ранее неизвестных разнообразных сплавов черных, цветных, благородных, редких, редкоземельных металлов (РЗМ), извлекаемых из минерального сырья (МС).

Этот этап развития цивилизации нами назван «веком» высокотехнологичных металлов и сплавов [9]. Начало его совпадает с серединой XX века, когда человечество овладело атомной энергией, развивались космическая техника, кибернетика, в ведущих отраслях промышленности и управлении получили широкое применение электронно-вычислительные машины (компьютеры), информационные технологии, ставшие символом научно-технической революции. Они принципиально изменили положение и роль человека в процессе управления производством.

В рамках этого «века» произошла третья промышленная революция. Внедрились комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, интенсивное использование цифровых, информационных технологий в управлении этими процессами. Резко возросла роль фундаментальной науки в преобразовании базы производства, формировались новейшие наукоемкие отрасли промышленности. Наука стала реальной производительной силой.

В результате саморазвития, самосовершенствования третья промышленная революция в начале XXI века эволюционно перешла в четвертую промышленную революцию, обеспечивающую более глубокие количественные и качественные сдвиги в сфере науки и производства. Четвертая промышленная революция или Индустрия 4.0, характеризуется интеграцией передовых технологий и слиянием физической, цифровой и биологической сфер обработкой и анализом больших данных (Big Data) [7-10] (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Основные характеристики индустриальных этапов развития цивилизации

Название этапов	Продолжительность этапов	Продукция
«Век» высококачественных металлов и сплавов	Начало: середина XVIII века Конец: середина XX века	Энергия пара и воды. Крупное машинное производство, основанное на использовании высококачественных металлов и сплавов. (I промышленная революция, конец XVIII в. - начало XIX в.) Электрическая энергия. Конвейерное производство, основанное на использовании высококачественных металлов и сплавов (II промышленная революция, вторая пол. XIV в. - начало XX в.)
«Век» высокотехнологичных металлов и сплавов	Начало: середина XX века. Действие: настоящее время	Высокие технологии (электроника, робототехника, космическая техника, атомная энергетика, информационные, нанотехнологии и др.), основанные на использовании высокотехнологичных металлов и сплавов (III промышленная революция, конец XX в. и далее) Интеграция передовых технологий, слияние физической, цифровой, биологической сфер, искусственный интеллект, обработка больших данных, основанные на использовании высокотехнологичных металлов и сплавов (IV промышленная революция или Индустрия 4.0, настоящее время)

Как видно, человечество в своем развитии пережило каменный, бронзовый, железный «века», переживает «век» высококачественных металлов и сплавов и вступило в «век» высокотехнологичных металлов и сплавов. На всех этапах развития цивилизации технологическое сырье минерально-индустриального мегакомплекса являлось и является материально-технологической базой научно-технического прогресса. Научно-технический прогресс, в свою очередь, инициировал и инициирует инновации во всех отраслях экономики, включая минерально-индустриальный мегакомплекс (МИМК). В современном мире, все начиная от дома, в котором мы живем, транспортных средств, с помощью которых мы перемещаемся, и т.д. и кончая космической техникой, сделано из материалов, полученных из минерального сырья и его производных (см. рисунок 3).



Рисунок 3 – Минерально-индустриальный мегакомплекс и его потребители

Актуальные задачи минерально-индустриального мегакомплекса Казахстана

Для современной минерально-сырьевой базы черной, цветной металлургии и других добывающих отраслей промышленности Казахстана, как и других стран СНГ, характерно систематическое ухудшение горно-геологических условий разрабатываемых и взятых на учет месторождений, снижение содержания основных полезных компонентов в руде, усложнение их минералогического состава, рост доли труднообогатимых руд и т.д. [18, 19]

В то же время в составе руд черных, цветных, благородных металлов, в уране, в угле, в нефти и др. содержатся достаточно приемлемое количество редких, редкоземельных металлов, востребованных для высоких технологий. К примеру, месторождения руд цветных металлов содержат в своем составе более 20 важнейших благородных и редких металлов (золото, серебро, платина, палладий, рутений, селен, теллур, кадмий, литий, рений, индий, осмий, таллий и др.). Аналогичный перечень сопутствующих РЗМ характерен и для нефтяных, урановых и угольных месторождений.

Учеными Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК» совместно с производителями успешно освоены некоторые технологии извлечения РЗМ из медных, свинцовых, цинковых и других концентратов, а также из урановой руды, угля и нефти.

Однако на большинстве горнодобывающих предприятий Казахстана среднего масштаба сопутствующие профильным металлам драгоценные полезные компоненты (платина, золото, палладий, рений, осмий, таллий и др.) зачастую не извлекаются из сырья, уходят в отходы обогатительного и металлургического производств, а на тех предприятиях, где они производятся очень низок их коэффициент извлечения в концентрат (около 0,4). Такое положение связано с тем, что при утверждении запасов георесурсов попутные полезные компоненты часто не оцениваются и не ставятся на баланс. К недропользователям не предъявляются требования по извлечению полезных компонентов, выявленных в процессе эксплуатации месторождений.

В таких условиях только полное и комплексное использование минерального сырья может обеспечить конкурентоспособность наших предприятий. В этой связи чрезвычайно остро становится вопрос об ускорении работ, направленных на разработку и внедрение новых технологий, процессов и технических средств, обеспечивающих более полное извлечение в товарный продукт всех компонентов, содержащихся в минеральном сырье.

Выбор наиболее прогрессивных и экономически эффективных технологий добычи и переработки полезных ископаемых, создание новых малоотходных и безотходных производств могут быть осуществлены на основе анализа математических моделей минерального сырья на каждом из этапов переработки, представленных в виде:

$$M_b = \sum_{i=1}^n m_i; M_p = \varepsilon_p \sum_{i=1}^n m_i; M_{кп} = \varepsilon_p \sum_{i=1}^r \varepsilon_{yi} m_i; M_k = \varepsilon_p \sum_{i=1}^p \varepsilon_{ki} m_i; M_x = \varepsilon_p \sum_{i=1}^s \varepsilon_{xi} m_i; \quad (1)$$

$$M_m = \varepsilon_p \sum_{i=1}^q \varepsilon_{mi} m_i; M_{ом} = \varepsilon_p \sum_{i=1}^l \varepsilon_{oi} m_i; M_p = M_{po} + M_{кп}, \quad M_k = M_m + M_{ом}$$

где M_b – масса руды в контуре балансовых запасов; M_p – масса руды, извлеченной из недр; M_{po} – масса руды, поступившей на обогатительную фабрику; $M_{кп}$ – масса кусковой породы, удаленной из рудной массы; M_k – масса всего концентрата (концентратов); M_x – масса хвостов обогащения; M_{mi} – масса i -й конечной продукции (металла); M_m – масса всей конечной продукции (всех металлов); $M_{ом}$ – масса отходов металлургического предела; m_i – масса i -го компонента в балансовых запасах; n – число всех компонентов в объеме запасов, включая пустые породы; ε_p – коэффициент извлечения из недр полезного ископаемого; ε_{yi} – коэффициент удаления из рудной массы i -ой кусковой породы; ε_{ki} – коэффициент извлечения i -го компонента из руд в концентрат; ε_{xi} – коэффициент извлечения i -го компонента из руд в хвосты; ε_{mi} – коэффициент извлечения i -го металла из концентрата; ε_{oi} – коэффициент извлечения i -го компонента в отходы металлургического предела; p – число полезных компонентов,

извлекаемых из руд в концентрат; g – число компонентов, удаленных из рудной массы; s – число компонентов, извлекаемых в хвосты; q – число полезных компонентов, извлекаемых из концентрата в металл; l – число компонентов, извлекаемых из концентрата в отходы металлургического передела.

В соответствии с существующими технологиями переработки полезного ископаемого всегда соблюдается условие: $n > p > q$. При распространенных технологиях добычи и переработки руд: $\varepsilon_p = 0,5 \div 0,97$ (нижний предел при подземной, верхний – при открытой разработке месторождений), $\varepsilon_{yi} = 0,15 \div 0,4$, $\varepsilon_{ki} = 0,4 \div 0,98$, $\varepsilon_{xi} = 0,02-0,5$, $\varepsilon_{mi} = 0,85 \div 0,98$, $\varepsilon_{oi} = 0,02-0,15$.

Анализ математических моделей минерального сырья (1) на каждом из этапов его переработки показывает, что все технологии геолого-разведочного, горнодобычного, обогащительного и химико-металлургического производств, предусматривающие улучшение качества, повышение полноты и комплексности извлечения основных и сопутствующих компонентов полезных ископаемых, состоят в увеличении числа n , устремлении чисел p и q к n , повышении коэффициентов ε_p , ε_{yi} , ε_{ki} , ε_{mi} и понижении коэффициентов ε_{xi} , ε_{oi} . Такой вывод отражает суть технических, технологических и организационных решений по повышению полноты и уровня комплексности использования минерального сырья.

Основу геотехнологического управления качеством и комплексным использованием МС составляют:

- повсеместное внедрение информационных технологий и систем автоматизированного управления технологическими процессами;
- полная геолого-технологическая информация о месторождении или его участках (распределение полезных компонентов в карьерном (шахтном) поле, физико-химические характеристики различных типов руд, границы между рудными включениям и пустыми породами);
- управление качеством руд в процессе добычных и транспортных работ;
- управление качеством полезных компонентов в процессе обогащения и металлургического передела (разработка новых реагентов, схем обогащения, использование механизма разделения полезных компонентов на классы по различению химико-физических свойств и т.д.);
- повышение полноты и комплексности использования минерального сырья (создание нетрадиционных процессов обогащения и химико-металлургического передела, использование забалансовых и ранее оставленных запасов руд, а также пород вскрыши и отходов обогащительного и металлургического производств).

При установлении полноты и комплексности использования минерального сырья оценка его ценности в массиве, добытой руде, концентрате и металле производится по формулам, т.е.:

$$C_g = \sum_{i=1}^n m_i c_i, C_p = \varepsilon_p \sum_{i=1}^n m_i c_i, C_k = \varepsilon_p \sum_{i=1}^p \varepsilon_{ki} m_i c_i, C_m = \varepsilon_p \sum_{i=1}^q \varepsilon_{ki} \varepsilon_{mi} m_i c_i, \quad (2)$$

где c_i – цена 1 т i -ой конечной продукции.

Критерий (2) очень важен при обосновании извлечения из добытого МС дорогостоящих редких металлов (осмий, рений, тантал и др.), содержащихся в них в миллионных долях процента. В этих случаях ценности попутно извлекаемых редкоземельных металлов сопоставимы, даже выше основных полезных компонентов.

В работе [19] показано, что за счет разработки и внедрения инновационных технологий и технических средств нынешний уровень извлечения благородных и редких металлов из многокомпонентных руд можно поднять в 2-2,5 раза, а профильных металлов – в 1,5 раза. При этом совокупные доходы от реализации сопутствующих

благородных и редких металлов превышают доходы от профильных металлов (меди, молибдена) в 9,35 раза. Нынешний размер доходов от реализации продукции ГМК Казахстана при комплексном использовании руд можно обеспечить при их объеме по крайней мере в 8,0-10,0 раз меньше, чем в настоящее время. По-другому говоря, имеющийся потенциал георесурсов можно поднять на порядок.

Таким образом, многокомпонентные рудные месторождения Казахстана совместно с урановыми, нефтяными и техногенным сырьем составляют стабильные источники промышленного производства благородных, редких и редкоземельных металлов. Новые технические средства и технологии, адаптированные к природным и технологическим свойствам минерального сырья конкретного объекта, обеспечат высокий уровень извлечения этих металлов.

Для масштабного внедрения мероприятий по повышению комплексности использования минерального сырья необходимо на законодательном, государственном уровне решить вопрос о разработке и внедрении экономических рычагов, призванных стимулировать извлечение из минерального сырья максимального объема сопутствующих ценных полезных компонентов, спрос на которые многократно возрастает в связи с потребностями высоких технологий.

Заключение

Показана ведущая роль минеральных ресурсов в развитии цивилизации.

Дано определение минерально-индустриального мегакомплекса, приведены характеристики минерально-индустриального мегакомплекса, представляющего совокупность геологоразведочного, гидрогеологического, нефтегазового, горно-металлургического, горно-химического, горно-топливного, горно-нерудного, горно-строительного комплексов.

Обоснована ведущая роль минерально-индустриального мегакомплекса в развитии научно-технического прогресса, приведены характеристики индустриальных этапов развития цивилизации.

Озвучены актуальные приоритетные задачи минерально-индустриального мегакомплекса в современных условиях.

Приведены математические модули минерального сырья на каждом из этапов его переработки. На их основе приведены рекомендации по комплексной и глубокой переработке минерального сырья.

Обоснованы технико-экономические критерии для выбора эффективных способов извлечения РМЗ из многокомпонентных руд.

Показано, что новые технические средства и технологии, адаптированные к природным и технологическим свойствам минерального сырья конкретного объекта, обеспечат высокий уровень извлечения редких и редкоземельных металлов из них.

Источники

- 1 Большая Советская энциклопедия / под ред. А. М. Прохорова. - 3-е изд. Т. 9. Евклид - Ибсен. - М.: Советская энциклопедия. - 1972. - 622 с.
- 2 Там же. Т. 11. - М.: Советская энциклопедия. - 1973. — 608 с.
- 3 Там же Т. 4. - М.: Советская энциклопедия. - 1971. - 500 с.
- 4 Паламарчук О. Т. Наука и технологические революции // Экономика. Право. Печать. Вестник КСЭИ. - 2013. - № 4(60). - С. 81-88.
- 5 Rao J. S. History of Rotating Machinery Dynamics // Dordrecht: Springer Science. - 2011. Vol. 20. - 358 p.
- 6 «Интернет вещей» (IoT) в России: технология будущего, доступная уже сейчас / PwC, 2017. URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/iot-in-russia-research-rus.pdf> (дата обращения: 23.06.2019).

- 7 Схведиани А. Е., Горовой А. А. Четвертая промышленная революция как основа перехода к шестому техническому укладу // Актуальные вопросы экономики и управления. Сб матер. II Междунар. науч.-практ. конф. - Новосибирск: Изд-во ЦРНС. - 2017 - Р. 55-59.
- 8 Clark G. The New Palgrave Dictionary of Economics. 3rd ed. London: Palgrave Macmillan. - 2018. - 14896 p.
- 9 Ракишев Б. Р. Горно-металлургический комплекс и развитие цивилизации // Горный журнал. – 2019. - №9 . - С.33-37.
- 10 Каблов Е. Н., Оспенникова О. Г., Вершков А. В. Редкие металлы и редкоземельные элементы материалы современных и будущих высоких технологий // Труды ВИАМ. - 2013. - № 2. - Тр-02-01.
- 11 Leleu S., Rives B., Bour J., Causse N., Pèbère N. On the stability of the oxides film formed on a 11 magnesium alloy containing rare-earth elements // Electrochimica Acta. - 2018. - Vol. 290. - P. 586-594.
- 12 Тебекин А. В., Анисимов Е. Г., Тебекин П. А., Егорова А. А. Анализ признаков промышленной революции в инициативе «Индустрия 4.0» // Transport business in russia. – 2021. -№2. – С.13-21.
- 13 Акаев А. В. Переход индустриального общества к постиндустриальному: воздействие научно-технического прогресса. // Вестник ГГНТУ. Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2020. - № 2 (20) – С.35-39.
- 14 Вертакова Ю. В., Положенцева Ю. С., Масленникова В. В. Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики: тренды и особенности реализации // Экономика и управление. – 2021. - Т. 27. № 7. - С. 491–503. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2021-7-491-503>.
- 15 Ильянович Е.Б. Наука и техника на горизонте четвертой технологической революции современной техногенной цивилизации // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Гуманит. и соц. Науки. – 2021. - Т. 21, № 4. - С. 100–110. DOI: 10.37482/2687-1505-V121.
- 16 Hottois G. Techno-Sciences and Ethics // Evandro Agazzi: Right, Wrong and Science. Leiden: Brill. – 2004. - Vol. 81. - P. 261–265.
- 17 Храменко А.А., Черная О.А., Городецкий А.А., Булгар О.Ю. Эффективность научно-технического прогресса // Естественно-гуманитарные исследования. - 2020. - №36. - С. 276-282.
- 18 Ракишев Б. Р. Новые определения естественного и трансформированного месторождения полезного ископаемого и этапы их эксплуатации // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – №8. – С. 165–177. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_8_0_165
- 19 B.R. Rakishev. Mining industry is the foundation of scientific and technical progress // 25th World Mining Congress. – Astana. – 2018. - PP.161-169.

Методы повышения прочности алюминиевых сплавов

Тураходжаев Н.Д.¹, Юнусова М.²

(¹Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан

²Ташкентский государственный транспортный университет,

г. Ташкент, Узбекистан)

Получение качественных алюминиевых сплавов имеет свою особенность и сложность из-за большого родства алюминия к кислороду и склонности к окислению. В производственных условиях при плавке алюминиевых сплавов водород диффундируя в расплав образует газовые поры, что значительно снижает механические свойства получаемых отливок [1-3].

В лабораторных условиях Ташкентского государственного технического университета проводились научно-исследовательские работы по усовершенствованию технологии плавки алюминиевых сплавов с применением специального защитного флюса для снижения содержания газовых пор в получаемом расплаве [4]. В качестве флюса применяли флюс с содержанием лития в различных пропорциях (рисунок 1). Для предотвращения воздействия кислорода, литий вводили в жидкий алюминий в алюминиевой фольге толщиной 0,2 мм. Литий вводили в количестве от 1 до 5 % от объема алюминия [5].



Рисунок 1 – Образцы для определения жидкотекучести алюминиево-литиевого сплава

В то же время окисные включения, образующиеся в процессе плавки алюминия нарушают целостность сплава и снижают прочностные свойства. Для определения влияния количества вводимого лития на содержание окисных включений проводили исследования с введением флюса в расплав и в качестве защитного слоя над ним. На

рисунке 2 приведены графики изменения содержания водорода в алюминиевом сплаве в зависимости от ввода лития без применения вакуума.

В результате экспериментальных плавов определили, что с увеличением содержания гидроксида лития свыше 4 % в качестве защитного слоя над жидким расплавом в печи, содержание водорода равномерно снижается. При добавлении лития до 4 % в качестве флюса при загрузке шихты в печь содержание водорода увеличивается и при добавлении свыше 4 % содержание водорода снижается. При добавлении гидроксида лития до 3,5 % в флюс в раздаточный ковш перед сливом расплава из печи, содержание водорода увеличивается, а свыше 3,5 % снижается. При добавлении гидроксида лития в флюс в количестве до 3% в раздаточный ковш после слива расплава из печи с перемешиванием миксером в ковше количество водорода в расплаве увеличивается, а при содержании гидроксида лития свыше 3 % содержание водорода в расплаве снижается. Здесь содержание водорода ниже в случае загрузки флюса вместе с шихтой.

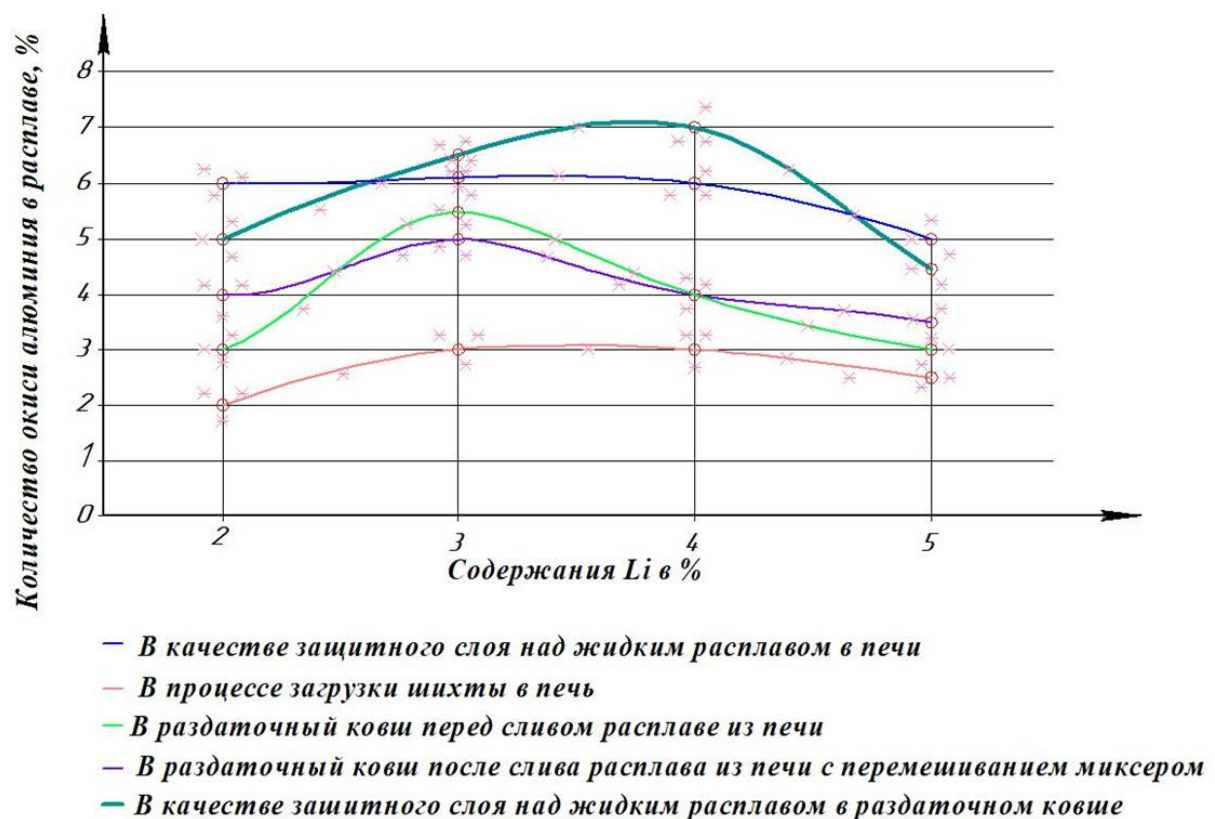


Рисунок 2 – Графики изменения содержание окиси алюминия в сплаве в зависимости от ввода лития без применения вакуума

Для сравнительного анализа были проведены плавки с применением флюса и без его применения. При первом режиме плавки, то есть при плавке в атмосфере печи без защитного слоя, содержание окисных включений в составе полученного расплава составило 8-10 %. Количество водорода в этом режиме 0,64-0,66 см³ /100 гр. Эффективность ведения плавки с применением флюса при плавке алюминиевого сплава в печи естественна, однако немаловажным является и то, при каких температурных режимах оказывается флюс.

По результатам исследований разработана технология плавки алюминий-литиевого сплава, что позволило повысить предел прочности на растяжение получаемых изделий на 11-12%.

Источники

- 1 N.D.Tukakhodjaev, Sh.Turakhujaeva, J.S.Kamalov The process of melting aluminum alloys to improve the quality of casting/ processing and fabrication of advanced materials-XXVII/ /Sweedен, 27-29.05.2019/ p. 417-421.
- 2 Тураходжаев Н.Д., Расулов С.А., Абдурахмонов Х.З., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Турахужаева Ш.Н., Брагина В.П. Изменение свойств композиционных алюминиевых сплавов в зависимости от режима плавки/ “Полимерные композиты и трибология (Поликом-Триб-2015)”. “Международная научно-техническая конференция”/ 23-26 июнь 2015, Гомель (Белорусь). - С.224-226.
- 3 Turakhujaeva Sh., Turakhodjaev N. Mode of fusion of aluminum alloys/ /International Scientific and Practical Conference “World Science”/ 2016. P. 25-28.
- 4 Турахужаева Ш.Н., Сайдахмедов Р.Х. Метод снижения газовых включений в алюминиевых сплавах //Сборник научных работ III Международной научно-практической интернет конференции “Литьё и металлургия 2020” студентов и магистрантов. Минск 18–19 ноября 2020. – С. 56-57.
- 5 Турахужаева Ш.Н., Абдухамидов И.А. Методы повышения качества алюминиево-литиевых сплавов//Международная научно-практическая конференция Ресурсо- и энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве/ Ташкент 13-15 апреля, 2021. – С. 237-238.

Утилизация техногенных образований металлургии и коммунальных отходов

*Шешуков О.Ю.¹, Михеенков М.А.², Рогожников Д.А.¹, Егиазарьян Д.К.²,
Клеоновский М.В.¹, Михеенков А.М.¹*

*(¹ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
²ФГБУН ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия)*

Отходы металлургии можно разделить на не проблемные и проблемные техногенные образования.

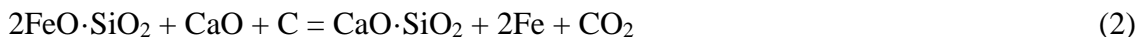
Авторами предложен метод управления фазовым составом продуктов восстановительного обжига бедных природных и техногенных железорудных образований путем введения в состав сырьевой смеси минералов, разрушающих прочные железо-силикатные соединения и выводящих оксиды железа в самостоятельную фазу, имеено: если оксиды железа прочно связаны с кислыми оксидами, то нужны основные оксиды для разрыва этой связи, либо если оксиды железа прочно связаны с основными оксидами, то нужны кислые оксиды для разрыва этой связи. Такой подход позволяет обеспечить глубокое извлечение железа даже из бедных техногенных и природных месторождений. Остается корректировать химический и фазовый состав оксидной части после восстановления железа, поскольку от этого будут зависеть свойства конечной продукции из этого материала.

Данный подход опробован на красном щламе, в котором железо связано в шамозит $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ и может быть восстановлено пот реакции:



при этом из силикатной части в зависимости от модуля основности возможно получить плиту минераловатную, шлаковый щебень, автоклавный газосиликат и портландцемент.

Другой пример это переработка медного шлака и хвостов флотации, в которых железо содержится в виде аморфной стеклофазы и фаялита ($2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$) и может быть восстановлено по реакции:



с получением из силикатной части в зависимости от модуля основности таких же продуктов.

Предложены технологические схемы и получен патент РФ № 2525394 «Способ переработки оксидных железосодержащих материалов».

Следующая задача – утилизация т.н. «саморассыпающихся шлаков», образующихся при ковшевой обработке стали. Предложено четыре варианта:

- 1) Стабилизация с использованием отходов производства вторичного алюминия (ОПВА) и возможностью получения портладцемента и сухих строительных смесей;
- 2) Оптимизация фазового состава шлаков АКП и ДСП при их совместной пирометаллургической переработке с получением ценных товарных продуктов;
- 3) Утилизация шлаков внепечной обработки стали в аглодоменном производстве;
- 4) Подготовка окалины (помол и прессование) на ее фазовый состав при углетермическом восстановлении. По каждому направлению получены патенты РФ.

Отдельно проведены работы по определению термодинамических условий изменения фазового состава сульфидных и сульфатных форм цинка, облегчающих их

извлечение и преобразование продуктов обжига в товарные продукты. Предложена схема переработки получен патент РФ и проведены испытания на АО «ЕВРАЗ НТМК» и ПАО «МЕЧЕЛ».

Создана молодежная научная лаборатория перспективных технологий комплексной переработки минерального и техногенного сырья цветных и черных металлов ИНМТ создана в рамках УМНОЦ «Передовые производственные технологии и материалы» по направлению «Экология городской среды и промышленности», деятельность которой связана с разработкой и внедрением высокоэффективных и экологически чистых технологий извлечения цветных, благородных и редких металлов из сложного минерального и техногенного сырья.

В настоящее время проводятся исследования по атмосферному вскрытию полиметаллического сульфидного сырья цветных металлов, основанному на азотнокислотном и сернокислотном выщелачивании, в том числе с применением дополнительных интенсифицирующих реагентов:

1) Разработана технология комплексной переработки черновых медных концентратов Жезказганского месторождения. Получен акт внедрения;

2) Разработана технология переработки сульфидного мышьяковистого медьсодержащего концентрата Акжал. Проведены опытно-промышленные испытания на ТОО «КазГидроМедь» (г. Караганда);

3) Разработана технология азотнокислотного вскрытия упорного сульфидного сырья с последующей переработкой кеков выщелачивания с извлечением драгметаллов. Результаты использованы на ООО «Новоангарский обогатительный комбинат», ООО «Химмаш-Инжиниринг»;

4) Ведется разработка технологии атмосферного выщелачивания сульфидного золотосодержащего флотационного концентрата двойной упорности для АО «Навоийский ГМК» (Узбекистан).

Реализован ряд работ по осаждению мышьяка и получению его труднорастворимых кристаллических соединений для предприятий ООО «ММСК», АО «СУМЗ», ООО «НОК».

Ведется работа с предприятиями ОК «РУСАЛ» по разработке технологий переработки глиноземсодержащего сырья и образующихся твердых остатков. В частности, «Повышение продуктивности и интенсификация процесса выделения гидроксида алюминия из щелочных растворов глиноземного производства» (Заказчик ООО «РУСАЛ ИТЦ»). Проведены исследования, промышленные испытания по использованию активной затравки гидроксида алюминия для интенсификации процесса декомпозиции на Богословском алюминиевом заводе. Получен акт внедрения.

Одновременно с разработкой технологии утилизации и переработки промышленных отходов велись теоретические изыскания во всех областях деятельности человека - переработка опила, куриного помета, твердые коммунальные отходы, опасные биологические отходы. При учитывались компетенции в области реализации уже разработанных технологии в промышленности. В итоге были реализованы два комплекса: по переработке куриного помета (г. Кушва в 1998 г.), Областной онкологический центр (г. Екатеринбург). Таким образом, еще до начала мусорной реформы в России в 2018-2019 г.г. был сформировался набор компетенций, позволяющих не только теоретически разработать, а также предложить рынку готовое проектное решение (Проект в частях П, Р и конструкторская документация) заводов и технологий отечественной разработки в области полной переработки твердых коммунальных отходов.

Секция 1

**Коммерциализация результатов
научно-технической
деятельности – приоритет
Нового Казахстана**

Производство железного порошка из казахстанской окалины

*Ахметов А.С., Махамбетов Е.Н., Бурумбаев А.Г., Сәулебек Ж.Қ., Жақан А.М.
(Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева», г. Караганда, Казахстан)*

Введение

На пути диверсификации отечественной экономики, необходимым является разработка и развитие новых отраслей, отсутствующих в стране, однако имеющих большой мировой рынок. Одной из таких отраслей является порошковая металлургия и производство металлических порошков в частности – в стране в значительных масштабах выпускают только порошки тантала и ниобия. Тем временем в мире существует огромный спрос на стальные и железные порошки, что связано с активным использованием порошковых изделий в самых разных отраслях благодаря их превосходным характеристикам в сравнении с литыми аналогами [1, 2].

Железные порошки получают, главным образом, методами диспергирования расплава потоком воздуха, инертного газа или воды, электролитическим методом и восстановлением [3]. Выбор конкретного метода зависит от экономической эффективности и требований к порошку.

Наиболее чистыми порошками по содержанию кислорода и высокой формуемостью являются восстановленные порошки, что обеспечивается за счет восстановителя и губчатой морфологии частиц. В качестве восстановителя эффективнее всего использовать водород, который обеспечивает высокую чистоту не только по кислороду, но и позволяет избежать науглероживания [4].

В Казахстане производство железных и стальных порошков можно основать на методе прямого восстановления водородом железной окалины отечественных производств, что позволит значительно уменьшить углеродоемкость металлургической отрасли и откроет эффективный способ переработки металлургического отхода.

Целью данной работы является исследование принципиальной возможности получения железного порошка из окалины и исследование её свойств.

Материалы и методы

В работе в качестве исходного материала была использована прокатная окалина из отечественного производства. В исходном виде окалина представляет собой чешуйки черного цвета размером до 2-3 см. Окалина легко разрушается и поддается измельчению. Для активации процесса её восстановления провели измельчение окалины до фракции > 120 мкм.

Восстановление проводили в трубчатой печи SNOL 0,2/1250 (Литва) в потоке водорода чистотой > 99,999 %, чьим источником был генератор водорода QL-500 В (Китай). Измельченную окалину засыпали в лодочку длиной 10 см, высота засыпки составляла 10 мм. Лодочку помещали в зону нагрева, после подавали водород и начинали нагрев печи со скоростью 10 °С/мин до температуры 850 °С, при которой проводили изотермическую выдержку 60 мин. После лодочку перемещали в охлаждающую зону, где она находилась до охлаждения до комнатной температуры. После лодочку выгружали из печи.

Испытания по получению железного порошка были проведены в условиях лаборатории Ферросплавов и процессов восстановления Химико-металлургического института им Ж. Абишева.

Результаты и обсуждение

Полученный после восстановления продукт представлял собой рыхлую металлическую губку, который легко измельчается в ступке до порошкового состояния. Измерение навески до и после восстановления показало уменьшение массы на ~27,6 %,

что свидетельствует о том, что окалина в исходном виде представляет собой, главным образом, магнетит Fe_3O_4 .

Далее проводили исследование ряда свойств полученного порошка, чьи результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства восстановленного порошка

Свойства	Показатель	Метод определения
Пикнометрическая плотность, г/см ³	7,87	Гелиевый пикнометр
Насыпная плотность, г/см ³	1,8	ГОСТ 19440-94 [5]
Плотность при прессовании 700 МПа, г/см ³	6,70	Одностороннее одноосное холодное прессование
Текучесть, сек	-	ГОСТ 20899-98 [6]

Пикнометрическая плотность соответствует плотности чистого железа, что свидетельствует о полном восстановлении окислы. Относительно низкая насыпная плотность связана с губчатой морфологией частиц восстановленных порошков, что ухудшает укладку порошков при свободном засыпании. Достигнута плотность при прессовании, которая составила 6,7 г/см³, что равно 85,1 % от абсолютной плотности железа. Хорошая уплотняемость железного порошка связана с тем, что железо представляет собой мягкий металл. Порошок при стандартном определении текучести методом пропускания 50 г порошка через прибор Холла не течет, что связано с морфологией частиц порошка и их высокой удельной поверхностью, которая приводит к высокому межчастичному трению. Вместе с тем, такая особенность улучшает формуемость порошка, что особенно важно при получении изделий сложной формы.

В результате в работе доказана принципиальная возможность производства восстановленного железного порошка из железной окислы одноэтапным восстановлением в потоке водорода. Дальнейшие испытания по оптимизации процесса позволит выработать экономически выгодную и экологичную технологию получения, интеграция которой в отечественное производство сулит значительные выгоды.

Важным является и исследование гранулометрического состава, удельной поверхности, магнитных свойств и коррозионной стойкости для определения всех возможных сфер применения полученного порошка.

Источники

- 1 Moon, A., Dwarapudi, S., Sista, K., Kumar, D., & Sinha, G. (2021). Opportunity and Challenges of Iron Powders for Metal Injection Molding. ISIJ International. <https://doi.org/10.2355/ISIJINTERNATIONAL.ISIJINT-2021-050>.
- 2 Gnatush, V.A. (2023). THE WORLD MARKET OF METAL CASTINGS 2019—2021: COUNTRIES, ALLOYS, TECHNOLOGIES. Casting processes.
- 3 Kameswara Srikar Sista, Srinivas Dwarapudi, Iron Powders from Steel Industry by-products, ISIJ International, 2018, Volume 58, Issue 6, Pages 999-1006, Released on J-STAGE June 19, 2018, Advance online publication May 15, 2018, Online ISSN 1347-5460, Print ISSN 0915-1559, <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-722>
- 4 Akhmetov, A.S., Eremeeva, J.V. Prospects for the Extensive Application of Hydrogen in Powder Metallurgy. Metallurgist 65, 314–319 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11015-021-01159-0>
- 5 ГОСТ 19440-94 Порошки металлические. Определение насыпной плотности.
- 6 ГОСТ 20899-98. Порошки металлические. Метод определения текучести.

Законодательные основы вовлечения техногенных минеральных образований в ресурсные базы предприятий ГМК

Закариянов Е.К., Итжанова А.Б.

(ОЮЛ «Республиканская ассоциация горнодобывающих и горно-металлургических предприятий», г. Астана, Казахстан)

1. Минерально-сырьевая база РК

Казахстан богат полезными ископаемыми. Страна является крупнейшим в мире производителем урана и занимает третье место по титану, седьмое по цинку, восьмое по свинцу и одиннадцатое по золоту. Казахстан занимает второе место в мире по запасам марганцевой руды (600 миллионов тонн) и занимает восьмое место в мире по запасам железной руды (12,5 миллиард тонн). Здесь также находится 30% мировых месторождений хромитовой руды, 95% запасов хрома и обширные запасы золота и меди. Горнорудный сектор является важной движущей силой экономики Казахстана. Доля горнодобывающей промышленности в общем объеме ВВП составляет 12,6%.

В РК осуществляется государственный учет запасов полезных ископаемых.

- 103 вида полезных ископаемых;
- 8 тыс. месторождений;
- 920 объектов полезных ископаемых;
- 3 тыс. ОПИ;
- 4 тыс. подземных вод.

2. Истощение минерально-сырьевой базы РК и необходимость ее восполнения

В Послании народу Казахстана от 1 сентября 2023 г. Глава государства уделил особое внимание геологоразведке. В 2018 году в целях восполнения минерально-сырьевой базы было принято новое законодательство по управлению горнорудным сектором. Однако оно не заработало в полной мере.

Истощение запасов полезных ископаемых приводит к остановке градообразующих предприятий, к общему ухудшению социально-экономической ситуации в регионе. По данным экспертов, к 2025-2040 годам ожидается истощение запасов ряда крупных месторождений ВКО: Орловское, Малеевское, Тишинское, Риддер-Сокольное.

Для решения данного вопроса необходимо оперативное выявление новых перспективных участков, доразведка «старых» месторождений, привлечение частных инвестиций и вовлечение в переработку техногенных минеральных образований (ТМО).

Республика Казахстан обладает большими запасами ТМО, являющимися важным источником сырья для различных сфер промышленности. Однако эффективная переработка данных образований требует разработки и внедрения новых инновационных технологий и методов, изменения ряда нормативных правовых актов РК.

Развитие отрасли переработки ТМО может способствовать созданию новых рабочих мест и улучшению экономического положения населения в регионах с наличием данных месторождений, что является важным социальным аспектом.

Решение проблем переработки ТМО стимулировать развитие отраслей промышленности и повысить конкурентоспособность региональной экономики.

3. Понятие техногенных минеральных образований

Согласно статье 13 Кодекса РК от 27 декабря 2017 года № 125-VI «О недрах и недропользовании» ТМО признаются скопления отходов горнодобывающих, горно-перерабатывающих и энергетических производств, содержащих полезные компоненты и (или) полезные ископаемые.

К ТМО горнодобывающих производств относятся отходы добычи твердых полезных ископаемых, образуемые в результате выделения твердых полезных ископаемых из горной массы в процессе их извлечения из недр (вскрыша, вмещающая порода, пыль, бедная (некондиционная) руда).

К ТМО горно-перерабатывающих производств относятся отходы переработки, образуемые в результате деятельности горно-обогачительных производств (хвосты и шламы обогащения) и (или) химико-металлургических производств (шлаки, кеки, клинкеры и другие аналогичные виды отходов металлургического передела).

К ТМО энергетических производств относятся твердые отходы, образующиеся в результате сгорания топлива при производстве электрической и (или) тепловой энергии генерирующими установками (золы и золошлаки).

ТМО представляют собой горнопромышленные отходы в горнодобывающей, металлургической, топливно-энергетической и химической промышленности. Они характеризуются сложным внутренним строением, различаются по плотности, крупности обломков, вещественному составу, содержанию полезных компонентов и технологическим свойствам минерального сырья.

Основная масса горнопромышленных отходов в Республике Казахстан образуется в горнодобывающих предприятиях (72,5%) при вскрышных и горнопроходческих работах, значительно меньше при обогащении (25,7%) и металлургическом переделе (1,8%). При этом наибольший объем горнопромышленных отходов в металлургической промышленности приходится на цветную металлургию. Техногенные минеральные образования золоторудных и редкометалльных предприятий значительно уступают объемам техногенных образований цветной и черной металлургии, но отличаются относительно более высокими содержаниями полезных компонентов (золото, вольфрам, бериллий, литий и другие).

В целом по возможным областям повторного использования техногенные минеральные образования обычно подразделяются на три типа:

1. Техногенные минеральные образования для строительного сырья.
2. Техногенные минеральные образования техногенных минеральных образований (по извлекаемому металлу) – медные, цинковые и т.д.
3. Техногенные минеральные образования техногенных минеральных образований смешанного типа.

Согласно п. 24 ст. 278 Кодекса о недрах государственные техногенные минеральные образования, расположенные за пределами контрактных территорий и земельных участков и образованные до 30 мая 1992 года, подлежат передаче на безвозмездной основе в частную собственность по заявлению заинтересованного лица, подаваемому им в компетентный орган. Такое право было предоставлено недропользователю в течение двух лет со дня введения в действие Кодекса о недрах.

4. Объемы ТМО в Республике Казахстан

Высокие темпы добычи и переработки минерального сырья привели к образованию большого количества горнопромышленных отходов. На предприятиях горнопромышленного производства Казахстана в отвалах и хвостохранилищах находится более 60 миллиардов тонн ТМО.

Наблюдается ежегодный динамичный рост объемов, формирующихся техногенных минеральных образований, что является следствием увеличения объемов добычи и переработки полезных ископаемых.

Если в 2022 году насчитывалось 1686 объектов, то по состоянию на 1 января 2023 года государственным кадастром учитывается 2192 объекта.

В связи с уменьшением содержания полезных компонентов в недрах для сохранения уровня добычи будут увеличивать объем добываемой из недр руд, что повлечет за собой увеличение объемов ежегодного выхода техногенных минеральных образований.

При этом, общий годовой уровень потребления ТМО составляет около 11 % от годового выхода в то время, как в развитых индустриальных странах мира уровень использования промышленных отходов достигает 70-80 %.

Государственный кадастр ТМО представляет собой систематизированный, периодически пополняемый и уточняемый краткий свод сведений (оформляемых в виде паспортов объектов учета).

Наименование	Запасы общ.		Запасы			
	объем, тыс. м ³	масса, тыс.т	До 1992 г.		после 1992 г.	
			объем, тыс. м ³	масса, тыс.т	объем, тыс. м ³	масса, тыс.т
Вскрыша	19746066,51	49499327,63	8160604,785	21845923,17	9041037,718	27589430,86
государственные до 1992 г.	2329373,457	3562514,452	2148856,209	2757033,317	298181,2303	646141,76
Требуется	12462911,46	34913633,45	6587397,792	19644486,96	12462911,46	15319456,04
недропользователь с 1992 года и далее	7874328,936	15149915,86	2757304,076	3194811,809	7319681,634	14127374,96
Хвосты	4586409,46	5597414,365	2561089,514	3283492,105	2279143,704	2624269,964
государственные до 1992 г.	280791,044	567654,849	263956,339	541682,045	55418,283	69041,707
Требуется	3953588,278	4572971,535	2397113,406	3007136,246	1769577,852	1831071,631
недропользователь с 1992 года и далее	352030,1373	456787,9807	-99980,231	-265326,186	454147,5683	724156,6262
Забалансовая и некондиционная руда	1433639,453	4192097,739	410842,156	919023,695	200326,719	416440,354
государственные до 1992 г.	251906,7043	2973980,066	230356,643	290263,848	21550,0613	2683716,218
Требуется	1002631,885	801014,065	326970,956	701830,327	679138,5744	104970,9
недропользователь с 1992 года и далее	175874,391	404836,947	65,5	447,19	156709,005	316255,465
Клинкеры	1759,529	5976,856	1759,529	5448,921	0	527,635
Требуется	1759,529	5449,221	1759,529	5448,921	0	0
Отвал кондиционных руд	2245,409	2245,409	0	0	23710,552	2245,409
Требуется	22679,67	701,49	0	0	22679,67	701,49
недропользователь с 1992 года и далее	1030,882	1543,919	0	0	1030,882	1543,919
Балансовая руда	115,909	312,956	0	0	115,909	312,956
недропользователь с 1992 года и далее	115,909	312,956	0	0	115,909	312,956

Государственный кадастр включает в себя информацию о 1686 объектах техногенных минеральных образований. В государственной собственности ориентировочно находится 11 % от массы накопленного объема техногенных минеральных образований.

В отвалах, хвостохранилищах и накопителях предприятий горнопромышленного производства Республики Казахстан заскладировано около 60,4 млрд. тонн техногенных минеральных образований, из которых: 81,81% - отвальные породы вскрышных, подготовительных и горнопроходческих работ, 11,24 % - отвальных хвостов обогащения руд, 6,95 % - прочие техногенные минеральные образования.

Основное количество техногенных минеральных образований сосредоточено в Костанайской, Павлодарской и Карагандинской областях Республики Казахстан.

5. Вовлечение ТМО в переработку

Горнопромышленные отходы обогатительных фабрик и металлургических заводов требуют специальных инженерных сооружений для хранения, а сами отходы содержат не только полезные, но и вредные компоненты, которые оказывают негативное влияние на окружающую природу и здоровье человека. Это приводит к росту затрат на хранение, утилизацию и обезвреживание отходов, выплат за ущерб от загрязнения окружающей среды и изъятия земель сельского хозяйства.

При крупномасштабных разработках месторождений открытым и подземным способами в горнопромышленные отходы попадает значительная часть промышленного минерального сырья. Технологические потери полезных ископаемых предусматриваются проектами горнодобывающих предприятий и составляют от 10-15% разведанных запасов на месторождениях простого геологического строения до 30-50% на месторождениях сложного строения.

При обогащении руд в концентраты извлекаются 75-85% основных и 50-80% сопутствующих компонентов, остающаяся их часть теряется и складывается в отвалах (хвостах) обогащения. При металлургическом переделе извлечение основных компонентов из концентратов в черновую продукцию составляет 80-95%, остальные теряются и складываются в отвалы металлургических шлаков. В результате в техногенных минеральных образованиях предприятий накапливаются столько неизвлеченных полезных компонентов, что их количество соизмеримо с запасами природных месторождений полезных ископаемых. Следует отметить, что на отдельных предприятиях цветной металлургии Республики Казахстан сокращаются запасы высококачественных руд, ухудшаются горногеологические условия отработки месторождений, частично освобождаются мощности на обогатительных фабриках и металлургических заводах.

В этих условиях вовлечение в переработку и интенсификация использования техногенных минеральных образований являются важным резервом повышения эффективности горнопромышленного производства.

Специфические свойства горнопромышленных отходов позволяют рассматривать их не только как заменители природного минерального сырья, но и как новые нетрадиционные полезные ископаемые. В зарубежных странах расширяется использование техногенных минеральных образований горнопромышленного производства и этому способствует комплексное использование техногенного минерального сырья.

В целом, для решения проблемы переработки техногенных минеральных образований, необходимо разработать соответствующие экономически выгодные технологии переработки отходов.

Основным препятствием для переработки отходов является то обстоятельство, что при обогатительном и металлургическом переделах возможность технологий пока еще не позволяет полностью извлекать полезные компоненты. Переработка

техногенных минеральных образований, как правило, значительно сложнее переработки первичных руд: полезные компоненты присутствуют в крайне низких содержаниях, хвосты обогащения и отвалы, уже прошли определенную первичную переработку, большая часть полезного компонента извлечена. Для вовлечения в повторную эксплуатацию техногенных минеральных образований требуется внедрение новых технологий для извлечения оставшихся металлов, необходима разработка эффективных технологических схем и реагентных режимов переработки хвостов.

Помимо технологических проблем, юридическая трудность вовлечения техногенных минеральных образований в повторную переработку заключается в том, что отвалы, хвостохранилища действующих производств, образовавшиеся за десятки лет работы государственных предприятий до 1992 года, а затем в годы независимости дополненные отходами производств недропользователей, необходимо разделить по праву собственности между государством и недропользователем, для чего необходимо проведение высокоточных инструментальных съемок, горно-буровых работ и составление разделительного баланса запасов техногенных минеральных образований.

6. Законодательное регулирование стимулирования переработки ТМО

Помимо технологий, необходимо на законодательном уровне разработать ряд стимулирующих мер (внесение соответствующих изменений в нормативные правовые акты) для предприятий горно-металлургического сектора.

В настоящее время на площадке НПП РК «Атамекен» создана и функционирует Рабочая группа по выработке предложений на законодательном уровне по переработке ТМО с участием представителей НПП, АГМП, предприятий-недропользователей, высших учебных заведений и др.

Рабочей группой разработан План работы Рабочей группы, включающий:

- сбор аналитических материалов по ТМО;
- выработку предложений по стимулированию переработки техногенных минеральных образований;
- свод проблемных вопросов по переработке ТМО;
- инициирование соответствующих поправок в нормативные правовые акты;
- формирование аналитического доклада «О состоянии и направлениях развития техногенной сырьевой базы ГМК».

Совместно с Министерством национальной экономики РК были разработаны поправки в Новый Налоговый кодекс, направленные на стимулирование переработки ТМО. В результате работы были включены положения о сниженной ставке НДС для твердых полезных ископаемых, извлеченных из ТМО, а также для ТМО, которые могут быть использованы без извлечения твердых полезных ископаемых для собственных производственных нужд или реализации. Эти положения отражены в статьях 770, 771 и пункте 7-1 статьи 744 проекта нового Налогового кодекса.

*(Справочно: **Статья 770. Особые положения для применения недропользователем ставок налога на добычу полезных ископаемых по твердым полезным ископаемым, извлеченным из техногенных минеральных образований***

1. При исчислении налога на добычу полезных ископаемых по твердым полезным ископаемым, извлеченным из техногенных минеральных образований, недропользователь к ставкам, установленным статьей 768 (Ставки налога на добычу полезных ископаемых) настоящего Кодекса, применяет понижающий коэффициент 0,1.

Статья 771. Особые положения для применения недропользователем ставки налога на добычу полезных ископаемых по техногенным минеральным образованиям, подлежащим использованию без извлечения из них твердых полезных ископаемых для собственных производственных нужд или реализации

1. При исчислении налога на добычу полезных ископаемых по техногенным минеральным образованиям, подлежащим использованию недропользователем без извлечения из них твердых полезных ископаемых для собственных производственных нужд или реализации, применяются ставки налога на добычу полезных ископаемых для метаморфических пород в соответствии с пунктом 1 статьи 775 настоящего Кодекса.

2. Объектом обложения по техногенным минеральным образованиям, подлежащим использованию без извлечения из них твердых полезных ископаемых, является физический объем реализуемых или используемых для собственных производственных нужд техногенных минеральных образований.

Статья 744. Особенности налогового учета операций по недропользованию

7-1. Доходы и расходы налогоплательщика по переработке техногенных минеральных образований учитываются в налоговом учете по внеконтрактной деятельности.)

На сегодняшний день в соответствии с Экологическим кодексом операторы объектов I и (или) II категорий, а также лица, осуществляющие операции по сортировке, обработке, в том числе по обезвреживанию, восстановлению и (или) удалению отходов, обязаны разрабатывать программу управления отходами в соответствии с правилами, утвержденными уполномоченным органом в области охраны окружающей среды.

Вышеуказанная программа управления отходами является неотъемлемой частью экологического разрешения и разрабатывается в соответствии с принципом иерархии, а также должна содержать сведения об объеме и составе образуемых и (или) получаемых от третьих лиц отходов, способах их накопления, сбора, транспортировки, обезвреживания, восстановления и удаления, а также описание предлагаемых мер по сокращению образования отходов, увеличению доли их повторного использования, переработки и утилизации.

Вместе с тем, необходимо отметить, что программа управления отходами для объектов I категории разрабатывается с учетом необходимости использования наилучших доступных техник в соответствии с заключениями по наилучшим доступным техникам, разрабатываемыми и утверждаемыми в соответствии с Экологическим кодексом.

Налоговым законодательством РК предусмотрено освобождение от платы за негативное воздействие объектов I категории, получивших комплексное экологическое разрешение. В этой связи, поправок в Экологический кодекс РК не требуется.

Подготовлена поправка к статье 277 Кодекса «О недрах и недропользовании» в части уточнения правил владения и использования ТМО. Ранее по закону ТМО принадлежали тем, кто использует недра, если они образованы после 30 мая 1992 года. Однако новый Кодекс не учитывает ТМО, которые хранятся вне разрешенных участков. Это создает неопределенность по праву собственности на такие образования.

Согласно новым правилам, утвержденным в 2018 году, ведется учет запасов общераспространенных полезных ископаемых, включая ТМО. Это позволяет эффективно использовать и реализовывать эти образования.

Считаем необходимым распространить действие нормы на те ТМО, которые расположены за пределами контрактной территории, а также на ТМО, которые были образованы в рамках контрактов, срок действия которых истек. Это позволит сократить количество вскрышных и вмещающих пород (ТМО), которые оказывают негативное влияние на экологию регионов размещения горнодобывающих предприятий и увеличит спрос и конкуренцию на рынке строительных материалов.

Основные предложения:

- При исчислении НДС по твердым полезным ископаемым, извлеченным из ТМО, недропользователь к ставкам, применяет понижающий коэффициент 0,1;
- Налоговым законодательством РК предусмотрено освобождение от платы за негативное воздействие объектов I категории, получивших комплексное экологическое разрешение. В этой связи, поправок в Экологический кодекс РК не требуется.
- Урегулирование вопроса права на недропользование ТМО, которые расположены за пределами контрактной территории, а также на ТМО, которые были образованы в рамках контрактов, срок действия которых истек.

Технология комплексной переработки фосфогипса с извлечением редкоземельных элементов

*Найманбаев М.А., Лохова Н.Г., Балтабекова Ж.А., Каршигина З.Б.
(АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан)*

Введение. Известные схемы переработки фосфогипса – отхода производства фосфорных минеральных удобрений позволяют получать из него один, реже два товарных продукта. Технологии, отвечающие современному уровню, предполагают комплексную переработку, когда количество вторичных отходов минимально и значительно ниже объема перерабатываемых отходов. В связи с увеличением потребности в редкоземельных элементах в последние годы возобновились исследования, направленные на решение задачи извлечения РЗЭ из фосфогипса [1].

Материалы и методы. В исследованиях использовали фосфогипс ТОО «Завод минеральных удобрений» ТОО «Казфосфат» состава, масс. %: $P_2O_{5\text{общ}}$ 2,16; Fe_2O_3 0,32; Al_2O_3 0,30; CaO 29,52; SO_4^{2-} 45,64; $F_{\text{общ}}$ 0,78; $\sum PZ\text{Э}$ 0,32.

Результаты и обсуждение. Одним из основных технологических переделов при переработке фосфогипса является карбонизация, при которой в качестве побочного продукта получается раствор сульфата натрия. В результате лабораторных исследований, по определению влияния поверхностно-активных веществ на осветление маточных растворов карбонизации фосфогипса, показана возможность применения Алклара-600 для повышения скорости осаждения взвеси частиц гипса и карбоната кальция при подготовке растворов для получения безводного сульфата натрия в оптимальных условиях – соотношение Алклара-600 и твердого в растворе $2,5 \cdot 10^{-5}:1$ в течение 10-15 мин. В очищенном маточном растворе карбонизации фосфогипса содержание сульфата натрия не превышает 8-9%, поэтому оптимальными условиями получения сульфата натрия из маточных очищенных растворов карбонизации фосфогипса является двухстадийное выпаривание. На первой стадии – до концентрации сульфата натрия 28%, на второй – до 43% с последующим отделением и сушкой целевого продукта.

По данным химического анализа безводный сульфат натрия содержит, масс. %: кремний 0,001; титан 0,001; железо 0,001; медь 0,003; висмут 0,0005; алюминий 0,03; магний 0,001. Физико-химические методы анализа [2] образца сульфата натрия показали, что полученная соль является монофазой тенардита Na_2SO_4 . Таким образом, применение флокулянтов для очистки маточных растворов карбонизации от тонкодисперсной взвеси гипса, карбоната кальция и др. позволило получить товарный безводный сульфат натрия, отвечающий требованиям ГОСТ 21458-75.

По разработанной технологической схеме переработки фосфогипса, на стадии получения фосфатного концентрата редкоземельных элементов, образуется кислый раствор нитрата кальция, который представляет практический интерес, для получения востребованных продуктов - гидроксида кальция и аммиачной селитры.

Гидроксид кальция используется в различных технологических процессах, в том числе в производствах строительных материалов (стекла, силикатного кирпича), хлорной извести, присадок к маслам, пластичных смазок, резинотехнических изделий, для нейтрализации кислых почв. Гидроксид кальция применяется в стоматологии для дезинфекции корневых каналов зубов, а в пищевой промышленности зарегистрирован в качестве пищевой добавки - эмульгатора E526 [3]. Поэтому одной из целей работы было получение высокодисперсного порошка чистого гидроксида кальция.

Основной целью исследования являлось получение маточного раствора для операции выделения фосфатного концентрата редкоземельных элементов, содержащего, г/дм³: CaO 10,2; Fe₂O₃ 0,0039; Al₂O₃ 0,614; P₂O₅ 8,63; SO₄²⁻ 3,2. Концентрация ΣРЗЭ составила 0,08 мг/дм³.

Азотнокислый кальцийсодержащий раствор, очищенный введением 25% раствора аммиака до pH 4,2 с выдержкой при перемешивании со скоростью 200 об/мин в течение 2,0 ч, содержал, г/дм³: CaO 10,0; Fe₂O₃ не обн.; Al₂O₃ 0,0001; P₂O₅ 0,003; Mg 0,2; Sr 0,3. На основании полученных данных определена доля вхождения кальция в образующиеся соединения, %: гидрофосфат кальция 89,6; гипс 5,2; гидроксид кальция 5,2. Полученный осадок гидрофосфата кальция направляется в цех получения экстракционной фосфорной кислоты. Химическое осаждение гидроксида кальция проводили с использованием 25% раствора аммиака с pH 13,36 при температуре окружающей среды.

Осадок, полученный при pH 9,7 представляет собой монофазу гидроксида кальция Ca(OH)₂. Полученный гидроксид кальция содержит, масс. %: Ca(OH)₂ 97,8; Al 0,03; Fe не обн.; Mg 0,55; Sr 0,28.

Получаемый разработанным способом гидроксид кальция соответствует всем этим требованиям без необходимости дополнительных затрат, связанных с дополнительной очисткой, имеет высокие показатели по дисперсности и насыпному весу, что позволяет удовлетворить требования потребителя [Стандарт Австрии для приготовления сухих строительных смесей Trsatz far ONORM B 3324-1: 1990-5] [4]. Выход кальция в конечный продукт 84,2%. Из 1000 т фосфогипса можно получить 328 т гидроксида кальция.

Аммиачная селитра (NH₄NO₃) – кристаллическое вещество белого цвета, содержащего 35% азота в аммонийной и нитратной формах, которые легко усваиваются растениями. Продукционную аммиачную селитру получали из раствора после осаждения гидроксида кальция, содержащего 18,5% нитрата аммония, с плотностью 1,079, двухстадийным выпариванием раствора.

На второй стадии выпарку осуществляли при температуре 80–85⁰С при слабом перемешивании суспензии для получения однородных по размеру кристаллов аммиачной селитры. Упаривание раствора проводили до концентрации нитрата аммония 70%, после этого суспензию фильтровали, осадок нитрата аммония сушили при 105⁰С и взвешивали. Маточный раствор с содержанием 7% азотнокислого аммония возвращается на первую стадию выпаривания. Выход готового продукта составил 88,2%.

Полученная аммиачная селитра содержит основного вещества 98%. Суммарная доля нитритного и аммонийного азота в пересчете 34,5%. Исследования полученной аммиачной селитры на соответствие ГОСТ 2-85 показали, что технические характеристики отвечают марке Б 1 сорта. Таким образом, установлено, что оптимальными условиями получения аммиачной селитры является двухстадийное выпаривание раствора. На первой стадии до концентрации нитрата аммония 45%, на второй – до 70%, с последующим отделением и сушкой целевого продукта.

Эффективным способом предотвращения слеживаемости является получение известково-аммиачной селитры – остывшей смеси расплавленного нитрата аммония с тонко измельченным порошком мела или известняка, так как слеживаемость известково-аммиачной селитры в 2-3 раза меньше, чем аммиачной [5].

Для получения известково-аммиачной селитры 3 л 18,5% раствора нитрата аммония упарили до концентрации 74%. Получили 750 мл раствора с плотностью 1,372, который смешали с 308 г карбоната кальция. Из приготовленной смеси получили окатыши с размером 1-5 мм. Удобрение содержит 26% суммарной массовой доли нитратного и аммонийного азота в пересчете на азот и удовлетворяет требованиям ТУ 2181-001-77381580-2006.

Выводы. Исследования показали возможность получения при переработке фосфогипса – отхода производства экстракционной фосфорной кислоты, наряду с переводом редкоземельных элементов в продукционный раствор, ряда востребованных продуктов: товарного безводного сульфата натрия, отвечающего требованиям ГОСТ 21458-75; гидроксида кальция состава, масс. %: Ca(OH)₂ 97,8; Al 0,03; Fe не обн.; Mg 0,55; Sr 0,28 и известково-аммиачной селитры, удовлетворяющей требованиям ТУ 2181-001-77381580-2006. Разработанная в АО «Институт металлургии и обогащения» технология получения концентрата редкоземельных элементов из фосфогипса позволяет получать не только кондиционный концентрат РЗЭ, но и ряд ценных продуктов: сульфат натрия, гидроксид кальция, нитрат аммония.

Источники

- 1 Патент 2484018 RU. Способ переработки фосфатного редкоземельного концентрата, выделенного из апатита // В.Д. Косынкин, А.К. Селивановский, Т.Т. Федулова, М.А. Логачева, В.Ю. Сычева; опубл. 10.06.2013, Бюл. №16.
- 2 Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Госхимиздат, 1962. – 288 с.
- 3 Позин М.Е. Технология минеральных солей. – Л.: Химия, Ч. II. 1970. – 1556 с.
- 4 Пат. 2225358 RU. Способ получения гидроксида кальция /Титов В.М., Воронин А.В., Шатов А.А., Сергеев В.Н. и др.; опубл. 10.03.2004.
- 5 Технология аммиачной селитры / под ред. В.М. Олевского. – М.: Химия, 1978. – 310 с.

Магнитные свойства и электронное строение сплавов железо-лантан при высоких температурах

*Осинов П.А., Сагындыков А.Б., Шаяхметова Р.А., Айткулов Д.К.
(РГП «НЦ КИМС РК», г. Алматы, Казахстан)*

Создание новых магнитных материалов на основе сплавов редкоземельных и 3d переходных металлов с требуют изучения как их магнитных свойств, так и особенностей электронного строения в широком температурном и концентрационном интервалах. В жидком состоянии, в отличие от твердых тел, отсутствуют различные кристаллические и магнитных структуры, а хорошая смешиваемость исходных компонентов позволяет проследить особенности электронного строения входящих в расплав компонентов в широком концентрационном интервале.

В работе методом магнитной восприимчивости рассмотрены особенности электронного строения сплавов железо-лантан в жидком состоянии в широком концентрационном интервале.

У лантана отсутствуют 4f электроны и он ведёт себя как паулевский парамагнетик с температурно независимым вкладом в восприимчивость электронов проводимости χ_0 . Поэтому все изменения магнитных свойств данного сплава будут обусловлены особенностями электронного строения 3d оболочки железа. Полученные изотермы магнитной восприимчивости сплавов (χ) приведены на рисунке 1а. Обработку полиTERM рассматриваемых сплавов проводили с помощью модифицированного закона Кюри – Вейса. Рассчитанные из стандартных формул концентрационные зависимости эффективного магнитного момента для сплавов железо- лантан ($\mu_{эф}$) и температуры Кюри (Θ) приведены на рисунках 1б и 2а.

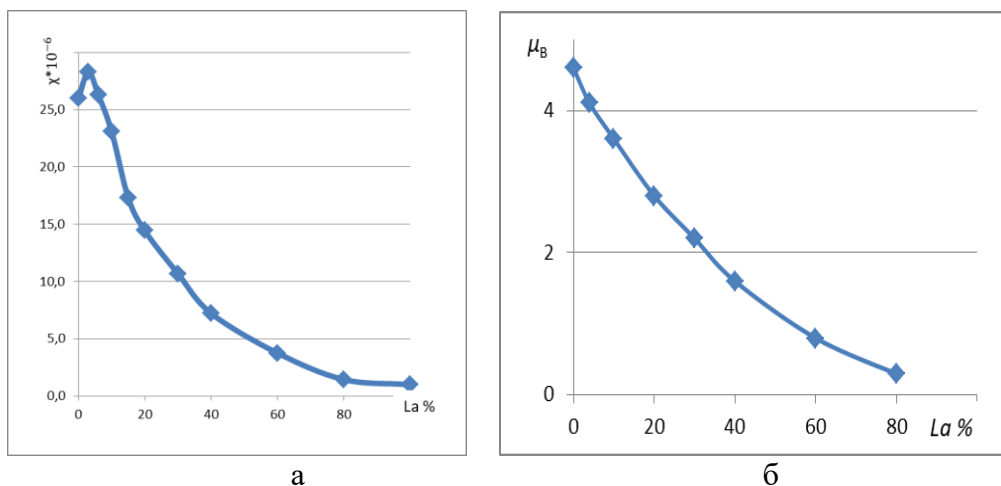


Рисунок 1 – Изотермы χ (а) и концентрационные зависимости $\mu_{эф}$ (б) сплавов железо-лантан в жидком состоянии

Видно, что при добавлении редкоземельного компонента значения восприимчивости χ резко уменьшается, это вызвано заполнением 3d магнитной оболочки железа валентными электронами добавляемого лантана. Значение эффективного магнитного момента $\mu_{эф}$ для сплава резко уменьшается, а учитывая, что магнитный момент на 3d оболочке создается неспаренными электронами, то его отклонение от аддитивной зависимости будет свидетельствовать о заполнении 3d оболочки валентными электронами лантана. Заполнение 3d оболочки железа заканчивается при 80 ат. % латана.

Резкое возрастание восприимчивости сплавов в области малых концентраций лантана обусловлено следующим. Жидкое железо имеет антиферромагнитное упорядочение магнитных 3d оболочек железа. Добавление к сплаву лантана вызывает уменьшение размеров 3d оболочки железа, связанное с заполнением ее валентными электронами, а также увеличение расстояния между ними. Это переводит взаимодействие между d оболочками, согласно приближению Бете-Сеттера, из антиферромагнитного упорядочения в ферромагнитное, что отражается в резком увеличении температуры Кюри рассматриваемых сплавов (рисунок 2а), и приводит к возрастанию восприимчивости сплава в области концентраций 3-5 % La.

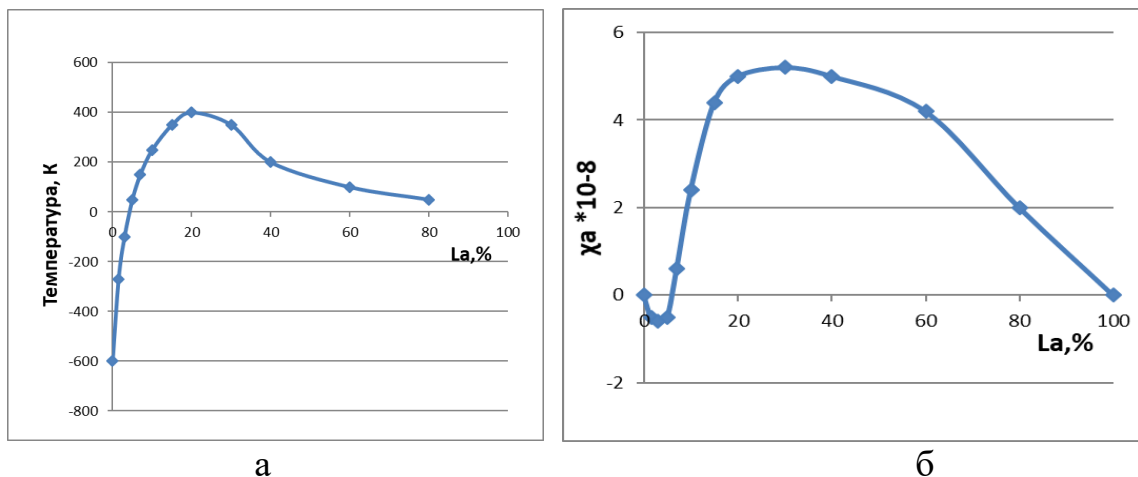


Рисунок 2 – Концентрационные зависимости Θ (а) и изотерма $\Delta\chi_a$ (б) сплавов железо-лантан в жидком состоянии

Уже при 4 ат. % добавляемого в сплав редкоземельного металла взаимодействия переходит в область ферромагнитного упорядочения, достигая максимума при 20 ат. %. В этой области концентраций доминирующую роль в формировании магнитных свойств играют магнитные моменты на заполняющейся 3d оболочке железа, что компенсирует и увеличение температуры Кюри.

Большую информацию о состоянии магнитных оболочек может дать значение избыточной восприимчивости рассматриваемых сплавов, показывающая вновь возникающую восприимчивости, вследствие изменения электронных состояний входящих в сплав компонентов (рисунок 2б). Можно отметить резкое возрастание восприимчивости в интервале от 5 до 20 ат. % и падение при концентрациях лантана выше 60 ат. %, что говорит о резком изменении электронного состояния магнитной 3d-оболочки железа и изменении числа ближайших соседей.

Определенное выравнивание кривой $\Delta\chi_a$ в области концентраций от 20 до 60 % La говорит об устойчивости 3d оболочки и стабильности числа ближайших соседей. То есть можем говорить о формировании определенной стабильности в группе кластеров от Fe_4La до Fe_2La_3 . Это заметно отличает данные сплавы от сплавов с кобальтом в которых стабильным является только один конкретный кластер.

Измерена парамагнитная восприимчивость сплавов железо-лантан в жидком состоянии. Показано заполнение 3d оболочки железа валентными электронными добавляемого в сплав лантана, которая приводит как к уменьшению магнитного момента на атомах железа $\mu_{эф}$, так и к уменьшению восприимчивости χ сплава. Увеличение восприимчивости сплава в области малых концентраций вызвано ростом температуры Кюри данных сплавов. Отмечено наличие широкой полосы устойчивых кластеров.

Электрохимия восстановительных процессов в доменных и рудотермических печах

Рощин В.Е., Рощин А.В.

(Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Россия)

Несмотря на современные способы подготовки шихтовых материалов и воздушного дутья, использование минерального топлива и электрической энергии, механизацию, автоматизацию, компьютеризацию и роботизацию процессов, в доменных и рудотермических ферросплавных печах сохраняется в принципе доисторическая технология извлечения металлов из руд: в печь загружается смесь твёрдых руды и топлива, которую стремятся нагреть до максимально возможной температуры. При этом извлекаемые в этих агрегатах из руд расплавленные металлы растворяют углерод, вследствие этого получается не требуемый продукт – железо и сплавы, а чугун и углеродистые ферросплавы, то есть по-существу брак, который затем необходимо исправлять путём передела чугуна в сталь. Эта технология явно не отвечает современным требованиям рационального природопользования, экологии, энерго- и ресурсосбережения и не соответствует современному уровню науки. К сожалению, признанная в настоящее время и металлургическая наука (теория прямого и косвенного восстановления, адсорбционно-кинетическая теория восстановления и др.) описывает процессы восстановления на атомно-молекулярном уровне, то есть уровне знаний конца XIX – первой половины XX века. Совершенствование процесса в доменной печи как агрегате получения чугуна на основе атомно-молекулярных представлений практически исчерпало себя. Для дальнейшего развития металлургии требуется освоение новых технологических процессов, исключая необходимость получения чугуна и основанных на теории, соответствующей современному уровню знаний.

Согласно современным представлениям атомы и молекулы существуют только в газовой фазе. В металлах нет атомов, есть только катионы и связывающие их в единое тело свободные (валентные) электроны (электроны проводимости), а в рудах нет молекул, есть катионы и связанные с ними валентными электронами металла анионы. Кроме того, в условиях, свойственных доменному процессу (температура более 2000°C, восстановительный состав газов, давление газа ~4 кПа), и газовая фаза находится в состоянии низкотемпературной плазмы, то есть частично ионизирована и способна проводить электрический ток, а твёрдая руда вследствие восстановительного состава атмосферы и высокой температуры обладает анион-электронной проводимостью (n -проводимостью). Наконец, общеизвестно, что окислительно-восстановительные процессы – это реакции обмена между реагентами не атомами, а электронами $C^0 = C^{2+} + 2e$ и $Fe^{2+} + 2e = Fe^0$, то есть это типичный электрохимический процесс. Таким образом, с позиций современных представлений о механизме химических реакций доменная печь – это электрохимический агрегат, в котором между реагентами осуществляется перенос электронов, то есть протекает электрический ток.

Исходя из разрабатываемой нами электронной теории восстановления [1] «электрическую» работу восстановительной печи следует представить как совокупность работы двух последовательных электрохимических элементов – углеродного топливного элемента, который служит источником электрической энергии, и твёрдоэлектролитного электролизёра, в котором эта энергия поглощается (рисунок). Такие пары электрохимических элементов образуются в восстановительных агрегатах в каждом куске руды.

В электрохимическом топливном элементе (плазме) доменной печи происходит окисление восстановителя (углерода) кислородом руды и создаётся восстановительная по отношению к руде атмосфера. Низкое парциальное давление кислорода в плазме (ниже равновесного с кислородом руды) вызывает переход кислорода из руды в газовую фазу. Переходя в газовую фазу, кислород не может унести с собой захваченные ранее у катионов валентные электроны металла, так как это привело бы к нарушению равенства зарядов в руде, накопление зарядов на поверхности руды, появление разности электрических потенциалов (э.д.с.) между поверхностью и объёмом руды. Освободившиеся от анионов электроны вследствие теплового движения ионов в кристаллической решётке вместе с анионными вакансиями уходят от поверхности и рассеиваются в объёме рудного куска до встречи с катионами, обладающими достаточной энергией связи с электронами при данной температуре (энергией Ферми), и присоединяются к этим катионам с образованием металлической связи.

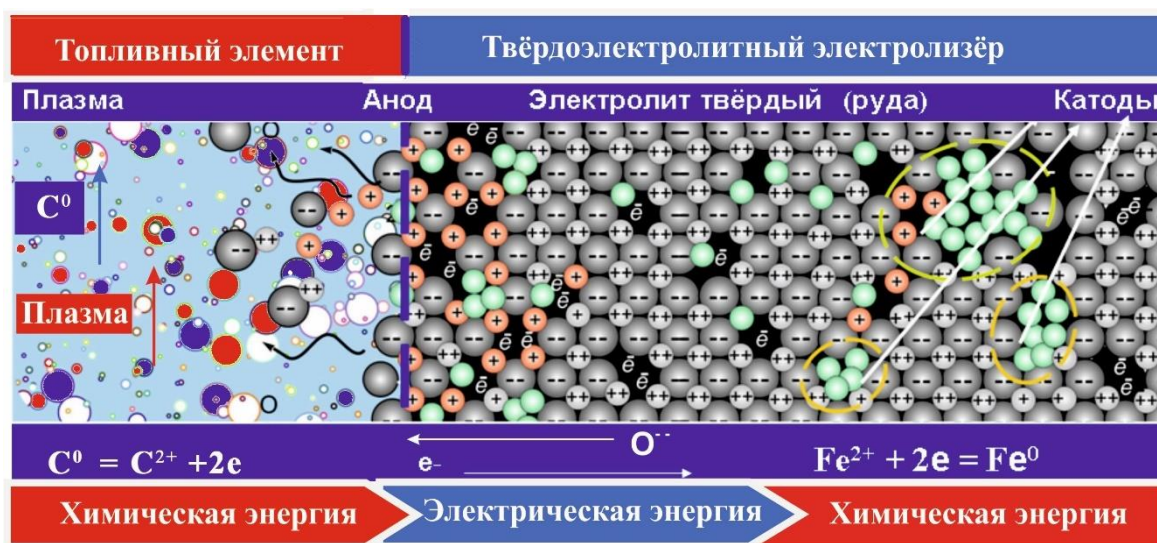


Рисунок 1 – Электрохимические элементы и процессы в доменной печи

Таким образом, в доменных (и рудотермических ферросплавных) печах химическая энергия окисления восстановителя превращается в электрическую энергию топливного элемента, которая в твёрдоэлектролитном электролизёре поглощается катионами восстанавливаемого металла на образование металлической связи. Совершенно очевидно, что углеродный топливный элемент доменной печи является далеко не лучшим источником электрической энергии для электролиза, а доменная печь – не лучший агрегат для проведения электролиза. Самым коротким, наименее энергозатратным и экологически нейтральным способом получения чистых металлов является разложение оксидов за счёт электрической энергии из электрической сети. Прямой электролиз твёрдых или расплавленных руд соответствует современному уровню знаний, требованиям рационального природопользования, ресурсо- и энергоэффективности, самой сути получения металлов. Он заслуживает того, чтобы в ближайшее время стать предметом внимания не только исследователей и инженеров, но и руководителей корпоративных и государственных структур.

Источник

- 1 В.Е. Роцин, А.В. Роцин. *Физика прометаллургических процессов*. Учебник. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 304 с.

Выплавка высокоуглеродистого феррохрома с использованием предварительно восстановленного хромового сырья

Саулебек Ж.Қ., Махамбетов Е.Н., Төлеуқадыр Р.Т., Шабанов Е.Ж.
(Филиал РГП «НЦ КИМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева», г. Караганда, Казахстан)

В техническом блоке Химико-металлургического института совместно с ТОО «ERG» были проведены крупно-лабораторные испытания по выплавке высокоуглеродистого феррохрома с использованием предвосстановленного хромового сырья.

Целью данного испытания является получение данных по расходу электроэнергии на выплавку высокоуглеродистого феррохрома (ФХ800-900) из предвосстановленного сырья с разной степенью металлизации.

Лабораторные испытания были проведены в руднотермической печи с мощностью трансформатора 200 КВА. Трансформатор печи имеет четыре ступени напряжения: 18 В; 24 В; 36 В и 48 В. Печь оснащена одним электродом с диаметром 150 мм, расположенным сверху и одним подовым электродом.

Поставку шихтового сырья организовал АО «ТНК» Казхром»: хромовая руда в количестве 3 тонн, предвосстановленного сырья – 13,6 тонн, кокс – 1,9 тонн, кварцит – 0,3 тонн.

Химический и технический составы исходных материалов представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Химические составы базовых шихтовых материалов, масс %

Наименование материала	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	FeO	Al ₂ O ₃	P	S
Хромовая руда фр. 0-10 мм	51,50	6,63	0,78	18,00	12,45	7,70	0,00	0,027
Кварцит фр. 0-10 мм	-	96,45	0,33	0,40	0,94	2,17	-	0,017

Таблица 2 – Технический состав кокса, масс %

С _{ТВ}	W	A	V	S	P
69,45	14,19	15,18	1,1	0,032	0,04

Таблица 3 – Химические составы усредненных проб предвосстановленных материалов с разной степенью металлизации, масс. %

Наименование материала	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	C	Cr _{мет}
Предвосстановленный хромитовый материал с низкой степенью металлизации (39,4%)	51,22	8,20	0,19	20,31	8,50	12,48	10,38	15,37
Предвосстановленный хромитовый материал со средней степенью металлизации (53,73%)	54,40	8,22	0,19	19,98	8,20	12,48	8,64	17,22
Предвосстановленный хромитовый материал с высокой степенью металлизации (65,08%)	55,12	8,25	0,13	20,82	7,90	12,32	10,05	22,28

Продолжительность опытной кампании составила 23,49 суток. В общей сложности проведено 291 плавов.

Были испытаны три состава экспериментальной шихты с предвосстановленным материалом с различной степенью металлизации и один базовый состав из шихты с непредвосстановленной рудой для сравнения.

В целом испытания были разделены на 5 периодов по следующей последовательности:

- 1 – базовая шихта;
- 2 – предвосстановленная шихта с низкой степенью металлизации;
- 3 – предвосстановленная шихта с высокой степенью металлизации;
- 4 – базовая шихта;
- 5 – предвосстановленная шихта со средней степенью металлизации.

По результатам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Проведенные опытно-промышленные испытания показали возможность получения углеродистого феррохрома с использованием в качестве исходного материала предвосстановленного хромитового сырья с различной степенью металлизации в насыпном виде.

2. Лучшие технико-экономические показатели по извлечению хрома и производительности получены при использовании предвосстановленного хромитового сырья с высокой степенью металлизации.

3. Преимущества применения предвосстановленного хромитового сырья перед традиционной шихтой можно увидеть при сравнении вариантов 3 и 4. Применение предвосстановленного хромитового сырья привело к увеличению производительности почти на 1,5 раза, а также к экономии электроэнергии на 33,5%.

Источники

- 1 А.В. Рощин, В.Е. Рощин, А.Г. Рябухин, Ю.М. Гойхенберг. Взаимодействие рудных и неметаллических компонентов при твердофазной металлизации вкраплений хромовых руд // Вестник ЮУрГУ, № 10, 2005. с. 56-64
- 2 Шотанов А.Е., Нургали Н.З. Производство высокоуглеродистого феррохрома из предварительно восстановленного сырья: XIII Открытая научно-техническая конф. Поколение Казхрома. Сб. докл. I т. Актобе : Хабар-Сервис. 2021. С. 51-60.
- 3 Шотанов А.Э., Рощин А.В., Панфилов В.П., Нургали Н.З., Досекенов М.С. Предварительная восстановление хромитового сырья методом Хоганес // Metallurgia. № 8, 2022. С. 10-17.

Влияние репатриаций на экономическое развитие Казахстана в годы независимости

Сарбасов М.

(Евразийский национальный университет им. Л.Гумилева, г. Астана, Казахстан)

Главную роль в формировании и развитии экономики любой страны играет человеческий фактор. В любой исторический период мы можем проследить степень его влияния, поэтому роль демографии в подобных исследованиях весьма значительна.

На заре независимости Казахстан столкнулся с множеством демографических и экономических вызовов.

Согласно официальным данным, для начала 90-х был характерен массовый исход населения из страны. В основном это были представители славянского населения и этносы, когда-то сосланные в Казахстан. Так, за это время отрицательное сальдо миграции не только полностью поглотило естественный прирост населения этого периода, но и превысило его более чем в два раза.

В этих условиях в Казахстане одним из критериев государственной состоятельности рассматривалась активная реализация политики этнической репатриации.

Благодаря этой смелой политике Казахстан продемонстрировал всему миру себя как самостоятельное государство, нацеленное на восстановление исторической справедливости и консолидацию казахов вокруг исторической и этнической Родины.

В целом, вклад кандасов в экономическое развитие страны можно рассматривать с различных аспектов: демографическое пополнение, развитие сельских регионов, предпринимательство, трудовая занятость, возрождение культурной самобытности и т.д.

По разным оценкам в 1991 году представители титульной нации в Казахстане составляли не более 40% населения.

Вместе с тем, по информации Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан с момента обретения независимости в Казахстан вернулись более 1,1 млн. этнических казахов. Здесь также необходимо учесть их естественный прирост. Как правило, для семей кандасов характерна высокая рождаемость (*многочдетность*). В этой связи, есть основания полагать, что их число может достигать до 3-3,5 млн. человек. При этом они меняют не только количественную, но и половозрастную, этническую структуру населения.

Этот значительный прирост населения помог смягчить последствия миграционного оттока 1990-х годов, когда многие граждане Казахстана уезжали за границу в поисках лучших условий жизни.

Более половины кандасов, вернувшихся в Казахстан, являются выходцами из Узбекистана, КНР, Туркменистана, Монголии и других стран.

За рубежом остается еще до 10 млн. кандасов, которые проживают в основном в приграничных странах: КНР, России, Узбекистане и Монголии.

Число этнических переселенцев трудоспособного возраста составляет 60%, 22% - моложе трудоспособного и 18% – пенсионеры.

Они в основном поселились в Алматинской (28,3%), Туркестанской (13,4%), Мангистауской (19,1%) и Жамбылской (8%) областях, а также в городе Шымкент (10,5%).

Большинство кандасов поселились в сельских районах, что способствовало развитию аграрного сектора и менее развитых регионов Казахстана.

Воспользовавшись нежеланием местных казахов жить в сельской местности и разводить скот, этнические казахи, родившиеся в Китае и Монголии, заняли эту экономическую нишу, пытаясь балансировать между интересами собственных хозяйств и экономики страны.

По данным исследований, которые провел НАО «Фонд Отандастар», около 60% всех кандасов переехали в сельские регионы, что укрепило трудовой рынок и способствовало росту сельского хозяйства.

В частности, они активно участвуют в растениеводстве и животноводстве, способствуя самообеспечению регионов сельскохозяйственной продукцией.

Кандасы также составляют значительную долю рабочей силы, особенно в сельских и отдаленных регионах. В условиях старения населения в Казахстане их вклад в трудовой рынок становится еще более важным.

Около 70% кандасов являются трудоспособными, что помогло заполнить дефицит рабочей силы в некоторых регионах. Они активно работают в сферах сельского хозяйства, строительства, обслуживания и других отраслях.

Отличительной чертой характера кандасов является их предпринимательская активность. По данным Национальной палаты предпринимателей «Атамекен», кандасы открыли более 3 000 малых и средних предприятий, создавая рабочие места и стимулируя местную экономику. Эти предприятия способствуют развитию регионов, особенно тех, где наблюдались трудности с созданием рабочих мест.

Вместе с тем, с 2012 года сохраняется негативная тенденция оттока населения, когда количество выбывающих из страны значительно превышает количество прибывающих. А с 2017 года, ежегодное отрицательное сальдо миграции превысило минус 30 тысяч человек, что означает – каждые 10 лет с карты Казахстана исчезает один город сопоставимый с таким городом, как Өскемен (*330 тысяч жителей*).

Эти показатели имеют катастрофические последствия: депопуляция населения, запустение населенных пунктов, нехватка трудовых ресурсов, негативный образ страны на международной арене, снижение инвестиционной привлекательности и т.д.

К примеру, во многих селах северных областей жителей становится все меньше, закрываются средние школы, кроме начальных классов. Например, в селах северных регионов встречаются школы в 3 этажа, а учащихся всего 12 детей.

Учитывая пугающие темпы сальдо внешней миграции, а это в среднем 9% или 38 тыс. человек ежегодно покидающих Казахстан, проблема депопуляции населенных пунктов будет острой в ближайшей перспективе.

Кроме того, надо понимать, что для внешней миграции характерен отток экономически активного трудоспособного населения.

Если выразить экономические последствия от оттока населения в пяти областях (СКО, ВКО, Акмолинская, Костанайская, Павлодарские обл.) в виде валовой стоимости (ВДС), то сокращение ВДС по самым грубым подсчетам из-за выбытия, к примеру, 100 тыс. трудоспособного населения, может составлять 558 млрд. тенге за один год.

Экономический потенциал репатриантов в качестве их вклада в экономику Казахстана может быть выражен также в виде валовой добавленной стоимости. Если предположить, что 100 тыс. трудоспособных репатриантов (*қандастар*) будут заняты только в сельском хозяйстве, то за первые пять лет они потенциально могут создать 771 млрд. тенге ВДС. А в последующие 5 лет их ВДС может составить 1,5 трлн тенге.

Таким образом, мы пришли к выводу что репатриационная политика в начале 90-х была эффективной и что репатрианты (*кандасы*) внесли и продолжают вносить значительный вклад в экономическое и социальное развитие Казахстана в годы независимости.

Их роль не ограничивается демографическим ростом, они также активные участники трудового рынка, сельского хозяйства и предпринимательства.

Государство путем принятия госпрограмм и других нормативных актов поддержки переселения могло бы способствовать их более успешной интеграции, что усилил бы экономический потенциал страны.

В долгосрочной перспективе их вклад будет продолжать оказывать позитивное влияние на развитие регионов и укрепление экономики Казахстана.

Оценка отходов металлургических предприятий для использования в производстве огнеупоров

Сатбаев Б.Н.¹, Кокетаев А.И.¹, Шалабаев Н.Т.², Сатбаев А.Б.¹, Нурумғалиев А.Х.³

(¹Астанинский филиал РГП «НЦ КИМС РК», г. Астана, Казахстан,

²РГП «НЦ КИМС РК», г. Алматы, Казахстан,

³Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан)

Важной проблемой любого огнеупорного производства является сырьевая обеспеченность. В этой связи является актуальным использование в качестве сырья техногенные отходы, значительные объемы которых имеются на предприятиях металлургии. Это выгодно с точки зрения сокращения затрат на добычу, транспортировку и первичную обработку исходного сырья. Кроме того, решается проблема утилизации техногенных отходов.

Учитывая вышеназванные экологические и экономические факторы, предлагается разработать технологии получения огнеупорных материалов путем рециклинга огнеупоров и других отходов металлургических предприятий, переработки отходов коксового производства.

Как известно, на предприятиях различных отраслей экономики образуется большая номенклатура отходов, которая затрудняет их классификацию, учет, сбор и переработку. Из анализа литературных источников в мировой практике отсутствует научная классификация отходов промышленности. Как утверждает ряд авторов, существующие классификации твердых отходов весьма многообразны и односторонни [1].

Подходы к классификации отходов базируются на различных критериях и классификационных признаках. Так в Казахстане разработан классификатор отходов [2]. При этом, данный классификатор предназначен для использования в системе обращения с отходами, включая учет, контроль, нормирование при обращении с отходами, лицензирование соответствующих видов деятельности, выдачу разрешений на трансграничные перевозки и размещение отходов, проектирование природоохранных сооружений и проведение средозащитных мероприятий,

К техногенным минеральным образованиям горно-перерабатывающих производств принято относить отходы переработки, образуемые в результате деятельности горно-обогажительных производств (хвосты и шламы обогащения) и (или) химико-металлургических производств (шлаки, кеки, клинкеры и другие аналогичные виды отходов металлургического передела) [3].

В соответствии с существующими классификациями твердых минеральных образований (ТМО) по минералогическому составу они делятся на ТМО производства черных металлов, ТМО производства цветных металлов и ТМО производства драгоценных металлов [4].

Для того, чтобы исследовать возможность эффективного использования отходов металлургического производства для разработки новых составов огнеупорных материалов была рассмотрена классификацию огнеупорных материалов с точки зрения применимости их в качестве исходного сырья.

Отличительной особенностью шлаков медной промышленности является повышенное содержание железа и кремния. В большинстве случаев этот расплав можно представить как смесь небольшого количества оксидов с ферросиликатами. Его образцы содержат 30–36 % SiO₂; 50–55 % FeO; 4–6 % Al₂O₃; 0,3–0,6 % Cu; S – до 1,5 %.

Шлаки свинцово-цинкового производства по минералогическому составу относят к среднежелезистым (Fe₂O₃ – 14-25%), магнезиальным (MgO -8-16%), глиноземистым

(Al_2O_3 - 4,0-11,0%), сравнительно богатым оксидом кальция, содержание которого составляет 18-33%.

Как мы видим, шлаки свинцово-цинкового и медного производства содержат значительное количество оксида железа, который серьезно снижает огнеупорность материала, особенно в атмосфере с низким парциальным давлением кислорода. Оксид железа может также действовать как катализатор в процессе выделения углерода из находящегося в печной атмосфере монооксида углерода с последующим разрушением огнеупора. При высокотемпературном обжиге можно избежать этого разрушения. Температура, необходимая для этого высокотемпературного обжига, должна быть в атмосфере с очень низким парциальным давлением кислорода на 200°C ниже, чем на воздухе. Поэтому в огнеупорных материалах низкое содержание Fe_2O_3 , так, например, в корундомуллитовых его содержание не более 0,6-1,5 %, муллитокорундовых – не более 0,12-0,21%.

В этой связи, считаем, что шлаки свинцово-цинкового и медного производств в малой степени подходят в качестве исходного сырья для огнеупорного производства.

В составе шлаков черной металлургии выделяют главные компоненты, как правило, оксиды алюминия (Al_2O_3), кальция (CaO), кремния (SiO_2) и магнезия (MgO).

Шлаки черной металлургии разделяют по видам выплавляемого металла на доменные, мартеновские, конверторные, электросталеплавильные, ферросплавные, ваграночные. Обычно их объединяют в две группы: шлаки первичных металлургических процессов – доменные и ферросплавные, шлаки вторичных процессов: сталеплавильные и ваграночные.

Из практики известно, что большинство доменных шлаков имеют следующий химический состав: MgO -3-20%, Al_2O_3 -5-15%, S – 0,5-3%, FeO -1%, MnO – 0,2-3 %.

Сталеплавильные шлаки: кислородно-конверторные, мартеновские и электросталеплавильные отличаются друг от друга. В Казахстане, на АО «Qarmet» применяется конверторный способ получения стали. Приближенный состав конверторного шлака: CaO – 40-55%, SiO – 14-18%, Al_2O_3 -2-6%, MnO – 13-14 %, FeO -9-17%.

Шлак производства ферросилиция – имеет следующий предел содержания основных компонентов, мас. %: SiO_2 40-45, Al_2O_3 - 20-25, SiC - 3-5, CaO -3-5, FeO -3-5.

Шлак производства феррохрома – имеет следующий предел содержания основных компонентов, мас. %: MgO - 42-51, Al_2O_3 -12-15, Cr_2O_3 - 3-5, SiO_2 - 28-30, FeO - 0,4-0,8, CaO - 1,2-1,8.

Лом огнеупорных периклазохромитовых кирпичей имеет следующий предел содержания основных компонентов, мас. %: MgO - 70, Cr_2O_3 - 20-22, SiO_2 - 3-5.

Бой хромитового кирпича содержит основные компоненты, мас. %: Cr_2O_3 - 30-37, MgO - 14-23, а хромитомagneзитовые кирпичи: MgO – 65-70; Cr_2O_3 - 25-30.

Анализ отходов металлургических производств и сопоставление их химических компонентов с классификацией огнеупорных материалов позволяет сделать вывод о том, что эти металлургические отходы наиболее подходят для разработки новых составов кремнеземистых ($\text{SiO}_2 \geq 98$), алюмосиликатных ($14 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 75$, $65 \leq \text{SiO}_2 \leq 85$), глиноземистых ($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 95$) и магнезиально-шпинелидных ($40 \leq \text{MgO} \leq 85$; $5 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 75$) огнеупоров, а рециклинг хромитовых кирпичей может эффективно применяться для производства аналогичных огнеупорных материалов.

Источники

- 1 Валуев Д.В., Гизатуллин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов: учебное пособие/Юргинский технологический институт – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. –196 с.

- 2 Об утверждении Классификатора отходов. Приказ и.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 6 августа 2021 года № 314. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 9 августа 2021 года № 23903.
- 3 Кодекс Республики Казахстан от 27.12.2017 N 125-VI ЗРК "О недрах и недропользовании".
- 4 Едильбаев А.И. Разработка классификации твердых техногенных металлсодержащих минеральных образований горно-металлургического комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 1. – С.335-338

Секция 2

Индустрия 4.0 в минерально-сырьевом комплексе

Научно-методические основы для создания системы мониторинга напряженно-деформированного состояния горных пород

Әбдіқарімова Г.Б.^{1,2}, Балтиева А.А.^{1,2}, Бердинова Н.О.¹, Шамганова Л.С.¹
(¹Филиал РГП «НЦ КІМС РК» «ИГД им. Д.А. Кунаева», г. Алматы, Казахстан,
²Satbayev University, г. Алматы, Казахстан)

Ключевые слова: *геомеханический мониторинг, устойчивость откосов, напряженно-деформированное состояние, глубокие карьеры*

В настоящее время на крупных месторождениях, как в Казахстане, так и в других странах мира, наблюдается тенденция к разработке все более глубоких горизонтов. Это приводит к необходимости решения проблем, связанных с изменениями напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород, что напрямую влияет на устойчивость откосов карьеров. Глубина крупнейших карьеров мира составляет более 500 м (Эскондида в Чили, Ковдорский ГОК в России, Качарский карьер в Казахстане) и даже может достигать более 1000 м (Бингхем Каньон в США).

Глубокие горные разработки приводят к изменению природных напряжений в бортах карьера. При превышении предела прочности массива возникает его деформация и разрушение, что создает зоны ослабленных пород, склонных к обрушению. В условиях глубоких карьеров вероятность таких событий возрастает, особенно при наличии динамических воздействий, которые представляют серьезную угрозу безопасности горных работ. Ярким примером является обрушение борта карьера «Бингхем-Каньон» (США) в 2013 году, приведшее к колоссальным экономическим потерям и остановке производства.

Основной задачей проведенного исследования является разработка научно-методических основ за наблюдением напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Важными аспектами при этом являются:

- поддержание безопасных условий работы для персонала и техники;
- заблаговременное выявление потенциально неустойчивых зон и прогноз их поведения для минимизации риска обрушений;
- оценка текущего состояния массива горных пород и мониторинг его изменений в процессе разработки;
- разработка рекомендаций по управлению горным давлением и снижению риска разрушений.

Исследование основано на применении двух основных методов для оценки НДС массива: деформационных и геофизических. Деформационные методы включают в себя методы разгрузки, возмущения и компенсации, которые позволяют измерять деформации и напряжения в массиве в реальном времени. Геофизические методы, такие как электрометрия и сейсмометрия, позволяют получать данные о структуре и напряжениях в массиве без физического воздействия на породы.

Под геомеханическим мониторингом понимается комплексная система регламентированных наблюдений за состоянием массива горных пород. Важно применять современные технические средства для фиксации изменений НДС и выявления потенциально опасных зон. Мониторинг должен включать:

- установку датчиков напряжений и смещений на ключевых участках карьера;
- применение компьютерных систем для обработки данных и построения геомеханических моделей в реальном времени;
- системы раннего предупреждения об изменениях НДС массива, которые помогут предотвратить аварии.

Разработанная система геомеханического мониторинга позволит горнодобывающим компаниям обеспечить более высокий уровень безопасности при разработке глубоких горизонтов. Заблаговременное выявление неустойчивых зон и принятие мер для их стабилизации позволит сократить экономические потери и избежать остановок производства. Внедрение современных технологий мониторинга также обеспечит более точное управление горными работами и улучшит прогнозирование геомеханических процессов на месторождениях.

Глубокие горизонты требуют комплексного подхода к оценке устойчивости откосов и управления НДС горных пород. Внедрение современных методов геомеханического мониторинга на карьерах Казахстана позволит значительно повысить безопасность и эффективность горных работ, а также снизить риск обрушений и связанных с ними последствий.

Исследование методов определения оптимальных режимов резания для станков с устройством числового управления гибких производственных систем

Абдувалиев А.М.

*(Ташкентский Государственный Транспортный Университет,
г. Ташкент, Узбекистан)*

В настоящее время при создании гибких производственных систем (ГПС), на базе станков с устройством числового программного управления (УЧПУ) все большее распространение получают системы многопараметрического контроля и управления процессами обработки деталей [1, 2]. Данные системы распознают состояние объекта с помощью контроля более одного ($n+1$) параметров с применением различных измерительных средств (измерительные головки детали и инструмента, датчики «блокировочного контроля» и термо-электро движущей силы, вибрации, усилие резания и др.) на всех этапах технологического процесса изготовления детали.

На станках с УЧПУ данные системы управления обеспечивают автоматическое приспособление режимов обработки деталей по определенному критерию к изменяющимся условиям обработки, осуществляемое на основе информации, получаемой непосредственно в процессе механообработки деталей.

На основе получаемой информации о текущем состоянии процесса обработки система адаптивного управления, увеличивая или уменьшая съём металла с заготовки путем соответствующего изменения скорости резания и подачи, поддерживает постоянным какой-либо заданный параметр процесса резания. Чаще всего выбираются для этого сила резания, температура, сигналы акустической эмиссии, значение крутящего момента и др. и обеспечивается получение оптимальных значений таких критериев, как точность обработки, производительность и себестоимость обработки.

Анализ работ показал что, одним из направлений решения данной проблемы является применение систем адаптивного управления технологическими процессами на станках с УЧПУ в ГПС.

При обработке деталей на станках с УЧПУ в ГПС, уровень оптимальности принятых режимов резания зависит от того, насколько точно начальная информация характеризует действительные условия протекания процесса резания и остаются неизменными исходные параметры, принятые при разработке управляющей программы (величина припуска, твердость обрабатываемого материала, жесткость технологической системы и др.).

В действительности эти параметры являются возмущающими факторами и не остаются постоянными в процессе резания. Поэтому традиционные методы назначения режимов резания основаны на приближенном представлении о процессе резания и ожидаемых значениях его параметров. Используемые при этом методика и нормативные материалы не учитывают полностью всего многообразия технологических способов получения заготовок, а также состояния технологической системы.

Наличие разброса исходных параметров процесса обработки вынуждает снижения вероятности появления брака обработки, снижения износа режущего инструмента и его повышения расхода, а также предохранения от аварийных ситуаций.

С другой стороны, выполнение процесса обработки с постоянными режимами резания при указанном разбросе исходных параметров процесса обработки приводит к значительным колебаниям силы резания. Это наряду с изменением жесткости

технологической системы приводит к значительным колебаниям упругих перемещений последней и как следствие, к погрешностям обработки деталей.

Случайный характер изменения припуска и твердости материала заготовки изменяет скорость износа режущего инструмента и приводит к отклонению его фактической стойкости от заданной. Указанные факторы приводят к снижению производительности, разбросу показателей качества обработки, недоиспользованию резервов снижения себестоимости обработки деталей.

Одним из наиболее информативных показателей процесса резания является изменение температуры резания или его эквивалент – термо электродвижущая сила (термо ЭДС), которое обусловлено совместным влиянием припуска на обработку, колебания твердости обрабатываемого материала, износа режущего инструмента и др.

В настоящее время наибольший интерес для токарных станков с УЧПУ в ГПС представляет контроль процесса резания по величине термо ЭДС.

Проведенными экспериментальными исследованиями контроля и управления технологическими процесса механообработки на основе измерения термо ЭДС установлено [3], что при совмещении кривых зависимости «температура (термо ЭДС) – скорость резания» и «стойкость режущего инструмента – скорость резания» при резании без применения смазочно-технологических сред (рисунок 1) видно, стойкость режущего инструмента на участке, где температура имеет замедленный темп роста, т.е. за изломом кривой, имеет очень малую величину и уменьшается с увеличением скорости резания. Начиная от скорости, где имеется излом в зависимости «температура (термо ЭДС) – скорость резания» в сторону уменьшения скоростей резания, стойкость резко растет.

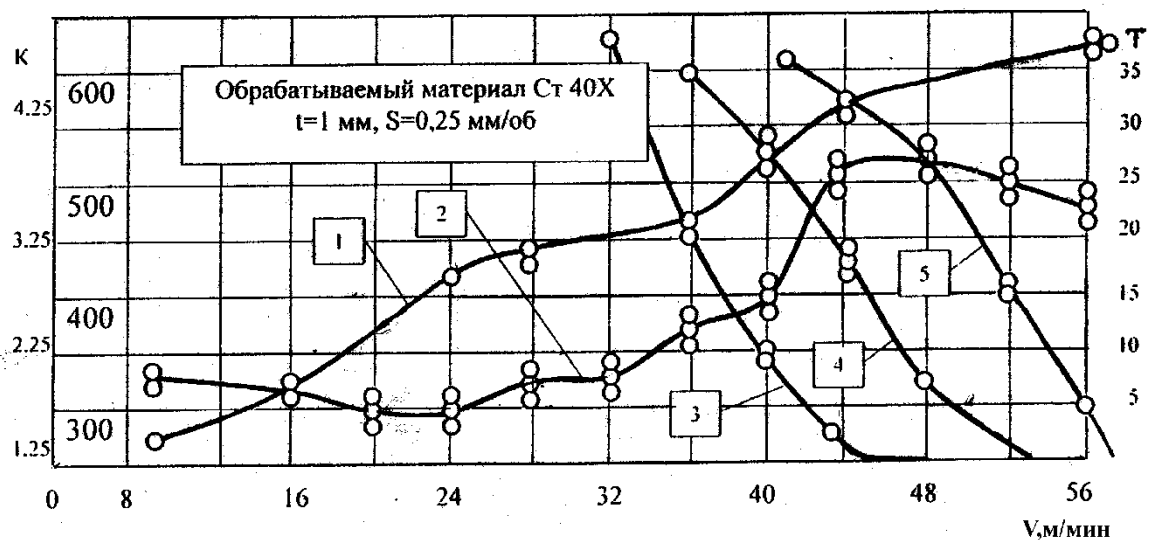


Рисунок 1 – Влияние скорости резания на температуру резания, усадку стружки и зависимость стойкости от смазочно-охлаждающих технологических средств
где: 1 – зависимость $t=f(v)$; 2 – зависимость $K=f(v)$; 3,4,5 – зависимость $T=f(v)$; 3- в воздухе; 4 – в эмульсии; 5 – в кислороде; K – коэффициент усадки стружки; T – стойкость режущего инструмента

Таким образом, имеется объективный информативный критерий, во-первых, для определения оптимальных режимов резания, во-вторых, позволяющий создать эффективные диагностические приборы и устройства, которые с успехом могут быть использованы при проектировании перспективных систем адаптивного управления процессом резания.

Процесс управления состоит из двух основных этапов: измерение значение термо ЭДС и оперативная обработка результатов измерений – определение, где температура имеет замедленный темп роста, т.е. излома кривой.

Таким образом, применение $E = f(V)$ - «термо ЭДС – скорость резания», обеспечит выбор оптимальных режимов резания системой адаптивного управления на станках с УЧПУ в ГПС.

Практическое реализация в производстве этого метода обеспечить надежность функционирования технологических процессов механической обработки на станках с УЧПУ в ГПС.

Позволит совместить в себя принципы обработки, учитывающие индивидуальности процесса резания каждой конкретной заготовки, серийности выпускаемой продукции, осуществить диагностирование износа инструмента, качества обработанной поверхности, разработать методики экспресс-оптимизации режимов резания, т.е. исследовать комплекс показателей обрабатываемости как существующих, так и новых материалов.

Разработанные алгоритмы и программные обеспечения определения оптимальной скорости резания, в виде набора подпрограмм необходимо оснащать токарные станки с УЧПУ. Это позволит совершенствовать структуру аппаратной реализации адаптивной системы управления процессом резания на станках с УЧПУ функционирующий в условиях гибких производственных систем.

В результате выполнения проекта будут получены следующие технико-экономические показатели [4]: - производительность обработки резанием повысится более 2-3 раз; - сократится технологическая трудоемкость изготовления детали; - уменьшится расход режущего инструмента на 40-60%; – повысится надежность, стабильность механообработки.

Источники

- 1 Абдувалиев А.М Совершенствование системы многопараметрического контроля и управления технологическими процессами механообработки деталей “Химическая технология. Контроль и управление”. Международный научно-технический журнал. Ташкент. 2019 г. №2. – С. 44-51.
- 2 Абдувалиев А.М Система многопараметрического контроля и управления технологическими процессами в условиях автоматизации производства. Международная научная и научно – техническая конференция «Ресурсо сберегающие инновационные технологии в литейном производстве», 2024 г., с. 176-178.
- 3 Усманов К.Б., Абдувалиев А.М, Сафаров О.М., Ниязбаев А.М., Якубов А.А. Способ определения обрабатываемости конструкционных сталей. Патент на изобретение №IAP. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан Ташкент. 2011 г.
- 4 Абдувалиев А.М, Сафаров О.М. Метод диагностики процесса резания с применением термо ЭДС для станков с УЧПУ. Международная научная и научно – техническая конференция «Ресурсо сберегающие инновационные технологии в литейном производстве», 2024 г., с. 253-255.

Разработка и внедрение программно-технического комплекса высокоточного спутникового позиционирования

Балтиева А.А.^{1,2}, Шамганова Л.С.¹, Абдикаримова Г.Б.^{1,2}

(¹ Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ИГД им. Д.А. Кунаева», г. Алматы, Казахстан,

²Satbayev University, г. Алматы, Казахстан)

Ключевые слова: *цифровизация горного производства, высокоточное спутниковое позиционирование, ГНСС (Глобальные навигационные спутниковые системы), БСДК (базовая станция дифференциальной коррекции), телекоммуникационные решения*

С ростом потребности в цифровизации горного производства, актуальность применения современных технологий геодезии и маркшейдерии, с использованием систем цифровой связи и спутниковой навигации, значительно увеличилась. Внедрение высокоточных измерительных технологий, основанных на дифференциальной коррекции сигналов ГНСС (Глобальных навигационных спутниковых систем), предоставляет возможности для повышения точности и надежности геодезических данных в горнодобывающей промышленности.

Настоящий доклад посвящен разработке и внедрению программно-технического комплекса системы высокоточного спутникового позиционирования, которая была реализована на Качарском карьере. Данное месторождение, одно из крупнейших в Казахстане, характеризуется сложными условиями для проведения геодезических работ из-за глубины карьера, достигающей 500 метров, и рельефа местности, что затрудняет передачу навигационных сигналов.

В рамках автоматизации геодезических работ на месторождении была создана базовая станция дифференциальной коррекции (БСДК), использующая данные ГНСС для проведения точных измерений в режиме реального времени и постобработки. Одной из главных задач проекта стало обеспечение непрерывной передачи корректирующих данных на дно карьера и за пределы отвалов, что стало возможным благодаря использованию систем УКВ (ультракороткие волны, ретранслятор) и GSM. Это позволило решить проблему передачи сигнала в условиях ограниченной видимости, характерной для глубоко расположенных объектов, а также наличия препятствий.

Разработанный комплекс включает центр дифференциальной коррекции, который передает поправки к спутниковым данным на мобильные устройства (роверы), используемые на месторождении. Система высокоточного спутникового позиционирования была испытана и внедрена в промышленную эксплуатацию. Она позволила автоматизировать геодезические и маркшейдерские измерения, и внести свой вклад в цифровую трансформацию производственного процесса на месторождении. В частности, результаты геодезических съемок внутри карьеров и на отвалах имеют ключевое значение для различных этапов горнодобывающих работ и применяются в следующих целях:

- мониторинг изменений объемов горных масс. Маркшейдерские съемки позволяют точно определить объемы вскрышных пород и полезных ископаемых, что важно для учета выполненных работ, расчета эффективности добычи и контроля за выполнением производственных планов. Эти данные используются для анализа хода работ и контроля за соблюдением нормативов по добыче и перемещению горной массы;

- планирование и оптимизация добычных работ. На основе данных съемки разрабатываются и корректируются рабочие планы по дальнейшей разработке карьеров. Это позволяет оптимизировать процессы добычи и минимизировать риски связанных с перерасходом ресурсов или нарушениями технологических процессов;

- контроль за устойчивостью откосов и отвалообразованием. Результаты съемки помогают оценивать стабильность откосов в карьере и на отвалах, что является важным для обеспечения безопасности горных работ. Постоянный мониторинг помогает своевременно выявлять деформации и принимать меры для предотвращения оползней или обрушений;

- рекультивация отработанных участков. Геодезические данные используются для планирования и проведения рекультивационных работ после завершения разработки месторождения. На основе результатов съемок разрабатываются планы по восстановлению земель и формированию ландшафта на местах отвалов и отработанных карьерных участков;

- контроль за соблюдением проектных параметров. Результаты съемок позволяют проверять, соответствуют ли фактические параметры карьерных работ и отвалов проектной документации. Это важно для предотвращения переработки или недоработки горных масс, а также для соблюдения экологических и производственных норм;

- обеспечение безопасности. Съемка помогает идентифицировать зоны потенциальной опасности, такие как возможные обрушения или зоны неустойчивости, что позволяет предпринимать меры для предотвращения аварий и обеспечения безопасности персонала;

- экологический мониторинг. Съемки на отвалах и в карьере помогают контролировать влияние горных работ на окружающую среду, включая изменение рельефа и масштабы воздействия на экосистемы. Эти данные также используются при составлении экологических отчетов и расчетах по рекультивации.

Таким образом, применение высокоточного спутникового позиционирования играют важную роль на всех этапах разработки месторождений, начиная от планирования и контроля за выполнением работ, до обеспечения безопасности и подготовки к рекультивации.

Данный проект выполнялся в сотрудничестве с Институтом космической техники и технологий и финансировался Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта № AP05136083, а также софинансировался частным партнером АО «ССГПО» в период с 2018 по 2020 годы.

Внедрение данной системы позволило повысить производительность горнодобывающих работ, минимизировать риски ошибок при проведении геодезических измерений, а также улучшить управление ресурсами. Эти технологии обеспечили необходимую точность измерений и создали условия для более безопасной и экологически ответственной добычи полезных ископаемых. Подобные разработки играют важную роль в стратегии создания «интеллектуального рудника», где процессы автоматизированы и оптимизированы для повышения безопасности, эффективности и устойчивости производства.

Аспекты технологического менеджмента основных производственных процессов на карьерах

Бояндинова А.А., Адилханова Ж.А.

(Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ИГД им. Д.А. Кунаева», г. Алматы, Казахстан)

В условиях рыночной экономики вопрос повышения рентабельности производства является основным, в том числе и в горнодобывающей отрасли. При этом рентабельность горнодобывающего предприятия напрямую зависит от эффективности менеджмента производственных процессов, от качества и своевременности принятых управленческих решений. Максимальную эффективность возможно достичь посредством технологического менеджмента основных производственных процессов на карьерах. Под этим термином понимается не просто управление основными производственными процессами на предприятии, а их непрерывное оперативное совершенствование и оптимизация.

В рамках технологического менеджмента осуществляется анализ возможности горно-транспортного комплекса с применением методов, позволяющих объективно, с высокой степенью достоверности учитывать влияние таких факторов, как структура и содержание основного технологического комплекса, организация взаимодействия горного и транспортного оборудования, их расстановки по горизонтам карьера и на отвалах и т.д. Непосредственно в процессе горно-геометрического анализа осуществляется экономическая оценка рассматриваемых вариантов и выбирается наиболее эффективный вариант.

Основанный на системном подходе с использованием метода имитационного моделирования работы горно-транспортной системы карьера технологический менеджмент обеспечивает помимо всего возможность гибкого нормирования. Для каждой единицы основного горно-транспортного оборудования определяется индивидуальная норма выработки с учетом ее технических возможностей, степени использования во времени, по режиму эксплуатации, по качеству формируемого рудопотока и пр., т.е. фактических горно-геологических и горнотехнических условий, в которых будет работать горно-транспортный комплекс [1].

Качественная взаимоувязка устанавливаемых норм с планированием и экономической оценкой оптимальной производственной мощности горнодобывающего предприятия осуществляется исходя из цели уменьшения количества непредвиденных поломок горного и транспортного оборудования, сокращения непредвиденных простоев, более полного использования резервов производственных мощностей технологических комплексов, обеспечения эффективной работы горно-транспортного комплекса карьера в целом. Вышеназванные цели достигаются благодаря более точному, детальному учету показателей нежели в традиционных методах планирования и управления. В предлагаемом подходе весь планируемый период разбивается на технологически стабильные периоды, в течение которого горно-транспортный комплекс функционирует с относительно постоянной производительностью и неизменной структурой, количеством и организацией взаимодействия основных его элементов [2], и планирование осуществляется в рамках каждого технологически стабильного периода [3]. Нормы устанавливаются в рамках технологически стабильных периодов, причем для каждого состояния технологического комплекса нормы производительности будут соответственно разными. Особенностью является то, что определение норм производится при оптимальных параметрах работы горно-транспортной системы. Для каждого технологически стабильного периода устанавливается количество и местоположение работающего основного технологического оборудования. Благодаря

адекватному учету в процессе моделирования тяговых характеристик и технического состояния передвижных средств, а также качественных характеристик дорожного покрытия, становится возможным устанавливать и достоверные, в зависимости от объемов выполненных работ, нормы расхода энергоносителей и шин. Исходя из действующих нормативов рассчитываются и нормы расхода дополнительных материалов (запасных частей, масел и т.д.). Такой подход к определению норм производительности оборудования позволяет более адекватно по шагам учитывать каждую горно-геологическую и горнотехническую ситуацию в карьере, что позволяет на порядок повысить уровень качества оперативного планирования и управления производственными процессами.

Таким образом, основными преимуществами технологического менеджмента основных производственных процессов на карьерах являются оперативность, достоверность, адекватность, индивидуальность получаемых норм выработки, учитывающих горно-геологические, горнотехнические, технологические и технические факторы функционирования каждой единицы оборудования. Планирование осуществляется на базе полученных норм выработок. Технологический менеджмент осуществляется с учетом не только обоснованных норм времени, но и корпоративных интересов структурных подразделений, обеспечивающих реализацию основных технологических процессов в рамках единой системы геотехнологического комплекса. Предлагаемый подход способствует выявлению и более полному использованию резервов роста производительности труда, повышению эффективности производства; позволяет адекватно учитывать горно-геологическую ситуацию в карьере, организацию взаимодействия и техническое состояние горного и транспортного оборудования; основывается на действующих нормативах, а также обеспечивать минимальные затраты времени на разработку научно и технически обоснованных норм.

Источники

- 1 Бояндинова А.А. Разработка метода оперативного планирования и управления процессом воспроизводства мощностей горно-транспортных систем карьеров: дисс. ... канд. техн. наук. – Алматы, 2002. – 165 с.
- 2 Джаксыбаев А.Х. Разработка метода планирования горно-транспортных работ в карьерах на основе выделения технологически стабильных периодов: дисс. ... канд. техн. наук. – Алматы, 1999. – 158 с.
- 3 Адилханова Ж.А. Разработка методического обеспечения корпоративного оперативного планирования горно-транспортных работ при управлении геотехнологическими комплексами: дисс. ... канд. техн. наук, Алматы, 2009. – 118 с.

Методическое обеспечение управления геотехнологическими комплексами с учётом качества подготовки горных пород к выемке

Галиев С.Ж.¹, Аксаналиев Н.Е.²

¹ Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ИГД им. Д.А. Кунаева», г. Алматы, Казахстан,

² НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан)

Введение. Проектирование и управление геотехнологическими комплексами (ГТК) на открытых разработках месторождений полезных ископаемых является важным этапом для оптимизации процесса добычи и повышения эффективности производства. Практика показывает, что одним из существенных потенциалов в этом плане является адекватный учёт физико-механических свойств извлекаемых горных пород как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации геотехнологических комплексов. Необходимо уделять соответствующее внимание качеству подготовки горных пород к выемке, так как оно оказывает существенное влияние на производительность, безопасность и рентабельность освоения месторождений в целом.

Обоснование методов и подходов

В настоящее время одним из магистральных вопросов горнодобывающего производства является качественное разрушение горных пород, отделение пород от горного массива на куски, благоприятные для производства, которое в свою очередь определяет эффективность работы всего предприятия. На данный момент целесообразность адекватного учёта качества подготовки горных пород к выемке обусловлена наличием существенного потенциала повышения эффективности горнотранспортных работ в условиях оптимального сочетания технологических и технических параметров геотехнологических комплексов не только горно-геометрическим, горно-геологическим, экономическим и организационным условиям эксплуатации, но оптимальной разрыхленностью горных пород, что определяется методами и подходами реализации буро-взрывных работ, затратами на их производство.

Адекватный оперативный учёт степени подготовки горных пород к выемке, в свою очередь, предполагает более качественную оптимизацию взрывных работ – позволяет оптимизировать параметры взрывных работ, обеспечивая оптимальное дробление горной массы, минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, улучшить качество выемочно-погрузочных работ, оптимизируя время цикла экскавации и повышая тем самым общую производительность, снижая себестоимость производимых горнотранспортных работ. Также это оптимизирует количество и качество взрывов. Не мало важно, что при этом улучшаются условия труда, так как обеспечиваются более комфортные условия труда для машинистов экскаваторов и водителей транспортных средств, снижая уровень шума и вибрации.

Снижение негативного воздействия на окружающую среду, улучшая экологическую обстановку в районе добычи, обеспечивается снижением расхода энергозатрат, в условиях, когда основным источником энергии зачастую является дизельное топливо.

Одним из современных эффективных процедур выявления ресурсов и повышения эффективности функционирования геотехнологических комплексов является проведение всесторонних технико-технологических аудитов, позволяющее исследовать производственные системы с целью оценки как текущего состояния, так и изыскания резервов повышения эффективности выемочного и горнотранспортного оборудования

при взаимодействии элементов и подсистем сложных производственных объектов [1-3].

Опыт многочисленной реализации комплексных технико-технологических аудитов функционирования геотехнологических комплексов говорит о том, что успешное решение задачи адекватного учёта степени подготовки горных пород к выемке в рамках управления геотехнологическими комплексами на открытых разработках может быть обеспечено при базировании на процессном подходе к управлению ими, что требует соответствующего уровня цифровизации, информационного обеспечения, автоматизации управленческих процессов, а также аналитического обеспечения.

В рамках проведения технико-технологического аудита при решении задач по модернизации и техническому перевооружению, по повышению производительности горнотранспортного оборудования важным составляющим является оценка его энергоэффективности, так как энергоёмкость в циклических технологиях добычи занимает в среднем 60-70% себестоимости горнотранспортных работ, что требует обоснованного выбора моделей основного горного и транспортного оборудования, адекватного учёта горнотехнических, горно-геологических, горно-геометрических, организационных и экономических факторов [4, 5].

В свою очередь важным фактором является совершенствование организационных мер в процессе реализации буровзрывных работ, где требуется разработка эффективных управленческих решений, вкупе с качеством подготовки горных пород к выемке для сглаживания скачкообразного характера показателей, продиктованный соотношением ёмкостей ковша экскаватора и кузова работающих моделей автосамосвалов, определяющих производительность и себестоимость горнотранспортных работ.

Образцовое исполнение данной проблематики требует комплексного учёта пооперационных затрат горнотранспортного процесса и технического состояния машин, в этом плане обращает на себя внимание КПД двигателя автосамосвала, где его показатели зависят от возраста машин, также динамический подход к учёту энергорасхода автосамосвалами в зависимости от паспортных тяговых характеристик двигателей и трансмиссии машин, где учитывается скорость, энергорасход, дорожное покрытие, автотрасса, режим загрузки автосамосвалов, а также по погрузочному оборудованию.

Проводимые технико-технологические и энерго- аудиты указывают на наличие значительного (до 15-20%) потенциала в оптимизации парка основного горного и транспортного оборудования. Это говорит о том, что адекватный учёт технического состояния машин и степени подготовки горных пород к выемке является слабым звеном современной системы проектирования и планирования горнотранспортных комплексов карьеров.

Заключение

Таким образом, исследования показывают, что значительным потенциалом повышения эффективности функционирования геотехнологических комплексов на открытых разработках является адекватный учёт степени и качества подготовки горных пород к выемке. Это предполагает комплексное и корпоративное управление производством буров-взрывных и горнотранспортных работ.

Проектирование геотехнологического комплекса с учётом качества подготовки горных пород к выемке является важным шагом для оптимизации процесса добычи на открытых разработках месторождений полезных ископаемых. Это позволяет повысить эффективность добычи, безопасность работ, снизить негативное воздействие на окружающую среду и повысить рентабельность производства. Решение вопросов управления геотехнологическими комплексами при таком подходе целесообразно с применением методологии процессного подхода, где смещается фокус на согласованность приоритетов и инструментов воздействия, что позволяет более

корректно и комплексно решать проблемы в управлении повышения эффективности функционирования геотехнологического комплекса и снижения себестоимости горнотранспортных работ. В свою очередь выше перечисленные аспекты позволяют говорить о сформировании целого кластера (субъектов процессного подхода) в данном вопросе изучения и с онтологической точки зрения достижение возможностей качественного моделирования процессов управления геотехнологическим комплексом.

Источники

- 1 Дохолян С. В., Петросянц В. З. Реализация процессного подхода к управлению на промышленных предприятиях // Апробация. 2014. № 6. – С. 52-57.
- 2 Каплан А.В., Галиев С.Ж. Процессное управление горнотранспортным комплексом в карьере на основе экономических критериев/ Горный журнал, №6 (2239), 2017.- М:-2017.С28-33.
- 3 Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Сейтаев Е.Н., Утешов Е.Н. О единой методологии управления геотехнологическим комплексом на открытых горных работах/ Горный журнал, №12 (2239), 2017.-М: -2019.-С.70-75.
- 4 Галиев С.Ж., Саменов Г.К. Автоматизированная система корпоративного управления геотехнологическим комплексом/ Сборник докладов и каталог VII Межотраслевой конференции «Автоматизация производства - 2016», 29 ноября 2016 г. -М.-2016.- С.38-41.
- 5 Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Текенова А.Т., Аксаналиев Н.Е., О.Г. Хайитов Энергоэффективность и экологичность функционирования геотехнологических комплексов на карьерах: направления и способы управления./ Журнал «Известия НАН РК Серия геологии и технических наук», №4 (460) Июль-Август 2023.-С.226-1238. ISSN 2224-5278 ISSN 2518-170X (Online). Q4 индексируется в Elsevier «SCOPUS».

Методическое обеспечение управления геотехнологическими комплексами на открытых разработках с учётом ESG требований

Галиев С.Ж.¹, Утешов Е.Т.¹, Галиев Д.А.¹, Текенова А.Т.^{1,2}

(¹Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ИГД им. Д.А. Кунаева», г. Алматы, Казахстан,

*²Казахский технический университет им. К.И.Сатпаева Satbayev University,
г. Алматы, Казахстан)*

Гармонизация неизбежно занимает всё большее место в жизни общества. Данный процесс характерен и относительно такой экономической важной, но являющейся одним из основных секторов экономики, связанных с загрязнением окружающей среды. В этом плане управление геотехнологическими комплексами на открытых разработках требует комплексного подхода, учитывающего экологические, социальные и управленческие (в том числе и ESG) факторы. Внедрение ESG-принципов в управлении геотехнологиями позволяет повысить эффективность, снизить риски и обеспечить устойчивое развитие горнодобывающей отрасли. Однако к этому можно прийти только через интеграцию.

В целом методическое обеспечение предполагает решение целого комплекса сложных задач.

1. Определение целей и принципов ESG в сочетании с решаемыми технико-экономическими вопросами: экологические (Environmental) - снижение воздействия на окружающую среду (выбросы, сточные воды, отходы), оптимизация использования природных ресурсов (вода, энергия), сохранение биоразнообразия и ландшафтов; социальные (Social) - обеспечение безопасных и здоровых условий труда, поддержка местного сообщества (социальные инвестиции, развитие инфраструктуры), уважение к культурным ценностям и традициям; управленческие (Governance) - прозрачность и подотчетность в управлении, эффективное управление рисками и конфликтами интересов; соблюдение этических норм и принципов устойчивого развития.

2. Разработка и внедрение системы управления с учётом ESG факторов:

- политика ESG, обуславливающая формулировку четких целей и принципов ESG, отражающих обязательства компании;

- разработка процедур и инструкций для реализации ESG-принципов в различных аспектах деятельности, включая: планирование и проектирование геотехнологических комплексов, эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования, управление отходами и сточными водами, обеспечение безопасности труда, взаимодействие с местным сообществом;

- регулярный мониторинг и оценка показателей ESG для отслеживания прогресса и выявления проблемных областей;

- отчётность, предполагающая публикацию отчетов о деятельности компании в области ESG, демонстрирующих прозрачность и подотчетность.

3. Интеграция ESG в геотехнологические процессы:

- планирование и проектирование, связанные с учётом ESG-факторов при выборе оборудования, технологий и материалов;

- эксплуатация, предполагающая оптимизацию использования ресурсов, минимизация выбросов и отходов, внедрение систем автоматизации и мониторинга.

- техническое обслуживание, сопровождающееся регулярными проверками и техническим обслуживанием оборудования для повышения его эффективности и безопасности;

- управление отходами - сортировка, переработка и утилизация отходов, минимизация захоронения;

- водопользование - эффективное использование и охрану водных ресурсов, минимизацию сброса сточных вод;

- безопасность труда, включая обеспечение безопасных условий труда, обучение сотрудников правилам охраны труда.

- взаимодействие с местным сообществом – ведение диалога с местным сообществом, информирование о деятельности компании, участие в социальных проектах.

4. Применение цифровых технологий:

- системы геоинформационного моделирования (ГИС), обеспечивающие моделирование и анализ воздействия геотехнологических комплексов на окружающую среду;

- системы управления данными (СУБД), включающими сбор, обработку и анализ данных о показателях ESG.

- системы мониторинга и контроля выбросов, отходов, сточных вод, уровня шума и вибрации;

- системы дистанционного зондирования, имеющие целью мониторинг состояния окружающей среды и геологических объектов.

5. Подготовка кадров:

- обучение сотрудников, предполагающее проведение обучающих программ по принципам ESG, экологической безопасности, охране труда и взаимодействию с местным сообществом.

- повышение квалификации, связанное с предоставлением возможности сотрудникам повышать свою квалификацию в области ESG.

В рамках решения первой задачи необходима интеграция методологии реализации ESG-стандартов с уже сложившимся на сегодня методическим обеспечением управления геотехнологическими комплексами, предполагающими акцент на решении комплекса технико-экономических задач. Вторым этапом следует корректировать систему оперативного управления геотехнологическими комплексами, учитывающую в оперативном режиме ESG-требования. В этом направлении одной из первоочередных задач видится адекватная интеграция методологии проведения комплексного технико-технологического аудита.

На третьем этапе необходимо корректировать методологию и соответствующее программно-информационное обеспечение проектирования и планирования работы геотехнологических комплексов, с внесением соответствующих изменений не только в порядок расчётов их рабочих параметров, но и в систему критериальных показателей.

В соответствии с принятой методологией управления геотехнологическими комплексами на открытых разработках, в рамках четвёртой задачи, решаются вопросы соответствующей цифровизации и информационного обеспечения, обеспечивающих в оперативном режиме решение управленческих задач, связанных с нормированием, регулированием, стимулированием, планированием, организацией, учётом и контролем.

Практически все решаемые задачи связаны с решением последней, требующей соответствующей подготовки не только инженерно-технического кадрового потенциала, но и научно-исследовательского.

В заключение необходимо отметить, что внедрение ESG-принципов в управление геотехнологическими комплексами на открытых разработках является важным шагом к устойчивому развитию горнодобывающей отрасли. Методическое обеспечение, описанное выше, поможет компаниям эффективно интегрировать ESG в свою деятельность, повысить свою конкурентоспособность и обеспечить долгосрочную устойчивость бизнеса.

Источники

- 1 Отчет ТОО «Комаровское горное предприятие», «Методическое обеспечение оценки влияния буровзрывных работ на эффективность функционирования горнотранспортного комплекса Комаровского горного предприятия на 29.12.2023». – 162 с.
- 2 Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Сейтаев Е.Н., Утешов Е.Н. О единой методологии управления геотехнологическим комплексом на открытых горных работах/ Горный журнал, №12. – 2019. – С.70-75.
- 3 Глобальный опрос инвесторов. Экономические реалии ESG. / PwC. 2022. – С. 2. <https://www.pwc.com/kz/en/assets/pdf/global-investor-survey.pdf> (дата обращения - 3.04.2022).

О новом подходе к выбору горнотранспортного оборудования экскаваторно-автомобильных комплексов в условиях повышенной конкурентоспособности

Глебов А.В.¹, Репин Л.А.²

*(¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного
дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН),
г. Екатеринбург, Россия, ²ООО «Промтранс», г. Екатеринбург, Россия)*

В настоящее время мировые производители горнотранспортного оборудования находятся в условиях "жесткой" борьбы за потребителя, на рынке представлено множество различных производителей горнотранспортного оборудования. Санкционная политика привела к значительному расширению рынка карьерной техники за счет азиатского региона. Сегодня в мире насчитывается более 20 крупнейших фирм-производителей карьерных автосамосвалов и экскаваторов (табл.).

Например, количество базовых моделей карьерных автосамосвалов одного класса грузоподъемности разных фирм-производителей варьируется от 1 до 13 ед., а количество их модификаций от 1 до 26 ед. На открытых горных работах широко стали применяться шарнирно-сочлененные автосамосвалы (ШСС), которые вполне могут составить конкуренцию карьерным автосамосвалам при формировании ЭАК, особенно при отработке глубоких карьеров, глубиной свыше 500 м. Количество базовых моделей таких машин одного класса грузоподъемности на Российском рынке достигает 13 ед. Количество модификаций автосамосвалов одного класса по грузоподъемность основных фирм производителей достигает 32 ед.

Количество моделей гидравлических экскаваторов с эксплуатационной массой свыше 100 т, одного класса полезной весовой нагрузки, колеблется от 1 до 10 ед., а их модификаций от 1 до 23 ед. Количество моделей электрических экскаваторов с канатным напором эксплуатационной массой свыше 8 т изменяется от 2 до 9 ед., а их модификаций – от 2 до 11 ед. Стоит отметить, что к освоению производства гидравлических экскаваторов вплотную подошли BELAZ и ПАО «Уралмашзавод», выпустив экскаваторы ВХ20012 с емкостью ковша 12 м³ массой 200 т и УГЭ-300 с емкостью ковша 16 м³ массой 300 т.

Актуальной практической проблемой является снижение конкурентоспособности горнодобывающих предприятий, вследствие закономерного роста затрат на экскавацию и транспортирование горной массы, усугубляющегося возникновением несоответствия параметров экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК) и горнотехнической системы карьера, изменяющегося и накапливающегося по мере развития горных работ. Формирование ЭАК в условиях повышенной конкуренции во взаимосвязи с развитием карьерного пространства с целью исключения их взаимного несоответствия, возникающего при изменении природных, горнотехнических, организационных и экономических условий при разработке крутопадающих глубокозалегающих рудных месторождений является актуальной научной задачей.

Целью данного исследования является обоснование необходимости совершенствования методики формирования ЭАК в условиях повышенной конкуренции во взаимосвязи с развитием карьерного пространства.

Проблема выбора горнотранспортного оборудования, периодически активно анализируется в научно-технической литературе.

Таблица 1 – Ведущие мировые производители горнотранспортного оборудования, представленного на Российском рынке*

Производитель	ЭГ	ЭКГ	КА	ШСС
ООО «ИЗ-КАРТЕКС им. П.Г. Коробкова» (Россия)	–	+	–	–
ПАО «Уралмашзавод» (Россия)	+	+	–	–
BELAZ (Беларусь)	+	–	+	+
HIТАСHI (Япония)	+	+	+	
CATERPILLAR (США)	+	+	+	+
LIЕBHERR (Германия)	+	–	+	+
SANY (Китай)	+	–	+	–
NHL-TEREX (Inner Mongolia North Hauler, Китай)	–	–	+	–
KOMATSU (Япония, включая Joy Global Inc., США)	+	+	+	+
BONNY (Sichuan Bonny Heavy Machinery Co., Ltd., Китай)	+	–	–	–
TYHI (Taiyuan Heavy Industry Co., Ltd, Китай)	–	+	–	–
XCMG (Китай)	+	–	+	+
BEML (Bharat Earth Movers Ltd., Индия)	+	–	+	–
VOLVO (Швеция)	+	–	+	+
ROKBAK (бывший Terex Trucks)	–	–	–	+
LGMG (Linyi Lingong Machinery Group, Китай)	+	–	+	–
BELL (Bell Equipment, ЮАР; Россия)	–	–	–	+
PENGXIANG (Shandong Pengxiang Automobile Co., Ltd., Китай)	–	–	+	–
HYUNDAI (Hyundai Heavy Industries Co, Ltd., Северная Корея)	–	–	–	+
DOOSAN	–	–	–	+
ТОНАР (Россия)	–	–	–	+
КАМАЗ (Россия)	–	–	–	+

* ЭГ – экскаватор карьерный гусеничный с гидравлическим механизмом подъема;

ЭКГ – экскаватор карьерный гусеничный с канатным механизмом подъема;

КА – карьерный автосамосвал с жесткой рамой и колесной формулой 4×4;

ШСС – самосвал с шарнирно-сочлененной рамой и колесной формулой 6×6.

Сравнительный анализ применяемых методов оценки уровня качества и выбора горно-транспортных машин показал, что выбор конкретной модели оборудования для ЭАК должен осуществляться на основе научно обоснованной методики определения уровня её потребительских качеств, являющегося интегральным показателем, учитывающим техническое совершенство конструкции автосамосвалов и экскаваторов, эффективность системы сервисного обслуживания в течение всего срока их эксплуатации, степень пригодности к горно-техническим условиям конкретного карьера и возможность достижения высоких технико-экономических показателей при работе в карьере или разрезе.

С точки зрения потребителя основную роль, при выборе нового горнотранспортного оборудования, играет показатель конкурентоспособности, включающий в себя два основных компонента: качество объекта и издержки потребления.

Количественная мера качества горнотранспортного оборудования определяется уровнем потребительских качеств (УПК), то есть степенью соответствия требованиям потребителя, который должен отражать достигнутый уровень технического совершенства, эффективность системы сервисного, технического обслуживания и ремонта, а также пригодность выбранного оборудования к конкретным условиям эксплуатации и эффективность его использования в этих условиях.

Оценка конкурентоспособности ЭАК включает в себя сравнительный анализ между различными моделями экскаваторов и карьерных автосамосвалов. Для этого проводятся исследования, анализируются технические характеристики и эксплуатационные показатели. Также учитываются экономические факторы, такие как стоимость приобретения, затраты на обслуживание и ремонт, а также совокупная стоимость владения в течение всего срока эксплуатации.

Инновационный подход к прогнозу гидрогеомеханических процессов при подработке водных объектов – основа безопасности при освоении недр

*Милетенко Н.А.
(ИПКОН РАН, г. Москва, Россия)*

Особенности современного подхода к обеспечению эффективного освоения недр Земли предполагает новый подход к производству, основанный на массовом внедрении информационных технологий в промышленность, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта. Четвертая промышленная революция, очевидно, должна обеспечить повышение производительности, большую безопасность работников за счет сокращения рабочих мест в опасных условиях труда, повышение конкурентоспособности, принципиально новые продукты и многое другое. Однако, увеличение скоростей и мощностей при освоении земных недр влечет за собой вероятность повышения рисков, связанную с возникновением аварийных ситуаций. Особого внимания в этой связи требуют вопросы безопасности при освоении недр вблизи водных объектов, так как вода в силу своих особых свойств является объектом, требующим сохранности как жизненно важное вещество, и в то же время вода при определенных условиях может служить инструментом разрушения массива пород и создания аварийных ситуаций на горных предприятиях.

При освоении недр в зону влияния горных работ часто попадает большое количество объектов, составляющих важные ресурсы горнодобывающих регионов. К этим ресурсам относятся реки, пахотные земли, инженерные сооружения, городские постройки, коммуникации, другие природные и искусственные объекты. Недостаточно обоснованная разработка месторождения нередко ведет к негативным экологическим и социальным последствиям, а также к убыткам, сопоставимым с экономической выгодой от разработки.

При этом, разработка полезных ископаемых часто связана с негативным воздействием наземных и подземных вод на безопасность и технологию добычи. К настоящему времени разработаны методики прогноза изменения гидрогеологической обстановки при разработке месторождений, определения техногенного режима движения подземных вод, формирования системы мониторинга за гидрогеологическими процессами и предупреждения вредных и опасных последствий этих процессов. Но время не стоит на месте, происходят значимые изменения: усложняются условия разработки месторождений, становятся все более острыми вопросы экологии, обеспечения безопасности жизни горняков на добывающих предприятиях - все это и ряд других факторов приводят к необходимости решать задачи по обеспечению безопасного освоения георесурсов вблизи водных объектов на современном этапе на новом уровне. Это является основанием для разработки новых подходов и методов исследований, в том числе, на основе современных достижений из других научных дисциплин в области наук о Земле, физики, материаловедения, математики, в сочетании с эффективными инженерными методами.

Важной особенностью горнопромышленной гидрогеологии является рассмотрение фактора техногенных водопроводящих трещин. На современном этапе ученые-геомеханики в одном случае рассматривают водопроводящие трещины, которые образовались за счет действия напряжений в массиве пород, в другом случае рассматривают техногенные трещины, развитие которых определяется, главным образом, гидростатическим давлением воды. В первом случае водопроводящие

трещины служат для перетока воды, во втором – трещины, не только являются каналами для воды, но и активно влияют на напряженное состояние массива пород.

Образование наведенных водопроводящих трещин кардинально изменяет гидрогеологическую обстановку в районе добычи, поскольку эти трещины не только представляют опасность в связи с затоплением выработок, но они могут служить каналами для миграции природных минерализованных шахтных вод на горизонты питьевой воды, тем самым предопределяя необратимое загрязнение воды. Образование водопроводящих трещин, как правило, переводит контролируемую гидрогеологическую обстановку в режим неконтролируемой.

Таким образом, для более адекватного прогноза гидрогеологической обстановки при добыче твердых полезных ископаемых и предотвращения опасных последствий необходимо рассматривать гидрогеодинамические процессы не только в совокупности с деформационными процессами, происходящими в массиве горных пород, но и с многоаспектными процессами разрушения массива пород.

Одно из направлений современных исследований на стыке гидрогеологии и геомеханики связано с разработкой инженерных методов прогноза взаимодействия гидрогеологических и деформационных процессов. Помимо инженерных методов для изучения взаимодействия геомеханических и гидрогеологических процессов при подработке массива горных пород разрабатываются методы математического моделирования. Эти методы, ориентированные на использование современных компьютерных программ, позволяют использовать разработки из других научных дисциплин и могут служить основой для междисциплинарных исследований. В частности, в наших исследованиях использовалась математическая теория трещин и теории фильтрации.

Эффективно решить поставленную задачу также можно применением математической модели развития трещины самопроизвольного гидроразрыва. Возможность развития этих трещин определяется двумя условиями: локальным условием (растягивающее напряжение вблизи кончика трещины должно превышать критическое значение) и интегральным условием (трещина должна быть раскрыта по всей длине). Последнее условие связано с проникновением воды в трещину и поддержанием определенного гидростатического давления воды в трещине. Траектория развития трещины не является прямолинейной, она определяется техногенными напряжениями, которые изменяются по мере увеличения пролета выработанного пространства. Геодинамическим условием развития протяженной трещины гидроразрыва является отсутствие в массиве пород высоких горизонтальных (тектонических) напряжений. Как правило, это условие выполняется для осадочных пород на небольших глубинах. Геомеханические условия развития трещин самопроизвольного гидроразрыва зависят от многих факторов. Одним из наиболее значимых факторов является низкая эффективная трещиностойкость пород и возможные природные нарушения сплошности налегающего массива пород. Таким образом, открытая трещина гидроразрыва может прорасти из водоема на поверхности в лаву лишь при стечении определенных обстоятельств.

Таким образом, прогноз взаимодействия гидрогеологических и геомеханических процессов может выполняться на основе деформационного подхода и на основе моделирования напряженного состояния массива и теории трещин. Эти подходы дополняют друг друга. В деформационном подходе исследование взаимодействия геомеханических и гидрогеологических процессов базируется на статистически обработанном материале многочисленных натуральных наблюдений и позволяет интегрально отразить сложное строение реального массива горных пород. Этот подход при соответствующей доработке может быть основой для учета различных особенностей деформации подработанного массива, в частности локализации деформаций. С помощью деформационного подхода и полученных на его основе

расчетных формул можно провести необходимые оценки достаточно быстро. Вместе с тем геомониторинг деформационных процессов в массиве пород может быть эффективным инструментальным средством контроля взаимодействия геомеханических и гидрогеологических процессов на практике.

Источники

- 1 Иофис М.А., Милетенко Н.А., Федоров Е.В. Рекультивация земной поверхности при подработке реки. В сб. Решение экологических и технологических проблем горного дела на территории России, ближнего и дальнего зарубежья. Москва, ВНИИПромтехнологии, 2019. С. 106-109
- 2 Иофис М.А., Одинцев В.Н., Блохин Д.И., Шейнин В.И. Экспериментальное выявление пространственной периодичности наведенных деформаций массива горных пород Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2007. № 2. С. 21-27.
- 3 Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А. Проблемы прогноза гидрогеомеханических процессов при подработке водных объектов. Горный журнал, №3, 2021. с.73-79
- 4 Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А. Охрана водных ресурсов при освоении недр – стратегически важная задача. Инновационные технологии в геопропространственной цифровой инженерии. Алматы: КазННТУ, 2022.- 680 с. – Англ., каз., рус., ISBN 978-601-323-277-5. С. 151-157

Диагностика циклических короткопериодных движений массива горных пород месторождений Донского ГОКа

Панжин А.А.

(ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия)

Аннотация. Рассмотрена задача диагностики циклических короткопериодных движений массива горных пород месторождения «Алмаз-Жемчужина» Донского ГОКа под воздействием современных геодинамических движений с целью выделения активных тектонических структур и геоблоков. В качестве исходной информации для оценки параметров и закономерностей распределения короткопериодных циклических движений предлагается использовать результаты наблюдений за современными геодинамическими движениями, выполненными на геодезических знаках технологиями спутниковой геодезии GPS/ГЛОНАСС. Предложенные в работе научный подход и методические положения применения результатов исследования величин цикловых короткопериодных геодинамических движений позволяют выявить участки массива горных пород, с высокими значениями деформаций, на основе которых районировать исследуемую территорию по уровню их проявления.

Ключевые слова: Напряженно-деформированное состояние, векторы сдвижений, тензор деформаций, современные геодинамические движения, мониторинг, районирование.

Key words: Stress-strain state, displacement vectors, strain tensor, modern geodynamic movements, monitoring, zoning.

Задачей исследования являлась диагностика циклических короткопериодных движений массива горных пород месторождения «Алмаз-Жемчужина» Донского ГОКа под воздействием современных геодинамических движений с целью выделения активных тектонических структур и геоблоков.

Ранее экспериментальными исследованиями ИГД УрО РАН установлено, что современная геодинамическая активность характеризуется не только движениями трендового, но и циклического короткопериодного характера [1]. Такие движения носят полигармонический характер и слагаются из многочисленных знакопеременных движений с разными частотами и амплитудами перемещения в циклах при взаимных подвижках соседних структурных блоков массива горных пород с непостоянными скоростью и направлением в течение коротких промежутков времени. Современные геодинамические движения могут иметь как естественную природу, обусловленную тектоническими подвижками по границам структурных блоков, так и техногенную, обусловленную перераспределением напряжений и деформаций в породном массиве под воздействием горных работ, откачки подземных вод и других факторов. Зафиксированные инструментальными методами величины трендовых смещений составляют от 0,5 мм/год для имеющих естественную природу, до 200 мм/год для техногенных [2]. Короткопериодные циклические геодинамические движения представляют собой полигармонические движения, имеющие широкий спектр частот и амплитуду возвратных движений. Продолжительность циклов изменяется от нескольких секунд, часа, полутора часов и до нескольких месяцев [3].

В целях определения параметров циклических короткопериодных геодинамических движений измерения осуществляются в виде непрерывного мониторинга комплексами спутниковой геодезии за системой пунктов в течение нескольких часов, а в некоторых случаях, для уточнения параметров, связанных, например, с лунно-солнечными

приливами, нескольких суток. Измерениями фиксируются изменение пространственных координат пунктов и их компонент мониторинговой сети по методике, изложенной в [4].

Непрерывные наблюдения дискретизируются на нужные интервалы времени, за продолжительность которых и определяются средние значения приращений координат. Интервал дискретизации может составлять от нескольких секунд до нескольких десятков минут. От длительности интервала зависит предел фиксируемых частот циклических движений. Чем меньше интервал, тем больше частоты циклов фиксируются измерениями. Непрерывный мониторинг комплексами спутниковой геодезии обеспечивает получение приращений всех трех координат точки стояния прибора в заданный момент времени.

Для определения частот и амплитуд короткопериодных колебаний породного массива были использованы и заново обработаны исходные данные серии натуральных наблюдений, выполненных ранее [5]. Схема измерений приведена на рисунке 1, экспериментальный участок расположен к западу от горизонтальной проекции месторождения «Алмаз-Жемчужина».

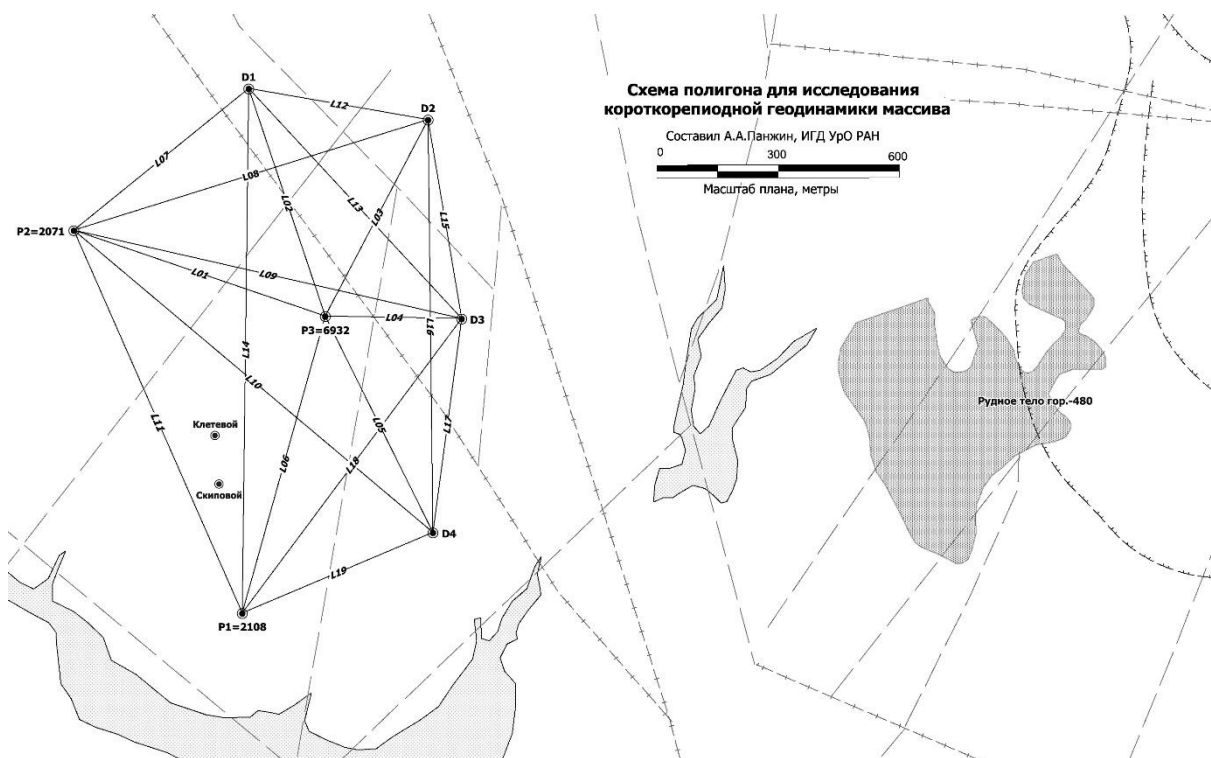


Рисунок 1 – Схема полигона для исследования циклической короткопериодной геодинамики массива

Для камеральной обработки полевых наблюдений использовался пакет Waypoint GrafNet/GrafNav, поддерживающий мощные возможности по вычислению кинематических траекторий, в том числе не только от одиночных базовых станций, но и для мультибазовой обработки данных, что многократно повышает надежность и точность спутниковых геодезических определений.

При этом выполнялось переформатирование исходных файлов данных формата RINEX путем физической расстановки в них меток начала и окончания дискретных интервалов. Выбор данного программного обеспечения обусловлен тем, что используемый в работе [5] модуль Motion Tracker фирменного обеспечения Trimble Total Control в результате расчетов дает завышенные амплитуды компонент короткопериодной геодинамики, при этом не позволяя четко выделить направления их

действия вследствие значительного уменьшения эллиптичности азимут-диаграммы их распределения [6].

В результате предварительной группировки данных было выделено 19 линий, по которым определялись компоненты короткопериодных движений (север-юг, запад-восток, превышения).

Обработка выполнялась в трех вариантах:

- вариант №1 – измерения с интервалом 10 минут;
- вариант №2 – измерения с интервалом 5 минут;
- вариант №3 – измерения с наложенным интервалом.

Для каждой линии оценивались среднеквадратичные отклонения (СКО), по величине которых делались выводы о точности определения компонент короткопериодных движений (рисунок 2). В случае, если амплитуда смещений превышала значение СКО 3σ , делался вывод о достоверном наличии короткопериодных движений интервала. В случае, если амплитуда смещений сопоставима со значением СКО 3σ , делался вывод о возможном наличии короткопериодных движений интервала.

Линия	Кол-во измер.	Длина линии, м	Азимут линии, град		Амплитуды смещений, мм					СКО 3σ , мм		
			Прямой	Обратный	ΔX , СЮ	ΔY , ЗВ	ΔH	2D	3D	Гориз.	Верт.	3D
L01	103	656.2	289.0	109.0	1.3	1.7	1.8	2.1	2.8	0.60	0.60	0.85
L02	101	590.5	341.0	161.0	0.6	0.5	0.3	0.8	0.8	0.89	0.60	1.08
L03	99	545.4	28.0	208.0	0.7	0.5	0.4	0.9	0.9	0.89	0.60	1.08
L04	97	335.8	91.0	271.0	0.4	0.3	0.4	0.5	0.6	0.89	0.60	1.08
L05	93	595.0	153.0	333.0	1.4	1.2	1.4	1.8	2.3	0.68	0.60	0.90
L06	90	758.7	196.0	16.0	0.6	0.9	0.6	1.1	1.2	0.90	0.60	1.08
L07	102	553.9	51.0	231.0	0.4	0.4	0.2	0.6	0.6	0.89	0.60	1.08
L08	100	915.1	73.0	253.0	0.3	0.4	0.3	0.5	0.6	0.89	0.60	1.08
L09	97	981.6	103.0	283.0	0.6	0.4	0.2	0.7	0.7	0.90	0.60	1.08
L10	93	1157.5	130.0	310.0	0.7	0.7	1.1	1.0	1.5	0.89	0.60	1.07
L11	90	1030.3	156.0	336.0	0.4	0.8	1.0	0.9	1.3	0.90	0.60	1.08
L12	101	449.0	100.0	280.0	0.3	0.4	0.2	0.5	0.5	0.90	0.60	1.08
L13	97	772.4	137.0	317.0	0.3	0.5	0.1	0.6	0.6	0.90	0.60	1.08
L14	90	1289.9	181.0	1.0	0.3	0.5	0.4	0.6	0.7	0.90	0.60	1.08
L15	97	497.2	170.0	350.0	0.4	0.3	0.2	0.5	0.5	0.90	0.60	1.08
L16	93	1015.8	179.0	359.0	0.3	0.6	0.3	0.7	0.7	0.90	0.60	1.08
L17	93	530.3	189.0	9.0	0.2	0.4	0.3	0.4	0.5	0.90	0.60	1.08
L18	90	903.3	217.0	37.0	0.4	0.6	0.2	0.7	0.7	0.90	0.60	1.08
L19	90	510.2	247.0	67.0	0.8	1.9	1.6	2.1	2.6	0.88	0.60	1.06

- Амплитуды, значительно превышающие значение СКО 3σ , мм

- Амплитуды, сопоставимые со средним значением СКО 3σ , мм

Рисунок 2 – Амплитуды циклических короткопериодных движений

В ходе исследований, по всем трем вариантам камеральной обработки получены идентичные варианты, при этом для дальнейшего анализа предпочтительно использовать результаты по варианту №3 (дискретные измерения с наложенным интервалом). Как показано в работе [7], данный вариант обработки данных при геодезическом мониторинге динамических объектов является наиболее предпочтительным.

Для оценки анизотропии короткопериодных движений массива, по результатам измерений была построена азимут-диаграмма их амплитуд (рисунок 3), на которой видно, что в основном циклические короткопериодные движения на исследуемом участке распределены неравномерно.

Выделяются три основных направления:

- диагональное, L19, азимутом 67° (247°), $\varepsilon = 4,0 \cdot 10^{-6}$;

- субширотное, L01, азимутом 109° (289°), $\varepsilon = 3,3 \cdot 10^{-6}$;
- диагональное, L05, азимутом 153° (333°), $\varepsilon = 3,1 \cdot 10^{-6}$.

Остальные направления на диаграмме не проявляются, либо носят близкий к фоновому характер.

При этом, с одной стороны, зафиксированные короткопериодные циклические геодинамические движения, хотя и имеют сравнительно невысокие амплитуды, приводят к формированию усталостных эффектов в конструкциях и материалах, «расшатыванию» массива горных пород, в том числе к формированию новых вскрытию «залеченных» водопроводящих коллекторов, к изменению прочностных свойств грунтов, находящихся в основании инженерных сооружений, проявлению эффекта тиксотропии и проч. С другой стороны, в виде короткопериодных циклических геодинамических движений происходит разгрузка массива горных пород, при этом происходит снижение уровня напряженно-деформированного состояния, в частности его трендовой составляющей, препятствуя его проявлению в форме динамических событий.

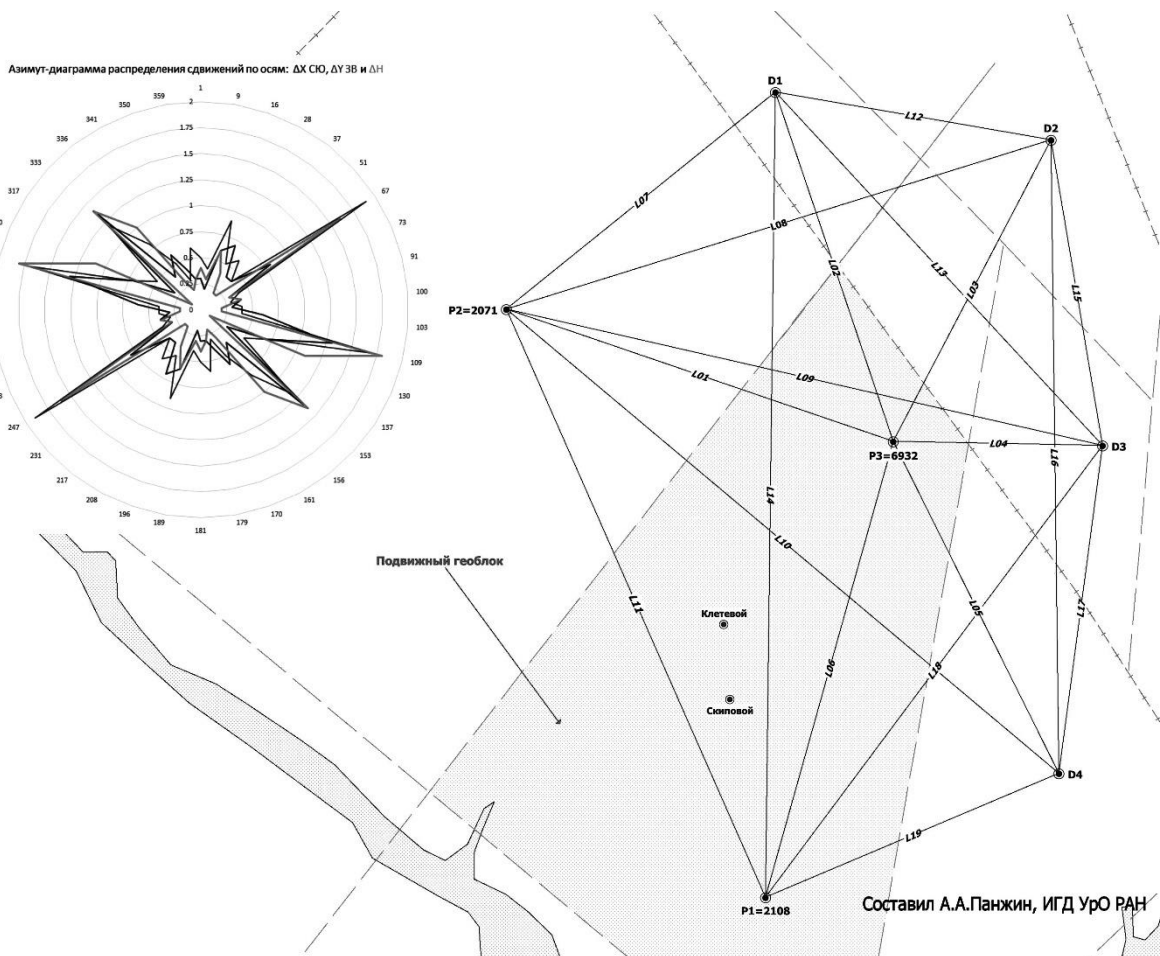


Рисунок 3 – Схема к выделению подвижного геоблока в районе площадки 5КС

Необходимо отметить, что приведенный способ реализации циклических короткопериодных деформаций зафиксирован при выполнении только одной серии диагностики геодинамической активности массива, и скорее всего, не будет постоянным во времени. В связи с постоянно протекающими в реальном массиве горных пород явлениями деструкции и самоорганизации [8], при формировании консолидированных геоблоков, неизменно будет меняться и характер межблочного взаимодействия.

Таким образом, в результате исследования современной геодинамической активности циклического характера установлено:

- исследуемой территории, в районе горизонтальной проекции месторождения «Алмаз-Жемчужина», в частности, ее западной части, в районе площадки 5КС, присущ невысокий уровень геодинамической активности, обусловленный современными геодинамическими движениями циклического характера. Зафиксированные величины горизонтальных деформаций находятся в пределах до $4,0 \cdot 10^{-6}$, однако это не исключает вероятности как их роста, так и снижения в перспективе;

- зафиксированные короткопериодные циклические геодинамические движения, хотя и имеют сравнительно невысокие амплитуды, могут привести к формированию усталостных эффектов в конструкциях и материалах, «расшатыванию» массива горных пород, в том числе к формированию новых вскрытию «залеченных» водопроводящих коллекторов.

- анизотропия поля короткопериодных движений достаточно сильно выражена, в настоящий момент времени движения реализуются по трем основным направлениям, в дальнейшем, возможно изменение характера деформационных процессов, вызванное протекающими в массиве горных пород явлениями деструкции и самоорганизации.

- установлено, что в настоящее время территория площадки 5КС на которой размещены стволы, вскрывающие месторождение, является активным в геодинамическом отношении геоблоком по фактору короткопериодных движений. Это также подтверждается результатами исследования трендовых геодинамических движений, в ходе которых зафиксированы растягивающие деформации, которые могут привести к раскрытию трещин и поверхностей ослабления (тектонических нарушений) с образованием водопроводящих коллекторов и поступлению воды в стволы.

Источники

- 1 Сашурин А.Д. Геомеханика в горном деле: фундаментальные и прикладные исследования // Горный журнал. - 2012. - № 1. - С. 29-32.
- 2 Сашурин А.Д. Формирование напряженно-деформированного состояния иерархически блочного массива горных пород // Проблемы недропользования. - 2015. - № 1 (4). С. 38-44.
- 3 Панжин А.А. Пространственно-временной геодинамический мониторинг на объектах недропользования // Горный журнал. - 2012. - № 1. - С. 39-43.
- 4 Панжин А.А. Исследование короткопериодных деформаций разломных зон верхней части земной коры с применением систем спутниковой геодезии // Маркшейдерия и недропользование. - 2003. - № 2. - С. 43-54.
- 5 Проведение геомеханических исследований по определению закономерностей развития напряженно-деформированного состояния приконтурного массива и в бетонной крепи ствола «Скиповой» в процессе начального этапа строительства в интервале до 700 м: отчет о НИР / ИГД УрО РАН: рук. Сашурин А. Д. - Екатеринбург, 2016. - 152 с.
- 6 Panzhin A., Panzhina N. Monitoring of the stress-strain state of open pits' adjacent rock mass // E3S Web of Conferences. – 192. - 04017 (2020). DOI: 10.1051/e3sconf/202019204017
- 7 Фялковский А.Л. Обработка данных при геодезическом мониторинге динамических объектов с использованием ГНСС // Инженерные изыскания. - 2017. - № 9. - С. 42-52.
- 8 Балек А.Е. Явление самоорганизации деформационных полей массивов горных пород и его использование при решении задач геомеханики // Проблемы недропользования. - 2016. - № 4 (11). - С. 90-96.

References

- 1 Sashurin A.D. Geomehanika v gornom dele: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya // Gornyj zhurnal. - 2012. - № 1. - S. 29-32. (in Russ.)
- 2 Sashurin A.D. Formirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojaniya ierarhicheski blochnogo massiva gornyh porod // Problemy nedropol'zovanija. - 2015. - № 1 (4). S. 38-44. (in Russ.)
- 3 Panzhin A.A. Prostranstvenno-vremennoj geodinamicheskij monitoring na ob#ektah nedropol'zovanija // Gornyj zhurnal. - 2012. - № 1. - S. 39-43. (in Russ.)
- 4 Panzhin A.A. Issledovanie korotkoperiodnyh deformacij razlomnyh zon verhnej chasti zemnoj kory s primeneniem sistem sputnikovoj geodezii // Markshejderija i nedropol'zovanie. - 2003. - № 2. - S. 43-54. (in Russ.)
- 5 Provedenie geomehanicheskikh issledovanij po opredeleniju zakonomernostej razvitija naprjazhenno-deformirovannogo sostojaniya prikonturnogo massiva i v betonnoj krepj stvola «Skipovoj» v processe nachal'nogo jetapa stroitel'stva v intervale do 700 m: otchet o NIR / IGD UrO RAN: ruk. Sashurin A. D. - Ekaterinburg, 2016. - 152 s. (in Russ.)
- 6 Panzhin A., Panzhina N. Monitoring of the stress-strain state of open pits' adjacent rock mass // E3S Web of Conferences. – 192. - 04017 (2020). DOI: 10.1051/e3sconf/202019204017
- 7 Fjalkovskij A.L. Obrabotka dannyh pri geodezicheskom monitoringe dinamicheskikh ob#ektov s ispol'zovaniem GNSS // Inzhenernye izyskanija. - 2017. - № 9. - S. 42-52. (in Russ.)
- 8 Balek A.E. Javlenie samoorganizacii deformacionnyh polej massivov gornyh porod i ego ispol'zovanie pri reshenii zadach geomehaniki // Problemy nedropol'zovanija. - 2016. - № 4 (11). - S. 90-96. (in Russ.)

Оценка параметров напряженно-деформированного состояния массива горных пород месторождений Донского ГОКа

Панжин А.А.

(ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия)

Аннотация. Рассмотрена задача оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород месторождения «Алмаз-Жемчужина» Донского ГОКа под воздействием современных геодинамических движений с целью математического моделирования формирования вторичного напряженно-деформированного состояния рудопородного массива при различной последовательности ведения очистных работ. В качестве исходной информации для оценки параметров и закономерностей формирования напряженно-деформированного состояния предлагается использовать результаты наблюдений за современными геодинамическими движениями, выполненными на геодезических знаках технологиями спутниковой геодезии GPS/ГЛОНАСС. Предложенные в работе научный подход и методические положения применения результатов исследования величин трендовых геодинамических движений позволяют определить параметры исходного напряженно-деформированного состояния массива горных пород, на основе которых районировать исследуемую территорию по уровню их проявления.

Ключевые слова: Напряженно-деформированное состояние, векторы сдвижений, тензор деформаций, современные геодинамические движения, мониторинг, районирование.

Key words: Stress-strain state, displacement vectors, strain tensor, modern geodynamic movements, monitoring, zoning.

Задачей исследования являлась оценка напряженно-деформированного состояния массива месторождения «Алмаз-Жемчужина», Донского ГОКа на основе которой выполнено математическое моделирование формирования вторичного напряженно-деформированного состояния рудопородного массива при различной последовательности ведения очистных работ, а также разработка мероприятий, оптимизирующих технологии управления напряженно-деформированным состоянием, устойчивостью выработок и массива горных пород на различных пространственно-временных масштабных уровнях. Месторождение хромитовых руд «Алмаз-Жемчужина» находится на территории республики Казахстан (г. Хромтау), и предполагается к отработке 2-й очередью шахты «Десятилетие независимости Казахстана».

Ранее экспериментальными исследованиями ИГД УрО РАН установлено, что современная геодинамическая активность характеризуется движениями трендового и циклического характера [1]. Трендовые движения происходят в виде взаимных подвижек соседних структурных блоков массива горных пород с относительно постоянными скоростью и направлением в течение продолжительного промежутка времени, сопоставимого со сроком службы объекта. Циклические движения носят полигармонический характер и слагаются из многочисленных знакопеременных движений с разными частотами и амплитудами перемещения в циклах.

Современные геодинамические движения могут иметь как естественную природу, обусловленную тектоническими подвижками по границам структурных блоков, так и техногенную, обусловленную перераспределением напряжений и деформаций в породном массиве под воздействием горных работ, откачки подземных вод и других

факторов. Зафиксированные инструментальными методами величины трендовых смещений составляют от 0,5 мм/год для имеющих естественную природу, до 200 мм/год для техногенных [2]. Короткопериодные циклические геодинимические движения представляют собой полигармонические движения, имеющие широкий спектр частот и амплитуду возвратных движений. Продолжительность циклов изменяется от нескольких секунд, часа, полутора часов и до нескольких месяцев [3].

Измерения по определению компонент трендовой и циклической геодинимической активности производились с использованием комплекса спутниковой геодезии GPS/ГЛОНАСС, позволяющего с высокой точностью определять пространственные координаты точек на земной поверхности.

При исследовании параметров трендовых движений в режиме дифференциальной GPS/ГЛОНАСС изначально определяется вектор – приращение пространственных координат в геоцентрической системе между фазовыми центрами двух и более антенн приемников, отцентрированных над пунктами геодезической сети, координаты которых необходимо переопределить. В дальнейшем, совокупность полученных векторов, образующая пространственную геодезическую сеть, проходит контроль на точность геометрических построений путем определения фактических невязок по замкнутым контурам, и математически строго уравнивается в принятой системе координат – центрируется и ориентируется. При этом определяются современные пространственные координаты пунктов маркшейдерско-геодезической сети, а при их сопоставлении с ранее полученными исходными значениями – определяются геодинимические подвижки, происходящие в массиве горных пород за разные периоды времени.

Для оценки динамики изменчивости напряженно-деформированного состояния массива горных пород были использованы исходные данные замеров современных пространственных координат пунктов полигонометрии на площади 15,4 км², находящиеся в непосредственной близости от проекции рудного тела месторождения «Алмаз-Жемчужина» на земной поверхности (рисунок 1). Полученные исходные данные [4] натуральных GNSS измерений были переобработаны вновь для указанного участка. Для камеральной обработки результатов полевых измерений использовался лицензионный программный комплекс GrafNet/GrafNav, основанной особенностью которого являются функции совместной прямой и обратной обработки базовых линий, использование не только точных эфемерид, но и данных о часах спутника для получения более точных решений.

В результате выполнено полное переопределение координат пунктов полигонометрии, включающее вычисление векторов между центрами геодезической сети и уравнивание сети в местной системе координат. Уравнивание координат пунктов производилось в два этапа. После определения векторов – пространственных приращений координат (векторов) ΔX , ΔY , ΔZ между пунктами геодезических сетей было выполнено уравнивание геодезической сети в Государственной системе координат (СК-42, ЦМ=63) и местной системе координат предприятия, которая является стандартной модификацией системы СК-42. Для перехода от системы WGS-84 к системе СК-42 использовались параметры, рекомендованные ГОСТ Р 51794-2008. При центрировании сети использовался метод наименьших квадратов, поскольку всем пунктам сети присуще современные геодинимические движения, что не позволяет выделить «условно неподвижные» пункты, которые можно принять за опорные.

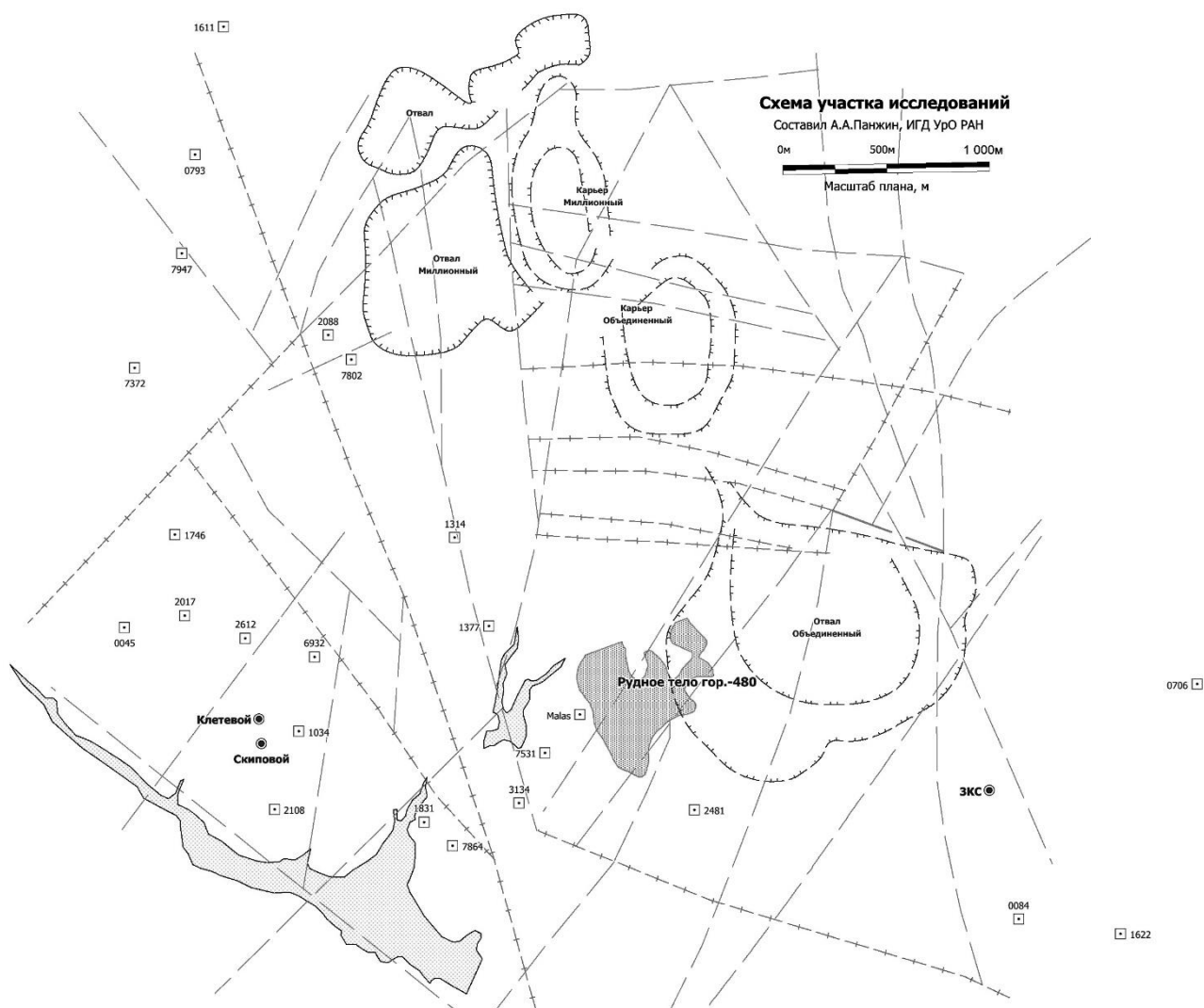


Рисунок 1 – Схема участка исследований и расположения пунктов полигонометрии

Трендовые движения определяются на основе анализа изменений пространственных приращений координат (векторов) ΔX , ΔY , ΔH между пунктами геодезических сетей или реперов наблюдательных станций, выполненными в промежутках между повторными циклами измерений [5]. Сопоставление исходных координат пунктов, определенных в 1985 году, с современными координатами, позволило вычислить сдвиги пунктов в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Также, на данном этапе, для оценки анизотропии исходного напряженно-деформированного состояния массива, по результатам измерений были построены азимут-диаграммы амплитуд горизонтальных сдвижений, и установлено, что в основном сдвиги на исследуемом участке распределены достаточно равномерно, наблюдается небольшая анизотропия в распределении направлений реализации горизонтальных сдвижений, поскольку в широтном направлении их средний уровень выше, наименьший уровень горизонтальных сдвижений был зафиксирован в субмеридиональном направлении.

Полученные в результате инструментальных наблюдений сдвиги пунктов полигонометрии, с использованием математического аппарата механики сплошной среды преобразованы в векторное и тензорное представление деформационного поля с выделением главных компонентов тензора деформаций. Дальнейшие исследования геодинамической активности территории проводились с применением метода

конечных элементов, для этого была проведена разбивка участка на сеть треугольных элементов. Полученная сеть полностью покрывает горизонтальную проекцию месторождения «Алмаз-Жемчужина» и прилегающую территорию на площади 15444,4 тыс.м². В результате построена вычислительная сеть из 1002 узлов, 26 узлов из которых имеют измеренные величины сдвижений. В ходе решения геомеханической задачи методом конечных элементов (МКЭ) для каждой вершины треугольного элемента определены величины и направления сдвижений, а также главные компоненты тензоров деформаций – по математическим осям X (запад-восток), Y (север-юг) и сдвиговые деформации XY, в основном приводящие к реализации подвижек породного массива по поверхностям ослабления (тектоническим нарушениям).

В результате для исследуемой территории, на первом этапе, получено поле векторов горизонтальных сдвижений. В районе месторождения «Алмаз-Жемчужина» величины векторов небольшие, основные геодинамические движения приурочены к краевым областям исследуемого участка – на севере, востоке и юге. Наблюдается вихревой, по часовой стрелке, характер формирования поля сдвижений (рисунок 2). При этом в центральной части, в районе горизонтальной проекции месторождения «Алмаз-Жемчужина», величины векторов сдвижений имеют минимальные значения. Видно, что в центральной части уровень горизонтальных сдвижений гораздо ниже, чем в северной и восточной частях исследуемой территории, величины сдвижений в районе горизонтальной проекции месторождения «Алмаз-Жемчужина» не превышают 40 мм.

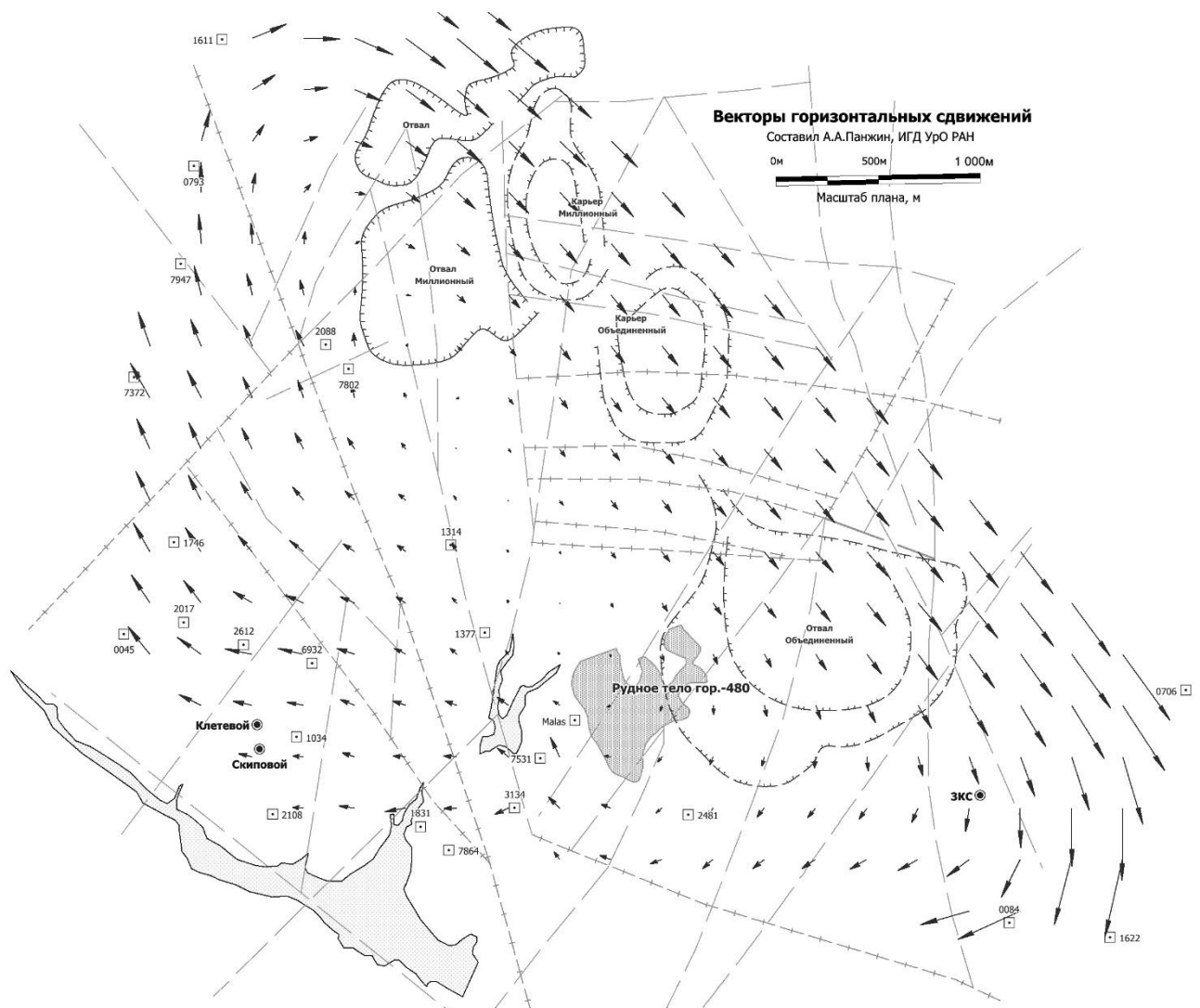


Рисунок 2 – Векторы горизонтальных сдвижений

На втором этапе, по данным геомеханического МКЭ моделирования, построены схемы распределения площадных деформаций:

- поле тензоров горизонтальных деформаций (рисунок 3);
- главные деформации ε_{xx} (запад-восток);
- главные деформации ε_{yy} (север-юг);
- главные деформации ε_{xy} (сдвиговые).

Полученные с помощью геомеханического моделирования данные о распределении поля сдвижения и поля деформаций по исследуемой территории позволяют более четко выделять области концентрации деформаций и области разгрузки (депрессии горного массива) под действием компонент тензора горизонтальных деформаций.

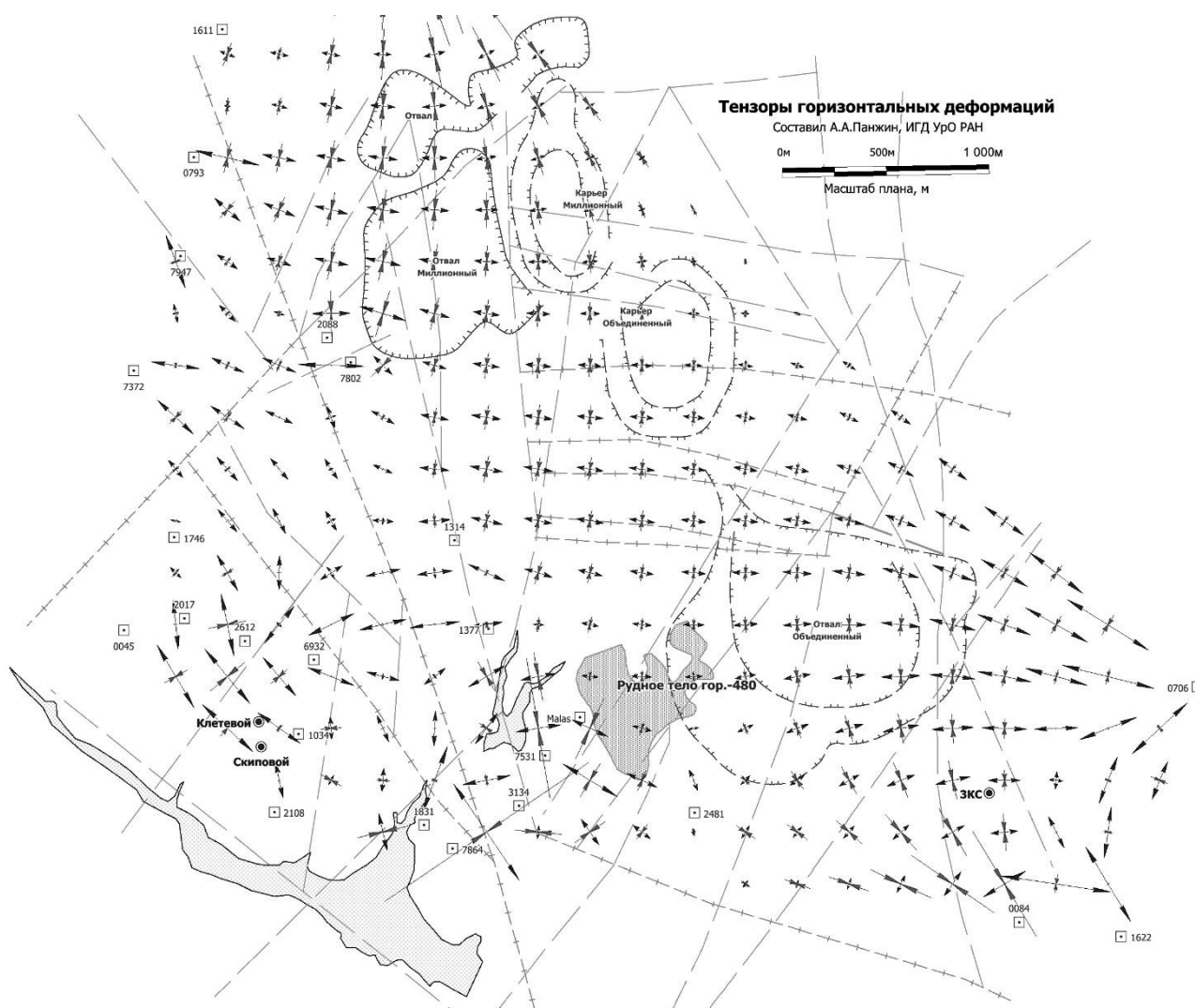


Рисунок 3 – Тензоры горизонтальных деформаций

В целом, распределение тензоров поля деформаций на исследуемой территории мозаичное, присутствуют как деформации сжатия, так и деформации растяжений (депресссионные зоны), в том числе, выделяются области с повышенными деформациями, при этом их максимальные значения не превышают величины $2 \cdot 10^{-4}$. Основные области концентрации деформаций – на севере, западе и востоке исследуемого участка. В западной части растягивающие деформации приурочены к промышленной площадке ЗКС, на которой размещены стволы, вскрывающие

месторождение, и в районе протоки Маласай. Величины деформаций в районе горизонтальной проекции месторождения «Алмаз-Жемчужина» небольшие – порядка $2\text{-}4\cdot 10^{-5}$.

Сдвиговым деформациям массива горных пород, при исследовании напряженно-деформированного состояния, как правило, уделяется большое внимание, поскольку они зачастую приводят к реализации деформаций в виде подвижек породного массива, в том числе внезапных, по поверхностям ослабления (тектоническим нарушениям).

Установлено, что на исследуемой территории области концентрации горизонтальных деформаций ϵ_{xy} (сдвиговые) приурочены:

- к юго-восточной части исследуемой территории (район площадки ЗКС), где зафиксирован градиент деформаций от величины $-2,5\cdot 10^{-4}$ до $+2,0\cdot 10^{-4}$;
- восточному берегу протоки Маласай. На данном участке наблюдаются высокие градиенты деформаций от величины $-2,5\cdot 10^{-4}$ до $+2,0\cdot 10^{-4}$.

Величины деформаций ϵ_{yy} (север-юг) в районе горизонтальной проекции месторождения «Алмаз-Жемчужина» невысокие – порядка $2\text{-}3\cdot 10^{-5}$, тем не менее, в районе западной границы рудного тела наблюдается локальный участок с повышенным ($2,0\cdot 10^{-4}$) уровнем деформаций.

Также, по результатам измерений построено поле дивергенции. Дивергенция является одной из характеристик векторного поля сдвижений, которая позволяет дифференцировать области массива по параметру источников и стоков векторного потока: сходящийся векторный поток формирует области преимущественного объемного сжатия, расходящийся – области депрессии [6]. На исследуемом участке источник деформационного поля находится на северо-западе исследуемого участка, сток – на юго-востоке. Имеется локальная неоднородность в юго-западной части, где озеро Джарлы-Бутак соединяется с протокой Маласай. В целом, источники и стоки деформационного поля, приурочены к уже отмеченным областям концентрации горизонтальных деформаций. Территория в районе горизонтальной проекции месторождения «Алмаз-Жемчужина», по параметру дивергенции в целом является спокойной.

Источники

- 1 Сашурин А.Д. Геомеханика в горном деле: фундаментальные и прикладные исследования // Горный журнал. - 2012. - № 1. - С. 29-32.
- 2 Сашурин А.Д. Формирование напряженно-деформированного состояния иерархически блочного массива горных пород // Проблемы недропользования. - 2015. - № 1 (4). С. 38-44.
- 3 Панжин А.А. Пространственно-временной геодинамический мониторинг на объектах недропользования // Горный журнал. - 2012. - № 1. - С. 39-43.
- 4 Проведение геомеханических исследований по определению закономерностей развития напряженно-деформированного состояния приконтурного массива и в бетонной крепи ствола «Скиповой» в процессе начального этапа строительства в интервале до 700 м: отчет о НИР / ИГД УрО РАН: рук. Сашурин А. Д. - Екатеринбург, 2016. - 152 с.
- 5 Панжин А.А., Ручкин В.И. Диагностика современной геодинамической активности массива на шахтах Донского ГОКа // Маркшейдерия и недропользование. - 2013. - № 6 (68). - С. 32-35.
- 6 Колмогоров В.Г., Мазуров Б.Т., Панжин А.А. Алгоритм оценки дивергенции векторных полей движений земной поверхности по геодезическим данным // Геодезия и картография. - 2018. - Т. 79. - № 10. - С. 46-53.

References

- 1 Sashurin A.D. Geomehanika v gornom dele: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya // Gornyj zhurnal. - 2012. - № 1. - S. 29-32. (in Russ.)
- 2 Sashurin A.D. Formirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojaniya ierarhicheski blochnogo massiva gornyh porod // Problemy nedropol'zovanija. - 2015. - № 1 (4). S. 38-44. (in Russ.)
- 3 Panzhin A.A. Prostranstvenno-vremennoj geodinamicheskij monitoring na ob#ektah nedropol'zovanija // Gornyj zhurnal. - 2012. - № 1. - S. 39-43. (in Russ.)
- 4 Provedenie geomehanicheskikh issledovanij po opredeleniju zakonomernostej razvitija naprjazhenno-deformirovannogo sostojaniya prikonturnogo massiva i v betonnoj krepj stvola «Skipovoj» v processe nachal'nogo jetapa stroitel'stva v intervale do 700 m: otchet o NIR / IGD UrO RAN: ruk. Sashurin A. D. - Ekaterinburg, 2016. - 152 s. (in Russ.)
- 5 Panzhin A.A., Ruchkin V.I. Diagnostika sovremennoj geodinamicheskij aktivnosti massiva na shahtah Donskogo GOKa // Markshejderija i nedropol'zovanie. - 2013. - № 6 (68). - S. 32-35. (in Russ.)
- 6 Kolmogorov V.G., Mazurov B.T., Panzhin A.A. Algoritm ocenki divergencij vektornyh polej dvizhenij zemnoj poverhnosti po geodezicheskim dannym // Geodezija i kartografija. - 2018. - T. 79. - № 10. - S. 46-53. (in Russ.)

Секция 3

Новые технологии добычи и переработки минерального сырья

Темір, никель және кобальт сияқты бағалы металдарды алу үшін қалдықтарды қайта өңдеу

Куандыкова А.Н.^{1,2}, Мамырбаева К.К.², Қали А.Ә.¹

(¹РМК «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы», Алматы, Қазақстан,

² Satbayev University, Алматы, Қазақстан)

Қазіргі таңда бірегей қасиеттері бар никель, түсті металдар мен легіріленген болаттардың қорытпаларын, электрохимиялық процестерді, өнеркәсіптік химикаттарды, катализаторларды, күн батареяларына арналған наноматериалдарды өндіруде көптеген заманауи өнеркәсіптік процестер үшін стратегиялық металл болып табылады. Соңғы уақытта никельге сұраныс әсіресе таза энергетиканы, литий-ионды (Li-ion) аккумуляторларды өндіруге арналған электромобильдерді дамыту саласында өсті. ХЭА (халықаралық энергетикалық агенттік) мәліметтері бойынша, 2050 жылға қарай таза энергетикалық технологиялар үшін металдарға сұраныс 10,8-30,1 есе, ал никельге сұраныс 9,9 - 32,9 есе артады.

Қазақстанда никель және кобальт шикізат ресурстарының едәуір саны бар - әлемдік рейтингте Қазақстан тиісінше 12 және 17- орындарды алады, бірақ кендердегі никель мен кобальт мөлшері басқа елдермен салыстырғанда өте төмен. Сонымен қатар, сульфидті - магнетитті кендерді өңдеу кезінде 2018 жылы тек Соколов-Сарыбай тау-кен байыту өндірістік бірлестігінде (ГӨП) 8 млн.тоннаға жуық байыту қалдықтары түрінде техногендік қалдықтар пайда болды, ал қазіргі уақытта - 40 млн. тоннаға жуық қалдықтар қайта өңдеуге жарамды. Бұл қалдықтар қоймаларында 1,2 мың тоннаға дейін кобальт, 0,5 мың тонна никель, 400 мың тонна темір болуы мүмкін. Соколов-Сарыбай ГӨП ылғал магнитті сепарация (ЫМС) қалдықтары темір, никель және кобальттың құнды көзі болып табылады.

Бағалы металдарды алу үшін қалдықтарды қайта өңдеу өзекті мәселе болып табылады. Қазақстанда электромобильді аккумуляторлар мен арнайы қорытпалар өндіру үшін осы металдарға деген жоғары сұранысқа қарамастан, никель мен кобальт алу үшін қалдықтарды қайта өңдеу нарығы дамымаған. Құрамында никель-кобальт бар кендерді, өнеркәсіптік өнімдерді, кәсіпорындардың қалдықтарын пирометаллургиялық процестермен тікелей өңдеу, олардың құрамында 1% - дан астам никель мен кобальт болған жағдайда ғана тиімді болады. Құрамында қажетті металдар аз болатын темірі бар силикат кендері негізінен гидрометаллургиялық технологиялармен өңделеді. Дегенмен, гидрометаллургиялық технологияларды кеңінен қолдануға кен орнының инфрақұрылымына ірі инвестициялар, реагенттер құнының жоғарылығы және кендерден бағалы металдарды алудың төмендігі кедергі келтіреді. Күрделі төмен сұрыпты никель латерит кендері мен материалдарын үйемелі шаймалау арқылы өңдеу мүмкіндігі өте шектеулі, олардың минералогиялық құрамының күрделілігі және никель мен кобальттың төмен мөлшері, сондай-ақ төмен кеуектілік, үйінділердің өткізгіштігі және құрылымдық тұрақтылық сияқты шешілмейтін геотехникалық және гидрологиялық мәселелер тотыққан никель минералдарын ерітуде біршама қиындықтар туғызады.

Жоғары сапалы латеритті минералдар пиро - және гидрометаллургиялық әдістер арқылы өнеркәсіптік жолмен өңделеді, тиімді әдісті таңдау материалдардың химиялық және минералогиялық құрамына байланысты. Пирометаллургиялық өңдеу әдістері құрамында никель мөлшері 1,5 % - дан жоғары кендер үшін қолданылады. Кендерді кептіру, күйдіру, жоғары температурада тотықсыздандыру және балқыту сияқты белгілі бір энергияны қажет ететін процестермен өңделеді, ал гидрометаллургиялық әдістер

жағдайында минералды қышқылдар, бейорганикалық және органикалық еріткіштер немесе олардың комбинациясы металдарды шаймалау мақсатында кендерді өңдеу үшін қолданылады.

ССГӨП ылғалды магниттік сепарациясынан қалдықтарды байыту нәтижесінде алынған пирит концентраттарын өңдеу үшін алдын ала күйдіру және бағалы компоненттерді шаймалауды қоса алғанда, аралас өңдеу әдісі қолайлы болып табылады. Термодинамикалық талдау көрсеткендей, термиялық өңдеу кезінде (650-700°C) әр түрлі құрамдағы төмен күкіртті темір қосылыстары, сондай-ақ ауыспалы құрамдағы кобальт және никель сульфидтері пайда болуы мүмкін.

Кесте - Пирит концентраттарын 650°C температурада термиялық өңдеуден кейін алынған күйіндінің химиялық құрамы

Өнім	Құрамы, масс. %						
	Fe	Co	Ni	Cu	SiO ₂	Al ₂ O ₃	басқа
Термиялық ыдыраған пирит концентраты	58,4	0,21	0,10	0,15	4,06	0,78	35,9

Химиялық талдау нәтижелері көрсеткендей, темір мөлшері 58,4 %, ал никель мен кобальт мөлшері сәйкесінше 0,10 және 0,21% құрайды. Әрі қарай, ұнтақтаудан кейінгі сынама күкірт қышқылымен шаймаланады.

Күйіндіні күкірт қышқылымен шаймалау кезіндегі зерттеулер бойынша темір, никель және кобальт иондары ерітіндіге ауысатынын көрсетті. Шаймалаудың оңтайлы параметрлері: қышқыл концентрациясы - 100 г/дм³, температура - 100°C, қатты-сұйық қатынасы (Қ:С) - 1:2, шаймалау ұзақтығы - 120 минут. Осы жағдайларда металдардың бөліну дәрежесі: никель – 93,01%, кобальт – 91,49%, темір – 64,46% құрайды. Алынған өнімді ерітіндінің құрамы (г/дм³): темір - 187,81, никель - 0,45, кобальт - 0,48.

Сонымен қатар, рН 0-8 аралығында никель, кобальт және темір сульфидтерінің қоспасынан никель мен кобальттың күкірт қышқылының еруі мүмкін екендігі анықталды.

Achieving uniform carbide grain distribution in fine-grained hard alloys

Sakhova B.T., Terlikbayeva A.Zh., Alimzhanova A.M., Mukhametzhanova A.A.

*(National Center on complex processing of mineral raw materials of
the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan)*

Hard alloys, due to their combination of hardness, wear resistance, and strength, are widely used in industry. Many studies focus on improving their performance characteristics, including through the creation of homogeneous structures and optimal phase compositions. Major issues include the presence of free carbon and the brittle η -phase, which reduce mechanical properties [1]. Contemporary research also explores alloys with nanoscale components, though optimal properties are more often achieved with submicron grain sizes. The homogenization of hard alloys is accelerated by the formation of a liquid phase, and increasing the cobalt content in the WC-TiC-Co system enhances strength [2].

Tungsten carbide and its powder mixtures, such as WC-TiC-Co, have been successfully produced in ultrafine form using planetary centrifugal mills; however, prolonged processing may lead to contamination of the powder with grinding media material. The consolidation of two-carbide alloys is complicated by the incomplete wettability of the carbides and anisotropy. To achieve optimal properties, it is crucial to control the size and shape of the starting particles, as well as the molding and sintering conditions [3]. Technologies have been developed for producing nanopowders of carbides (tungsten, titanium, tantalum, etc.) with particle sizes ranging from 40 to 400 nm through carbide formation and reduction processes, as well as using gas-phase synthesis methods [4]. During the consolidation of nanoscale powders, grain growth is observed even with brief sintering. The high mechanical properties of hard alloys with nanoscale grains are associated with minimized defects, and pores in such alloys are also nanoscale, which enhances their hardness and fracture toughness.

It is known that nanostructured hard alloys of the WC-TiC-Co system have increased fracture toughness ($KIC = 15.0 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$) and hardness ($HRA = 97.0$) [5]. At NITU MISiS, nanodisperse WC-Co alloys have been developed using tungsten carbide obtained by the CVI method, with grain sizes of 200-400 nm, hardness of 20, and bending strength of 2150 MPa. The use of nanopowders of tungsten and titanium carbides is promising for investigating and improving hard alloy materials.

For the experiments, powders of tungsten carbide, titanium carbide, and nanodisperse tungsten carbide were used. WC was mixed with Co in a ball mill, with a paraffin-based plasticizer added. Pressing was conducted on a DORST press at pressures of 100-1000 MPa, and sintering was performed in a hydrogen atmosphere at temperatures of 1450-1600 °C. Bending strength tests were conducted according to GOST 14019-80, and hardness was measured using the Vickers method. The structure was examined using a Zeiss AxioObserver 7 microscope.

The molding of hard alloy mixtures was carried out on hydraulic presses at pressures of 10-60 MPa. Three types of batches were investigated: standard with 15 % TiC, 6 % cobalt, 3 % plasticizer, and WC; a batch with 50 % nanopowder of tungsten carbide; and a batch with tungsten carbide nanoparticles coated with 6% cobalt. The density of the samples with tungsten carbide nanoparticles ranged from 8.5-9.3 g/cm³, while those with cobalt-coated nanoparticles ranged from 8.7-9.5 g/cm³. The maximum density was observed in samples with cobalt-coated nanoparticles, with a 3.5 % increase compared to the standard batch.

The introduction of WC nanopowders or WC with deposited cobalt allows for the maintenance of a fine-grained structure of 4-6 μm (Figure 1a, b). During the sintering of TiC-WC-Co hard alloys, spherical particles form due to the presence of a liquid phase, which is associated with low anisotropy and incomplete wettability. The growth of carbide particles occurs through mechanisms of recrystallization and coalescence, which depend on the crystallographic anisotropy and wettability of the system.

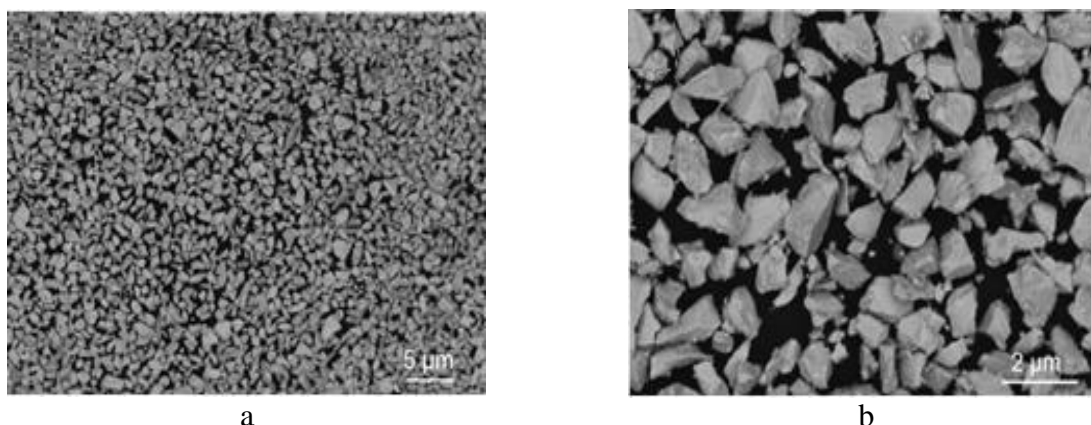


Figure 1 – Structure of the T15K6 alloy: a) with the addition of WC nanopowder; b) with the addition of WC nanopowder with deposited cobalt

Coalescence refers to the merging of carbide particles through the disappearance of internal boundaries without the transfer of material through the liquid phase. The primary driving force for consolidation is the minimization of surface energy, which is influenced by the anisotropy of interphase boundaries. This affects the rate of particle growth and pore filling. Research has shown that fine-grained hard alloys of the WC-TiC-Co system, particularly those with the addition of WC and WC-Co nanopowders, exhibit higher hardness (HRA) and bending strength (1600-1700 MPa) compared to coarse-grained alloys. The introduction of nanoscale additives increases the bending strength by 8-14 %.

In this study, nanostructured powder batches of WC-TiC-Co were produced using the mechanochemical synthesis method. The impact of the synthesis method on the phase composition of the consolidated WC-TiC-Co samples was investigated. It was found that for enhancing the strength characteristics of hard alloys in this system, the addition of nanoscale WC particles or WC nanopowder with deposited cobalt is advisable. This results in an increase in bending strength by 8-14 % and promotes the formation of a fine-grained structure with grain sizes of 4-6 μm .

References

- 1 Luo, R., Chen, N., Xiong, H. & Li, Z. (2020). Microhomogeneous WC-TiC-Co composite powders with enhanced sinterability via a two-step carburization method. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, (95), 105413. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2020.105413>.
- 2 Fal'kovskii, V.S. (2008). *Innovations in hard alloy technology: nano- and ultrafine structures*. MITKhT im Lomonosova, Moscow.
- 3 Zaitsev, A.A., Vershinnikov, V.I., Panov, V.S. (2013). *News of universities. Powder Metallurgy and Functional Coatings*, (3), 21-27.
- 4 Mccandlish, L.E., Kear, B.H. & Bhatia S.J. (1994). Mixing tungsten and cobalt compounds, drying to form homogeneous precursor powder, thermochemically converting in carburizing gas. Patent § 5352269 A (US).
- 5 Bartha, L., Atato, P. & Toth, A.L. (2000). Investigation of HIP-Sintering of Nanocrystalline WC/Co Powder. *Journal of Advanced Materials*, 32(3), 23-26.

Установление закономерностей формирования кислородных функциональных групп активированного углеродного сорбента для сорбционных процессов

*Әбдімомун С., Абдуахытова Д., Атчабарова А., Муқанов А., Токпаев Р., Курбатов А.
(Центр физико-химических методов исследования и анализа, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан)*

Загрязнение водных ресурсов тяжелыми металлами является серьезной глобальной проблемой [1, 2]. Промышленные сточные воды часто содержат токсичные ионы, такие как As^{3+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , которые угрожают экосистемам и здоровью. Эти металлы опасны даже при низких концентрациях и могут накапливаться в живых организмах [3, 4].

Медь, являясь распространенным загрязнителем промышленных сточных вод [10], представляет собой уникальную проблему. Хотя она является важным микроэлементом, избыток меди может накапливаться в окружающей среде, оказывая токсическое воздействие на живые организмы [1].

Традиционные методы включают экстракцию растворителями, электролиз, коагуляцию, обратный осмос, химическое осаждение, ионный обмен и мембранное разделение [5, 6]. Однако эти методы часто оказываются дорогостоящими и имеют множество недостатков, включая высокие эксплуатационные и энергетические затраты, неполное удаление, использование химических веществ и образование токсичных побочных продуктов [7, 8]. Это подчеркивает необходимость разработки экономически эффективных и экологически безопасных методов уменьшения отходов и очистки сточных вод.

Адсорбция выделяется как одна из наиболее эффективных и экономичных технологий удаления ионов металлов благодаря своей простоте и доступности [9, 10]. Этот метод использует различные адсорбенты, такие как активированный уголь [11–14], синтетический гетит, кокосовая шелуха, а также неорганические химически активные адсорбенты. Эти материалы продемонстрировали высокую эффективность в удалении меди из водных растворов, при этом активированный уголь показывает особую перспективность благодаря своей универсальности и высокой адсорбционной способности.

Активированный уголь обладает несколькими преимуществами для адсорбции ионов металлов, включая доступность исходного сырья, физическую и химическую стабильность, механическую прочность, высокую удельную поверхность (700–2000 m^2/g) и пористую структуру [4, 15, 16]. Его поверхность содержит кислородсодержащие функциональные группы ($-COOH$, $-C=O$, $-C-OH$) и ненасыщенные связи $>C=C<$, которые могут образовывать дополнительные кислородные функциональные группы при окислении. Эти особенности повышают его ионообменную способность и общую эффективность в удалении ионов металлов из сточных вод [17, 18].

Коммерческие активированные угли, производимые такими компаниями, как Calgon Carbon, Chemviron и Kajah Activated Carbon, обычно подвергаются окислительному обжигу при 700–900°C для образования кислородсодержащих функциональных групп. Кроме того, для увеличения микропористости, удельной поверхности и целевой функционализации используются различные химические окислители, такие как кислоты (HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4), основания (KOH , $NaOH$) и соли ($KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$). Однако химические методы активации для получения активированного угля со специфическими функциональными группами часто трудоемки и экологически неустойчивы. Полученные активированные угли могут иметь низкую сорбционную способность и недостаточную селективность для

различных металлов, что приводит к неэффективной экстракции металлов и экономически нецелесообразным процессам.

Для устранения этих ограничений в данном исследовании предлагается альтернативный подход с использованием электрохимически модифицированного углеродного материала, полученного из местных отходов грецкого ореха.

В данной работе предложен активированный углеродный материал электрохимически модифицированный в NaOH в качестве сорбента для удаления ионов Cu (II) из модельных растворов. Физико-химические характеристики исследованы методами распределения в пор по размерам и БЭТ, СЭМ, ИК-спектроскопия, титрование по Боэму, ζ -потенциала. Впервые использован метод адсорбционного индикатора для характеристики кислотно-основных центров поверхности углеродных материалов. Электрохимические свойства углеродных сорбентов охарактеризованы методом циклической вольтамперометрии. В ходе экспериментов оптимизирован метод электрохимической модификации активированного углеродного сорбента в щелочном электролите методами полнофакторного эксперимента, кругового восхождения и центрального композиционного плана (ЦКРП), оптимальные условия которого составили: $t = 15$ минут; $j = 10,33$ мА/см²; $C(\text{NaOH}) = 0.15$ моль/л. В качестве выходного параметра выступала степень извлечения ионов меди (II) при pH = 4.0 и времени 60 минут. Степень извлечения Cu (II) составили 97-98 % при pH = 4.0 и времени 20 минут и соотношению T : Ж = 9 г/л. Предложен механизм сорбционного процесса на основе моделирования кинетических данных и изотерм адсорбции, который составляет мономолекулярный согласно изотерме Ленгмюра и псевдо-второго порядка. В ходе выяснения механизма предложен ионообменный механизм сорбции меди с участием кислородных функциональных групп и физическая сорбция сопровождаемая диполь-дипольными и π - d взаимодействиями между углеродным каркасом и свободных орбиталей в ионах Cu (II).

Проведено сравнение с известными адсорбционными материалами для Cu (II) с модифицированным углеродным сорбентом на основе скорлупы грецкого ореха.

Таким образом, в данном исследовании представлен высокоэкономичный и инновационный подход к производству активированного угля из легкодоступной биомассы местных растений (AC) и новый метод введения OCFGs (AC-NaOH), демонстрирующий значительно более высокую эффективность удаления Cu (II) по сравнению с немодифицированным активированным углем, тем самым предлагая перспективную альтернативу для очистки промышленных сточных вод.

Источники

- 1 Rehman, M., Liu, L., Wang, Q., Saleem, M.H., Bashir, S., Ullah, S., Peng, D. (2019). Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), 18003–18016. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05073-6>.
- 2 Dubey, A., Shiwani, S. (2012). Adsorption of lead using a new green material obtained from Portulaca plant. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 9(1), 15–20. <https://doi.org/10.1007/s13762-011-0012-8>.
- 3 Pan, Y., Cai, P., Farmahini-Farahani, M., Li, Y., Hou, X., Xiao, H. (2016). Amino-functionalized alkaline clay with cationic star-shaped polymer as adsorbents for removal of Cr(VI) in aqueous solution. *Applied Surface Science*, 385, 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.05.112>.
- 4 Krstić, V., Urošević, T., Pešovski, B. (2018). A review on adsorbents for treatment of water and wastewaters containing copper ions. *Chemical Engineering Science*, 192, 273–287. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2018.07.022>.
- 5 Qasem, N.A.A., Mohammed, R.H., Lawal, D.U. (2021). Removal of heavy metal ions

- from wastewater: a comprehensive and critical review. *Npj Clean Water*, 4(1), 36. <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>.
- 6 Gunatilake, S.K. (2015). Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS)*, 1(1), 12–18.
 - 7 Elbehiry, F., Alshaal, T., Elhawat, N., Elbasiouny, H. (2023). Environmental-Friendly and Cost-Effective Agricultural Wastes for Heavy Metals and Toxicants Removal from Wastewater BT - Cost-efficient Wastewater Treatment Technologies: Natural Systems, in: M. Nasr, A.M. Negm (Eds.), *Springer International Publishing, Cham*, 107–127. https://doi.org/10.1007/698_2021_786.
 - 8 Saravanan, A., Kumar, P.S., Hemavathy, R. V, Jeevanantham, S., Harikumar, P., Priyanka, G., Devakirubai, D.R.A. (2022). A comprehensive review on sources, analysis and toxicity of environmental pollutants and its removal methods from water environment. *Science of The Total Environment*, 812, 152456. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152456>.
 - 9 Moreno-Barbosa, J.J., López-Velandia, C., Maldonado, A. del P., Giraldo, L., Moreno-Piraján, J.C. (2013). Removal of lead(II) and zinc(II) ions from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon synthesized from watermelon shell and walnut shell. *Adsorption*, 19(2), 675–685. <https://doi.org/10.1007/s10450-013-9491-x>.
 - 10 Kaya, N., Arslan, F., Yildiz Uzun, Z. (2020). Production and characterization of carbon-based adsorbents from waste lignocellulosic biomass: their effectiveness in heavy metal removal. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, 28(10), 769–780. <https://doi.org/10.1080/1536383X.2020.1759556>.
 - 11 Bilal, M., Ihsanullah, I., Younas, M., Ul Hassan Shah, M. (2021). Recent advances in applications of low-cost adsorbents for the removal of heavy metals from water: A critical review. *Separation and Purification Technology*, 278, 119510. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119510>.
 - 12 Iftekhar, S., Heidari, G., Amanat, N., Zare, E.N., Asif, M.B., Hassanpour, M., Lehto, V.P., Sillanpaa, M. (2022). Porous materials for the recovery of rare earth elements, platinum group metals, and other valuable metals: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(6), 3697–3746. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01486-x>.
 - 13 Wong, S., Ngadi, N., Inuwa, I.M., Hassan, O. (2018). Recent advances in applications of activated carbon from biowaste for wastewater treatment: A short review. *Journal of Cleaner Production*, 175, 361–375. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.059>.
 - 14 Tsade, H., Murthy, A., Muniswamy, D. (2020). Bio-sorbents from Agricultural Wastes for Eradication of Heavy Metals: A Review. *J. Mater. Environ. Sci*, 2020(10), 1719–1735
 - 15 Panwar, N.L., Pawar, A. (2022). Influence of activation conditions on the physicochemical properties of activated biochar: a review. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12(3), 925–947. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00870-3>.
 - 16 Gao, Y., Yue, Q., Gao, B., Li, A. (2020). Insight into activated carbon from different kinds of chemical activating agents: A review. *Science of The Total Environment*, 746, 141094. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141094>.
 - 17 Bian, Y., Bian, Z., Zhang, J., Ding, A., Liu, S., Zheng, L., Wang, H. (2015). Adsorption of cadmium ions from aqueous solutions by activated carbon with oxygen-containing functional groups. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 23(10), 1705–1711. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cjche.2015.08.031>.
 - 18 Yang, X., Wan, Y., Zheng, Y., He, F., Yu, Z., Huang, J., Wang, H., Ok, Y.S., Jiang, Y., Gao, B. (2019). Surface functional groups of carbon-based adsorbents and their roles in the removal of heavy metals from aqueous solutions: A critical review. *Chemical Engineering Journal*, 366, 608–621. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.119>

Изучение метода мембранной нанофильтрации хвостовых растворов предприятия по переработке свинцовых пылей

Алтайбаев Б.Т.¹, Туркменбай Д.А.², Айтжанов Ж.К.³

(¹ АО «Институт Металлургии и обогащения», г. Алматы, Республика Казахстан,

² Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан,

³ ТОО «Институт высоких технологий», г. Алматы, Республика Казахстан)

Аннотация. Представлена возможность применения мембранной нанофильтрации хвостовых растворов предприятия по переработке свинцовой мышьяковистой пыли, основными загрязняющими компонентами которого являются мышьяк и железо. Разработка технологии по утилизации хвостового раствора с высокой степенью очистки позволит снизить затраты предприятия на переработку с дополнительным извлечением цинка, а также уменьшить объем отходов на 30 %, за счет очистки хвостового раствора и уменьшения хвостового раствора при обработке свинцовой пыли. В связи с этим, очистка и повторное применение растворов является очень важной и актуальной задачей.

Ключевые слова: *мембранная нанофильтрация, удаление тяжелых металлов, очистка сточных вод, переработка свинцовой пыли, ресурсосбережение, извлечение ценных компонентов.*

В настоящее время проблема утилизации промышленных сточных вод металлургических предприятий является одной из наиболее актуальных задач современной металлургической промышленности. С одной стороны, в таких отходах (сточные воды, хвостовые растворы) могут содержать значительные концентрации цветных металлов, извлечение которых может обеспечить существенную экономическую выгоду. С другой стороны, наличие в составе сточных вод токсичных элементов, таких как мышьяк и другие тяжелые металлы, создает серьезные экологические проблемы и риски для здоровья населения, проживающего вблизи промышленных объектов.

Одним из видов промышленных сточных вод являются хвостовые растворы металлургической предприятия по переработке мышьяковистой свинцовой пыли, образующиеся при гидрометаллургических циклах технологии получения свинца и меди из свинцовой пыли. Данные хвостовые растворы содержат значительные количества ценных компонентов, таких как цинк (до 25 г/л), медь (до 5 г/л). В то же время в составе этих растворов присутствует высокая концентрация токсичного мышьяка (до 28 г/л), которое требует утилизацию или захоронение в виде твердых отходов, либо дополнительной переработки оборотных растворов для нейтрализации и повторного применения [1]. Однако, утилизация хвостовых растворов требует большое количество известкового молока и сопутствующих затрат на строительство и содержание хвостохранилища. При этом, повторное применение промышленных сточных вод от степени очистки определяет качество и себестоимость получаемых товарных продуктов.

Традиционные технологии очистки сточных вод от опасных загрязнителей, таких как тяжелые металлы, органические загрязнители, красители, микро-пластик и нано-пластик предусматривает физические, химические, биологические методы воздействия, направленные на снижение концентрации загрязнителей. Процессы могут включать гравитационное осаждение твердых и взвешенных частиц коагулянтами, адсорбирование загрязняющих элементов в зависимости от свойств ионообменного сорбента [2, 3]. Однако, это требует сложные технологические процессы с

применением большого количества химических реагентов, электроэнергии и трудозатрат для удаления загрязнителей из воды.

В последние годы для очистки технологических растворов и сточных вод предприятий значительное внимание уделяется использованию наномембран [4-6]. Наночислительный процесс осуществляется при среднем или высоком давлении. В сущности, наночислительная – это процесс аналогичный процессу обратного осмоса, где мембрана имеет чуть более открытую структуру, что позволяет одновалентным ионам проходить сквозь нее.

В связи с этим для уменьшения объема хвостовых растворов, с последующей возможностью получения дополнительных металлов и увеличения объема оборотных кислых растворов для выщелачивания свинцовой пыли нами была изучена возможность применения технологии мембранной наночислительной.

Для проведения исследований технологии наночислительной сепарирования хвостовых растворов предприятия по переработке свинцовой пыли была использована опытная полупромышленная установка наночислительной. Конструктивно установка наночислительной представляет собой металлический каркас, на котором устанавливаются насос низкого давления, предварительный фильтр тонкой очистки с размерами пор 5 мкм от механических взвесей и инородных частиц, наночислительные мембраны в корпусах, манометры, ротаметры и запорная арматура. Для участков с высоким давлением применяются трубы из нержавеющей стали. Для участков с низким давлением применяются трубы из поливинилхлорида. Опытная установка наночислительной предназначена для концентрирования и разделения целевых компонентов исходного раствора путем числительной через мембраны под давлением.

Наночислительные мембраны представляют собой тонкие полимерные пленки с плотной структурой и нанопористой поверхностью. Размер пор в таких мембранах обычно составляет 1-5 нм, что позволяет задерживать высокомолекулярные соединения, многозарядные ионы и коллоидные частицы, но пропускать низкомолекулярные ионы и молекулы.

Основным рабочим элементом установки наночислительной являются мембранные модули, состоящие из корпусов, способных выдержать давление до 70 бар, и непосредственно самих мембран, соединенных между собой. При проведении экспериментов на установке наночислительной использовали наночислительные мембраны компании Dupont: «FilmTec». Основные материалы наномембран – это полиамид (РА) и тонкопленочный композит (ТFC).

Экспериментальные опыты по очистке хвостовых растворов от примесей тяжелых металлов (железа, мышьяка и цинка) показали положительные результаты и возможность применения технологии мембранной наночислительной. Разработаны эффективные параметров процесса наночислительной позволяющие достигнуть высокую степень очистки хвостового раствора от загрязняющих примесей с 69 % до 95,7%. Установлено, что при давлении 3,5 МПа в наночислительных мембранах с размером пор 1-5 нм достигается эффективное удаление ионов тяжелых металлов (мышьяка, цинка, железа): As^{3+} с 5,25 до 0,48 г/л, AsO_4^{3-} с 15,09 до 5,83 г/л, Zn^{2+} с 22,06 до 6,95 г/л, Fe^{2+} с 7,23 до 0,03 г/л, Fe^{3+} с 11,39 до 0,77 г/л. При этом образуется концентрированный раствор металлов с содержанием As^{3+} - 5,11 г/л, AsO_4^{3-} - 15,34 г/л, Zn^{2+} - 21,46 г/л, Fe^{2+} - 9,29 г/л, Fe^{3+} - 11,87 г/л и очищенный кислый раствор - пермеат с остаточной концентрацией серной кислоты около 3 г/л.

Результаты сравнительного анализа степени очистки хвостового раствора от ионов тяжелых металлов показал очистку растворов от мышьяка – 69%, цинка – 68,5%, железа – 95,7%. Высокая степень очистки достигается за счет эффективной задержки ионов тяжелых металлов наночислительными мембранами при прохождении раствора под давлением.

Таким образом, результаты исследований показали, что применение мембранной нанофильтрации при оптимальных параметрах (давление 3,5 МПа, выход пермеата 30%, температура $25\pm 2^\circ\text{C}$) позволяет уменьшить объем отходов на 30 %, за счет очистки хвостового раствора и уменьшения объема хвостового раствора при обработке свинцовой пыли. Очищенный кислый раствор с остаточной концентрацией серной кислоты около 3 г/л может быть возвращен на начало процесса для повторного использования при выщелачивании свинцовой пыли, что снижает расход свежей серной кислоты и воды на 10-15 %. Технично-экономические расчеты показали, что внедрение разработанной технологии очистки хвостовых растворов с применением мембранной нанофильтрации позволит снизить затраты на переработку за счет повторного использования очищенной воды, дополнительного извлечения цинка из концентрата и существенного сокращения объемов отходов, требующих захоронения. Разработанная технология является ресурсосберегающей и экологически безопасной.

Таким образом, результаты исследований продемонстрировали высокую эффективность и перспективность применения мембранной нанофильтрации для очистки хвостовых растворов образующиеся при переработки свинцовой мышьяковистой пыли.

Источники

- 1 B. T. Altaibayev, A.T. Khabiyev, O.S. Baigenzhenov, M. Zh. Bulenbayev, M.D. Turan, Extraction of copper from pregnant leaching solutions of lead dusts by liquid extraction, Complex use of mineral resources 3 (314) (2020) 50-55, <https://doi.org/10.31643/2020/6445.26>.
- 2 Charles Obinwanne Okoye, Charles Izuma Addey, Olayinka Oderinde, et al., Toxic Chemicals and Persistent Organic Pollutants Associated with Micro-and Nanoplastics Pollution, Chemical Engineering Journal Advances 11 (2022) 100310, <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2022.100310>.
- 3 Sitong Liu, Jiafu Shi, Jiao Wang, et al., Interactions Between Microplastics and Heavy Metals in Aquatic Environments: A Review, Sec. Microbiotechnology 12 (2021), <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.652520>.
- 4 S. Palit, C.M. Hussain, Nanomembranes for Environment, Handbook of Environmental Materials Management, Springer Nature Switzerland AG (2018), https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3_31-1.
- 5 A.A. Yaqoob, T. Parveen, K. Umar, M.N. Mohamad Ibrahim, Role of Nanomaterials in the Treatment of Wastewater: A Review, Water 12 (2) (2020) 495, <https://doi.org/10.3390/w12020495>.
- 6 Hoda Pezeshki, Majid Hashemi, Saeed Rajabi, Removal of arsenic as a potentially toxic element from drinking water by filtration: A mini review of nanofiltration and reverse osmosis techniques, Heliyon 9 (3) (2023), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14246>.

О возможности получения ферросплава из сульфидной руды Шалкия и кека выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов

Бадикова А.Д.¹, Шевко В.М.¹, Айткулов Д.К.²,

(¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан,

²РГП «НЦ КПМС РК», г. Алматы, Казахстан)

В статье приводятся результаты поисковых экспериментальных электроплавов по влиянию количества кокса и стальной стружки на получение ферросплава из сульфидной руды Шалкия и кека выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов. Поисковыми электроплавками установлено, что при плавке руды Шалкия с кеками выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов, магнетитовым концентратом, стальной стружкой и коксом возможно получить ферросплав с содержанием 33-49% Si. В сплав извлекается от 60 до 89% Si. В возгоны, содержащие 25.17% Zn и 8.5% Pb, переходит не менее 98-99% металлов.

Ключевые слова: сульфидная руда Шалкия, кек выщелачивания кварцитов, кокс, железо, магнетит, электроплавка, ферросилиций

Месторождение Шалкия обладает значительными запасами полиметаллических руд, включая сульфидную руду, содержащую масс.: 5,2% ZnS; 1%PbS; 4,0%FeS₂; 50%SiO₂; 6,6%Al₂O₃; 19,5%CaCO₃; 10,1%MgCO₃; 3,6%Fe₂O₃; 0,7%ΣNa₂O и K₂O [1]. Кек от выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов так же содержит до 80% оксида кремния, 15-16% углерода и 0,08-0,1% ванадия [2]. Химический состав данных видов сырья имеет большой потенциал для использования в качестве материалов для получения кремнистых сплавов. Получение ферросплавов позволит комплексно использовать сульфидную руду Шалкия и кек выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов, снизит потери ценных компонентов и уменьшит негативное воздействие на окружающую среду.

Проведены поисковые исследование по влиянию количества кокса и стальной стружки при электроплавке сульфидной руды Шалкия в смеси с кеком выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов. При проведении исследований использовали кек выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов, содержащих 72.5% SiO₂, 1.3% Al₂O₃, 1.4% Fe₂O₃, 1% CaO, 0.15% V₂O₅, 0.2% MgO, 3% H₂O, 0.15% BaO, 19% C. При плавках отношение руда/кек составляло 1:1, а количество магнетитового концентрата было постоянным и составляло 12% от массы руды и кека. Электроплавку проводили в дуговой электропечи мощностью 10-12 кВА. В таблице 1 и рисунке 1 показано влияние количества стальной стружки при количестве кокса 18 и 26% на степень извлечения кремния в сплав и на концентрацию кремния в нем. Видно, что при увеличении количества стальной стружки (при постоянном количестве кокса) степень извлечения кремния в сплав увеличивается, а концентрация уменьшается. Влияние стальной стружки при 18% кокса на αSi_(спл) и CSi_(спл) описываются следующими зависимостями:

$$\alpha\text{Si}_{(\text{спл})} = 0.0055 \cdot \text{Ст.с.}^2 + 0.445 \cdot \text{Ст.с.} + 60 \quad (R^2 = 1); \quad (1)$$

$$C \text{ Si}_{(\text{спл})} = 0.0015 \cdot \text{Ст.с.}^2 - 0.595 \cdot \text{Ст.с.} + 51.3 \quad (R^2 = 1). \quad (2)$$

Влияние стальной стружки при 26% кокса на αSi_(спл) и CSi_(спл) описывается следующими зависимостями:

$$\alpha Si_{(спл)} = 0.0035 \cdot Ст.с.^2 + 0.535 \cdot Ст.с. + 60.9 \quad (R^2 = 1); \quad (3)$$

$$C Si_{(спл)} = 0.0085 \cdot Ст.с.^2 - 1.135 \cdot Ст.с. + 59.7 \quad (R^2 = 1). \quad (4)$$

Таблица 1 – Влияние количества стальной стружки и кокса (18-26%) на степень извлечения кремния в сплав и концентрацию в нем Si

Параметр	18% кокса			26% кокса		
	Количество стальной стружки, %			Количество стальной стружки, %		
	10	20	30	10	20	30
$\alpha Si_{(спл)}, \%$	65	71.1	78.3	66.6	73	80.1
$CSi_{(спл)}, \%$	45.5	40	34.8	49.2	40.4	33.3

На рисунке 2 и таблице 2 представлено влияние количества кокса и стальной стружки на степень извлечения и концентрацию кремния в сплаве из которого видно, что при 10% стальной стружки и увеличении кокса- степень извлечения кремния и концентрация его в сплаве возрастает. При 30% стальной стружки и количестве кокса до 22% степень извлечения и концентрация возрастает, При увеличении количества кокса больше 22% степень извлечения и концентрация кремния в сплаве- понижается. Влияние кокса при 10% стальной стружки описывается следующими зависимостями:

$$\alpha Si_{(спл)} = -0.0125 \cdot K^2 + 0.75 \cdot K + 55.55 \quad (R^2 = 1) \quad (5)$$

$$C Si_{(спл)} = -0.0469 \cdot K^2 + 2.5 \cdot K + 15.688 \quad (R^2 = 1) \quad (6)$$

Влияние кокса при 30% стальной стружки описывается следующими зависимостями:

$$\alpha Si_{(спл)} = -0.1469 \cdot K^2 + 6.725 \cdot K + 4.5375 \quad (R^2 = 1) \quad (7)$$

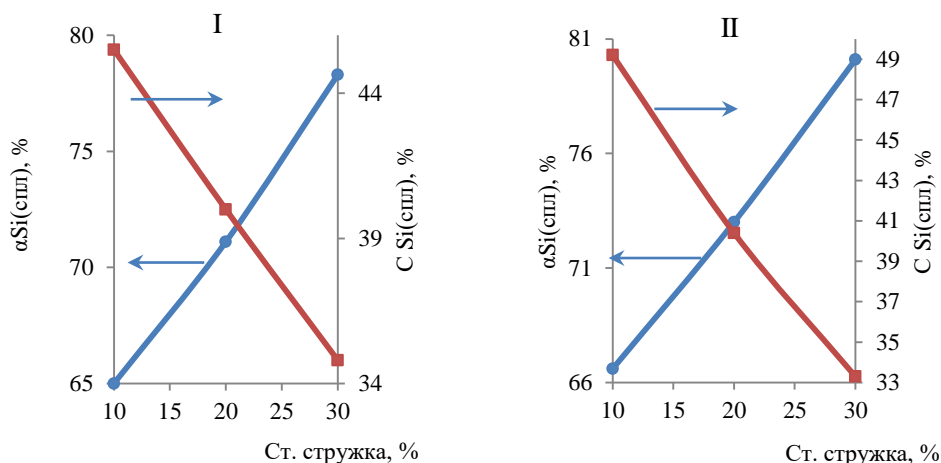
$$C Si_{(спл)} = -0.0688 \cdot K^2 + 2.8 \cdot K + 6.675 \quad (R^2 = 1) \quad (8)$$

Таблица 2 – Влияние количества кокса и стальной стружки (10, 30%) на степень извлечения кремния в сплав и концентрацию в нем Si

Параметр	10% стальной стружки			30% стальной стружки		
	Количество кокса, %			Количество кокса, %		
	18	22	26	18	22	26
$\alpha Si_{(спл)}, \%$	65	66	66.6	78	81.4	80.1
$CSi_{(спл)}, \%$	45.5	48	49	34.8	35	33

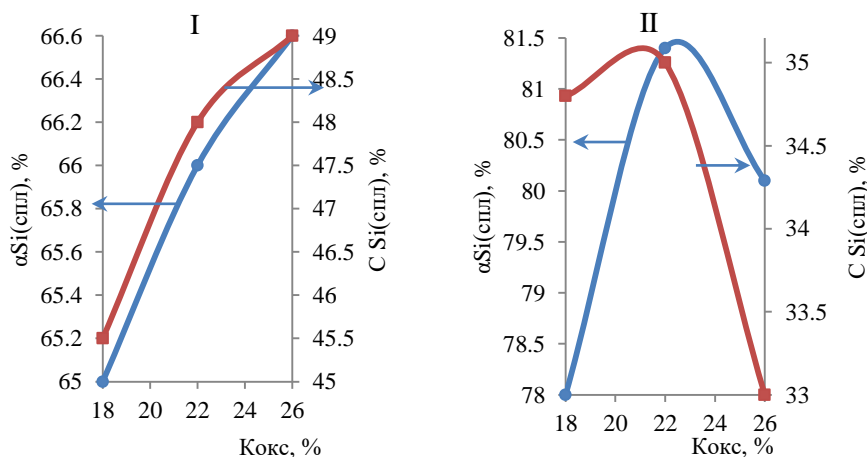
Возгоны, собранные с электрододержателя можно отнести к полиметаллическому оксидному концентрату, содержащему 25.17% Zn, 8.5% Pb.

Предварительные поисковые исследования показали, что при электроплавке руды Шалкия с кеками выщелачивания ванадийсодержащих кварцитов, магнетитовым концентратом, стальной стружкой и коксом возможно получить ферросплав с содержанием 33-49% Si, который можно отнести к ферросилицию марки ФС45. В сплав извлекается от 60 до 89% Si. В возгоны, содержащие 25.17% Zn и 8.5% Pb, переходит не менее 98-99% металлов.



Количество кокса I-18%, II-26%

Рисунок 1 – Влияние количества стальной стружки на степень извлечения и концентрацию кремния в сплаве



Количество стальной стружки I-10%, II-30%

Рисунок 2 – Влияние количества кокса на степень извлечения и концентрацию кремния в сплаве

Источники

- 1 Shevko V.M., Makhanbetova B.A., Aitkulov D.K. Theoretical and experimental substantiation of obtaining an alloy from flotation tailings of lead-zinc sulfide ore (2023) Physicochemical Problems of Mineral Processing, 59 (1), art. no. 161853, DOI: 10.37190/ppmp/161853.
- 2 Shevko V., Aitkulov D., Badikova A. Comprehensive Processing of Vanadium-Containing Black Shale Tailings (2022) Periodica Polytechnica Chemical Engineering, 66 (4), pp. 617 - 628, DOI: 10.3311/PPch.20050.

Новое связующее при кучном выщелачивании медных руд

*Есенгараев Е.К., Болотова Л.С., Акжаркенов М.Д., Хумарбекулы Е., Шалгымбаев С.Т.
(Филиал РГП «НЦКПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан)*

Разработан новый способ кучного выщелачивания меди из сильно деструктурированной руды одного из месторождений Казахстана. Установлена возможность ее переработки по технологии кучного выщелачивания с предварительной агломерацией с концентрированной серной кислотой и водой с добавкой нового связующего – полипропиленовой микрофибры.

Ключевые слова: кучное выщелачивание меди, деструктурированная медная руда, агломерация медных руд, полипропиленовая микрофибра, перколяция.

В промышленной практике кучного выщелачивания большое внимание уделяется перколяционным свойствам перерабатываемого сырья, возможности просачивания выщелачивающего раствора через слой уложенного в штабель сырья. Без агломерации мелкие частицы руды способны мигрировать внутри кучи, забивая каналы стока и образуя большие площади, на которых затруднен доступ раствора. При кучном выщелачивании определяющими факторами являются степень растворения металла из руды и её перколяционные характеристики. [1].

На большинстве предприятий мира и Казахстана кучное выщелачивание деструктурированных медных руд ведут с предварительной агломерацией путем смешивания мелкой руды с концентрированной серной кислотой и водой [2, 3].

Целью настоящей работы является определения возможности переработки сильно деструктурированной руды по технологии кучного выщелачивания.

Нами исследована окисленная медная руда. Среднее содержание меди в пробе 1,70%. Большая часть меди (более 85% относительных) в пробе представлена окисленными минералами, которые хорошо растворяются в серной кислоте. Порядка 11% меди присутствует в виде вторичных сульфидных минералов, которые хуже растворяются в серной кислоте. И незначительное количество (3,07 % относ.) в виде первичных минералов, которые практически не растворимы в серной кислоте.

По внешнему виду руда представлена в основном мелкой фракцией, что подтвердилось результатами гранулометрической характеристики руды и ее перколяционными свойствами. Количество критического класса крупности -2,5 мм для перколяции составило 78,66%.

Испытания по перколяции проводили в соответствии с методикой, разработанной компанией Kappes Cassiday and Associates. Скорость перколяции раствора кислоты через слой руды крупностью -20+0 мм равна нулю, вода и кислота совсем не проходит через слой руды. Для ведения процесса кучного выщелачивания необходимо разработать режимы окомкования.

Первоначально провели агломерацию с различными расходами серной кислоты, начиная от 20 кг/т до 60 кг/т с шагом 10 кг/т. Внешне окатыши были получены хорошие, однако после выдержки и подачи на них раствора кислоты, они разрушались и колонна «запечатывалась». Проверка наработанных окатышей с увеличенным расходом серной кислоты до 120 кг/т также показала отрицательный результат по перколяции. Гранулы не выдерживали и разрушались при подаче раствора кислоты, колонка запечатывалась. Таким образом, сильно деструктурированную руду, агломерированную с серной кислотой и водой, невозможно переработать по технологии кучного выщелачивания.

Мы впервые решили использовать в качестве дополнительного связующего к серной кислоте добавку полипропиленовой микрофибры [4]. Полипропиленовая микрофибра устойчива к кислотам и щелочам.

При агломерации приняли расход серной кислоты 60 кг/т. (75% от необходимого) Расход микрофибры изменяли от 4 кг/т до 14 кг/т

По результатам перколяционных тестов установлено, что при расходе микрофибры до 5,71 кг/т и менее гранулы после замачивания разрушаются, колонна запечатывается. Начиная с 8,57 кг/т гранулы хорошо сохраняются, скорость перколяции отвечает необходимым требованиям.

Для проверки долгосрочного воздействия кислоты на образованные гранулы нами был проведен большой колонный тест кучного выщелачивания с предварительным окомкованием руды с серной кислотой 60 кг/т и микрофиброй 11,43 кг/т.

Раствор серной кислоты 3% для орошения руды подавали со скоростью 10 л/м² в час. Проведено 40 циклов выщелачивания. По окончании выщелачивания были проверены перколяционные характеристики, руда сохранила высокие перколяционные характеристики. Хвосты колонны были выгружены, гранулы очень хорошо сохранились после 40 циклов выщелачивания, заполнения колонны водой под залив и сушки (рисунок 1 б).



а) Исходные наработанные гранулы

б) Хвосты колонного теста, высушенные

Рисунок 1 – Гранулы с серной кислотой и микрофиброй

По балансу степень растворения меди из руды, агломерированной с серной кислотой и полипропиленовой микрофиброй, составила 89,62%.

Разработанный режим кучного выщелачивания меди с предварительной агломерацией руды с серной кислотой и добавкой микрофибры передан предприятию для промышленного применения.

Источники

- 1 Lewandowski, K.A., Kawatra, S.K. Polyacrylamide as an agglomeration additive for copper heap leaching. International Journal of Mineral Processing, 2009, 91(3-4), p 88–93.
- 2 Сизикова Н.В., Резниченко А.В., Кушакова Л.Б., Браилко О.Ю., Казначеев М.А. Процесс окомкования (агломерации) применительно к технологии кучного выщелачивания медных руд месторождений Казахстана. Сборник трудов ВНИИцветмет, 2012, с 67-71.

- 3 Extractive Metallurgy of Copper/Mark E. Schlesinger [и др.]. – Elsevier, 2011. – 481с.
- 4 Патент. 36755 РК. Способ кучного выщелачивания меди из деструктурированных руд /Болотова Л.С., Акжаркенов М.Д., Шалгымбаев С.Т., Малимбаев М.С., Хумарбекулы Е., Малимбаев С.Р.; заяв 14.04.2023, опубл. 24.05.2024.

Углеродные сорбенты из техногенного сырья

*Кабланбеков А.А.^{1,2}, Ефремова С.В.¹, Бердикулова Ф.А.¹,
Терликбаева А.Ж.¹, Жарменов А.А.¹*

*(¹РГП «НЦ КППМС РК», г. Алматы, Казахстан, ²Казахстанско-Британский
технический университет, г. Алматы, Казахстан)*

Индустриализация, развитие сельского хозяйства неминусом связаны с увеличением нагрузки на окружающую среду. Образование огромного количества промышленных и сельскохозяйственных отходов является серьезной проблемой. В связи с этим переработка отходов актуальна как с экологической точки зрения, так и с позиции расширения сырьевой базы. Не секрет, что сегодня техногенные ресурсы являются источником получения востребованных материалов.

Научными сотрудниками РГП «НЦКППМС РК» созданы участки по производству спецкокса, перрената аммония, переработке рисовой шелухи. Спецкокс востребован в качестве восстановителя для металлургических процессов. Однако мелочь спецкокса не используется и образует отвалы. В ходе переработки рисовой шелухи образуется кремнеуглеродный композит, который наряду с мелочью спецкокса можно рассматривать в качестве угля-сырца для получения углеродных сорбентов.

Получаемые из промпродуктов медного производства технологические растворы рения содержат до 800 мг/л органических соединений. Направление таких растворов на ионнообменный процесс сопровождается снижением эксплуатационных показателей ионита, в частности емкости по рению, из-за травления (запечатывания) сорбирующей поверхности органическими соединениями. Удаление органики окислением требует энерго- и реагентозатрат. Кроме того, велика вероятность загрязнения растворов компонентами разложения окислителей, что также может оказать отрицательное влияние на процесс извлечения рения.

В связи с этим целью работы явилось создание углеродных сорбентов на основе мелочи спецкокса и кремнеуглеродного композита для использования на участке перрената аммония в сорбционном процессе извлечения рения из ренийсодержащего технологического раствора, загрязненного органическими примесями.

Полученные разными методами углеродные сорбенты апробировали в процессах извлечения органических соединений и целевого металла, проводимых в статическом и динамическом режимах. Результаты показали, что сорбенты на основе мелочи спецкокса наиболее эффективны для удаления органических соединений, поскольку обеспечивают незначительное поглощение рения. Сорбенты же на основе кремнеуглеродного композита, напротив, проявляют более высокую степень сродства к ионам рения. Данное заключение было использовано при создании каскадной установки для последовательного извлечения органических примесей и ионов рения.

По итогам эксперимента было установлено, что степень извлечения рения углеродным сорбентом на основе кремнеуглеродного композита из очищенного с помощью мелочи спецкокса раствора составляет 83%. Это существенно выше по сравнению с извлечением металла из неочищенного от органических примесей раствора. Таким образом, использование собственных сорбентов из техногенного сырья позволит исключить зависимость работы участка от импортных ионитов и позволит повысить экономические показатели производства перрената аммония.

Проблемы и перспективы цианидного выщелачивания золота из сульфидных руд и концентратов

Каналы Е.С.

(Филиал РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан)

В настоящее время процесс гидрометаллургии золота опирается на использование цианидного метода из-за его значительных технологических и экономических преимуществ. Однако уменьшение содержания золота в рудах, увеличение объемов твердых отходов и накопление отвалов с высоким содержанием неизвлеченного золота стимулируют как изменение существующих технологий, так и внедрение новых методов обработки.

Основной причиной технологической сложности при использовании цианидной технологии для обработки сульфидного золоторудного сырья является так называемое «невидимое золото», т.е. дисперсность золота в зерне минерала и непроницаемость его поверхности для растворителей. Среди золотосодержащих сульфидов особенно широко распространены и практически значимы пирит FeS_2 и арсенопирит FeAsS [1]. Иногда в сульфидных рудах основное количество золота может присутствовать в виде свободных зерен в микротрещинах пирита и арсенопирита. Такие руды можно перерабатывать по технологии цианидного выщелачивания. Однако, в большей части сульфидных руд золото находится в субмикроскопической крупности, которое не доступно для выщелачивания цианидным раствором. Для его вскрытия необходимо окисление сульфидных минералов.

Распространенной операцией для вскрытия тонкодисперсного золота из сульфидных руд в мировой практике продолжает оставаться окислительный обжиг. Золото затем извлекается из огарка цианированием. Применение процесс окисления для переработки всей руды является очень затратным. В связи с этим, сульфидные руды подвергают флотационному обогащению с получением более богатого по золоту продукта – флотационного концентрата, который далее направляют на окислительный обжиг. Однако, окислительный обжиг мышьяковистых золотосодержащих концентратов связан с высокими экологическими рисками и большими капитальными и эксплуатационными затратами на очистку газов.

Начиная со второй половины 90-х годов все большее развитие получают гидрометаллургические методы переработки сульфидных золотосодержащих концентратов, которые существенно снижают или полностью исключают вредные выбросы в атмосферу [2, 3].

Автоклавное окисление золотосодержащего сульфидного сырья – это метод гидрометаллургической переработки, который применяется для извлечения золота из упорных руд или концентратов, содержащих сульфиды, такие как пирит или арсенопирит. Основной задачей автоклавного окисления является разрушение сульфидной оболочки, которая препятствует прямому выщелачиванию золота, что позволяет эффективно извлечь его с последующим выщелачиванием.

Преимуществами автоклавного окисления являются его высокая эффективность окисления сульфидных минералов. Недостатками автоклавного окисления являются высокие капитальные затраты на оборудование и поддержание необходимых условий [4].

Ультратонкое доизмельчение концентратов перед выщелачиванием достаточно широко применяется в производстве золота. Для вскрытия золота из некоторых упорных сульфидных концентратов достаточно измельчить их до крупности менее 15-20 микрон. В мировой практике используются различные мельницы для ультратонкого

измельчения. Наиболее широко используются мельницы вертикального типа Vertimill, SMD Detritor компании Metso Outotec, HIGmill компании Metso Outotec и мельницы горизонтального типа IsaMill компании Glencore Technology [5].

Основные недостатки ультратонкого измельчения, такие как высокие энергозатраты, повышенный износ оборудования и увеличение расхода цианида, могут стать причиной недоизвлечения металла.

Технология Альбион (Albion Process) разработана в 1993 г. австралийской компанией «Mount Isa Mines Holdings» (переименовано в «Xstrata Plc») для переработки концентратов, полученных из упорных руд цветных и драгоценных металлов [6]. Процесс включает ультратонкое измельчение и окислительное выщелачивание при атмосферном давлении.

Процесс Альбион требует меньших капиталовложений, чем автоклав, прост в эксплуатации и использует атмосферное выщелачивание при умеренных температурах. Несмотря на это, извлечение золота при Альбионе ниже, чем при автоклавном окислении, что делает его менее эффективным для некоторых типов руд.

Технология BIOX была разработана для предварительной переработки упорных руд и концентратов перед традиционным извлечением золота цианированием. В процессе биокисления сульфидная матрица разрушается, освобождая золото для дальнейшего цианирования, что обеспечивает более высокую степень его извлечения. Данная технология используется в промышленном производстве более 30 лет [7].

Запасы руд, богатых по содержанию золота и простых по минеральному составу, сокращаются. В переработку вовлекаются упорные сульфидные руды, переработку которых осуществляют флотационным методом. При этом получают упорные концентраты, в которых золото находится в микро- и субмикроскопическом виде в тесной ассоциации с такими сульфидными минералами, как пирит и арсенопирит. Прямое цианидное выщелачивание таких концентратов практически невозможно. Для доступа цианидного раствора к золотинам требуется предварительное окисление сульфидных минералов.

По оценке Global Mining Research, сейчас почти треть золота в мире производится с дополнительными этапами переработки, такими как автоклавы (18%), окислительный обжиг (7%), BIOX (3%) и ультратонкое измельчение (3%) [3].

Ужесточение экологических требований диктует применение гидрометаллургических методов окисления сульфидных концентратов, как наиболее экологически безопасных процессов, исключая выбросы в атмосферу вредных газов.

Источники

- 1 Медведев Р.О. Физико-химические процессы извлечения золота из техногенного пиритового сырья с применением селективных растворов на основе серосодержащих лигандов. Диссертационная работа. Томск, 2023 г. С. 13. <https://www.geokniga.org/books/35422>
- 2 Dunne R. Challenges and opportunities in the treatment of refractory gold ores. Key note address ALTA 2012 Gold Conf. (31 May - 1 June 2012). Perth, Australia: ALTA Metallurgical Services, 2012.
- 3 <https://www.interfax.ru/business/643474>
- 4 Бодуэн А.Я., Фокина С.Б., Петров Г.В., Серебряков М.А. Современные гидрометаллургические технологии переработки упорного золотосодержащего сырья. Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.; <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15619>
- 5 Surimbayev, B., A. Akcil, L. Bolotova, S. Shalgymbayev, and A. Baikonurova. 2023. Processing of refractory gold-bearing sulfide concentrates: A review. *Mineral Processing*

- & *Extractive Metallurgy Review* 45 (6):573–91.
<https://doi.org/10.1080/08827508.2023.2230344>
- 6 <https://www.albionprocess.com/ru/Pages/home.aspx>
- 7 https://zolteh.ru/technology_equipment/sovremennoe-sostoyanie-tehnologij-biox-aster-i-hitecc/

Механизм и применение хлорирующей обработки руд

Курмангалиев Д.Б.

(Филиал РГП «НЦ КТМС РК» «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Хлорная металлургия, являясь весьма эффективным металлургическим методом переработки руд цветных, благородных и редких металлов, характеризующихся сложным химико-минералогическим составом, получила широкое распространение в металлургической промышленности.

Обработка руды хлором - это разновидность металлургического процесса для комплексного извлечения и утилизации рудных ресурсов с использованием хлора, который является одним из самых активных растворителей металлов при гидрометаллургической переработке сырья. Внедрение хлора в процессы извлечения из сырья цветных, благородных и редких металлов значительно расширяет возможности осуществления комплексной обработки полиметаллических материала с низким содержанием ценных компонентов.

Легкость образования многих хлоридов металлов, их низкая температура кипения, высокая летучесть и растворимость в воде давно уже обратили на себя внимание химиков и металлургов как факторы, благоприятные при обработке руд цветных и редких металлов. Использование элементарного хлора и различных хлорсодержащих веществ прочно вошло в современную практику самых разнообразных металлургических и электрохимических процессов. Газообразным хлором воздействуют на дисперсное твердое вещество в жидкой среде или на вещество, которое находится в расплавленном состоянии, получая хлориды, растворимые в воде или в других растворителях. Пропуская сухой газообразный хлор или его ионы, образующиеся от диссоциации хлорсодержащих веществ (NaCl , CCl_4 , CaCl_2 , Cl_2 , SOCl_2 и т. д.) при высоких температурах в открытом или герметично закрытом реакционном пространстве, через хлорируемый материал, переводят ценные металлы в летучие или нелетучие хлориды. Хлор в газообразном состоянии можно получить электролизом водных растворов хлористых солей щелочных металлов в ванне, являющейся одновременно и аппаратом для хлорирования обрабатываемого вещества.

Развитие и применение металлургии хлорирования можно отнести к середине XVI века. В то время было обнаружено, что степень извлечения металлов можно повысить, добавляя определенное количество соли в процесс выщелачивания руд, содержащих золото и серебро. Только в XVIII веке процесс выщелачивания с солью постепенно перешел в процесс хлорирующего обжига-выщелачивания руд драгоценных металлов, который оказался более эффективным. К середине XIX века для обработки золотой руды попытались использовать газообразный хлор, что стало первым применением хлора в качестве газообразного хлорирующего агента в хлорной металлургии. В то же время хлорная металлургия постепенно распространилась на обработку низкосортной медной руды и пиритного шлака. Это также является важным развитием хлорной металлургии в металлургии цветных металлов. В XX веке развитие и применение хлорной металлургии происходило все более быстрыми темпами. Помимо извлечения магния из магнезита, для извлечения цветных металлов (в основном меди) использовалась хлораторная сегрегация, изучался высокотемпературный хлораторный улетучивающийся обжиг для обработки низкосортных оловянных руд. С 1950-х годов хлорная металлургия широко используется в металлургии лёгких металлов, таких как титан. В последние годы хлорную металлургию используют для обработки вольфрамитовых концентратов и руд редкоземельных металлов.

Процесс хлорирования обычно состоит из следующих пяти основных процессов: процесс подготовки сырья, процесс хлорирования, процесс разделения хлоридов, процесс извлечения металлов из хлоридов и процесс регенерации хлорирующих агентов. В соответствии с различными методами разделения, используемыми в процессе хлорирования, металлургию хлорирования можно разделить на пять различных типов: хлорирование с обжигом, хлорирование сегрегацией (называемое методом сегрегации), хлорирование в расплавленной солевой среде, хлоринационное рафинирование расплава сырого металла и хлоринационное выщелачивание (включая выщелачивание соляной кислотой, выщелачивание хлористыми солями, выщелачивание хлорным газом и выщелачивание электрохлоринацией). Однако обычно используемые в промышленном производстве методы хлорной металлургии в основном включают хлорный обжиг, хлорное выщелачивание, хлорную сегрегацию и хлорное рафинирование расплава сырого металла. Кроме хлорирующего выщелачивания, остальные методы хлорирования относятся к процессу пирохлорирования.

Согласно современным исследованиям в области хлорной металлургии, основной механизм перехода в газообразное состояние хлора заключается в реализации цели разделения и обогащения металлов с помощью хлорирующих агентов. Однако в соответствии с различными типами хлорирующих агентов их можно разделить на газообразные и твердые хлорирующие агенты.

Учитывая особенности различных видов металлических руд, высокое содержание примесей и сложный химико-минералогический состав, ученые всего мира уделяют особое внимание к хлорирующей металлургии, как способу извлечения ценных компонентов, разработано множество технологий. Представляется интересным использовать технологию хлорной металлургии для переработки низкосортных и тугоплавких руд, а также различных видов отходов металлургического производства, что позволит комплексно использовать ресурсы минерального сырья.

На основе анализа твердых хлорирующих агентов и газообразных хлорирующих агентов, используемых в процессе хлорной металлургии, можно выделить преимущества и недостатки обоих. Газообразные хлорирующие агенты могут непосредственно участвовать в реакции хлорирования, что благоприятно для реакции, но коррозионно опасно для оборудования.

Разработка новых материалов с высокой химической стойкостью, увеличивающиеся возможности получения дешевой электроэнергии в нашей стране и неиссякаемые источники получения хлористых солей щелочных металлов создают благоприятные предпосылки к всестороннему применению методов хлорирования, имеющих вполне надежные перспективы развития и применения.

Применение того или иного способа хлорирования определяется в конечном счете физико-химическими свойствами элементов, подлежащих извлечению, и сравнительными данными капитальных и эксплуатационных затрат технологического процесса.

Поисковые исследования по влиянию углерода и железосодержащего материала при электроплавке руды Шалкия

Маханбетова Б.А.¹, Шевко В.М.¹, Айткулов Д.К.²

(¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан,

²РГП «НЦ КПМС РК», г. Алматы, Казахстан)

В статье приводятся результаты поисковых исследований по влиянию углерода и железосодержащего материала на электроплавку руды Шалкия с получением кремнистого сплава и возгонов. Исследования проводили электроплавкой сырья в одноэлектродной дуговой печи, с последующим проведением анализа полученных материалов. Предварительные поисковые исследования показали, что при электроплавке руды Шалкия с коксом и стальной стружкой образуется ферросилиций содержащий от 14-18 до 48-50% кремния. В возгоны переходит не менее 98-99% металлов.

Ключевые слова: сульфидная руда, кокс, железо, магнетит, электроплавка, ферросилиций.

В Шалкийском месторождении, сосредоточены значительные запасы полиметаллических руд: 127,5 млн тонн балансовых (содержание цинка составляет 4,27%, свинца - 1,28%) и 119,6 млн тонн забалансовых (2,71% и 0,61% соответственно) [1]. Добываемая сульфидная руда относится к категории труднообогатимых. При отсутствии потерь руды при дроблении и измельчении степень использования 1 т. рудной массы (с учетом выхода 10% концентрата от массы руды) составляет всего 5,2%. Оставшиеся 94,8% (включая некондиционную руду (48%) и хвосты флотации (46,8%)) попадают в отвалы или складываются на поверхности [2]. Ситуацию можно изменить, если из нерудной составляющей получать товарную продукцию [3]. С этой целью нами проводятся исследования по совместной переработке (в одном печном агрегате) труднообогатимой полиметаллической руды Шалкия с извлечением цинка и свинца в возгоны, а кремния - в ферросплав.

В статье приведены результаты поисковых исследований по влиянию углерода и железосодержащего материала при электроплавке руды Шалкия. Эксперименты по плавке руды месторождения Шалкия проводились в одноэлектродной дуговой печи. В эксперименте использовали сырье следующего состава:

- руда Шалкия (5,2% ZnS; 1%PbS; 4,0%FeS₂; 50%SiO₂; 6,6%Al₂O₃; 19,5%CaCO₃; 10,1%MgCO₃; 3,6%Fe₂O₃; 0,7%ΣNa₂O и K₂O);

- стальная стружка углеродистой стали (97,6% Fe, 0,4% Si, 0,4% Mn, 0,1% ΣS и P, 1,5%С, прочие);

- кокс (86,41% С, 11,1% зольность, 6,0% SiO₂, 1,9%Al₂O₃, 1,5% Fe₂O₃, 1,1% летучих, 0,7% S, 0,9% H₂O, 1,4% ΣK₂O и Na₂O, 0,2% прочие;

- магнетитовый концентрат ТОО «Iron Concentrate Company» (85,9% Fe₃O₄, 9,01% SiO₂, 2% CaO, 1,4% Al₂O₃, 0,3%ΣMnO, K₂O, 0,4% MgO, 0,2% Na₂O, 0,2% ZnO, 0,4% PbO).

На рисунке 1 показано влияние количества стальной стружки и кокса (% от массы руды) на степень извлечения кремния в сплав ($\alpha Si_{(спл)}$, %) и на концентрацию кремния в нем ($C Si_{(спл)}$, %). Видно, что при увеличении количества стальной стружки степень извлечения кремния в сплав увеличивается, а концентрация уменьшается. Влияние стальной стружки при 20% кокса описывается следующими уравнениями:

$$\alpha Si_{(спл)} = -0.0026 \cdot Ст.с.^2 + 0.5956 \cdot Ст.с. + 49.111 \quad (R^2 = 1); \quad (1)$$

$$C Si_{(спл)} = -0.0034 \cdot Ст.с.^2 - 0.1589 \cdot Ст.с. + 53.156 \quad (R^2 = 1). \quad (2)$$

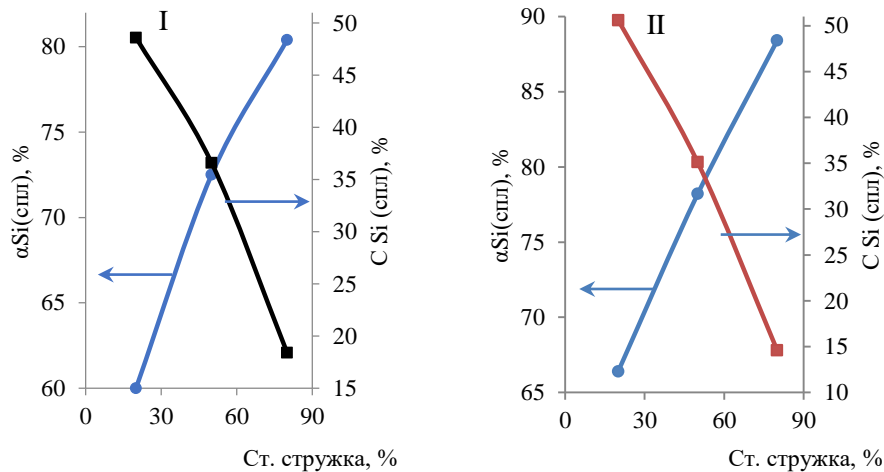
Влияние стальной стружки при 40% кокса описывается следующими уравнениями:

$$\alpha Si_{(спл)} = -0.0009 \cdot Ст.с.^2 + 0.4556 \cdot Ст.с. + 57.644 \quad (R^2 = 1); \quad (3)$$

$$C Si_{(спл)} = -0.0028 \cdot Ст.с.^2 - 0.3222 \cdot Ст.с. + 58.156 \quad (R^2 = 1). \quad (4)$$

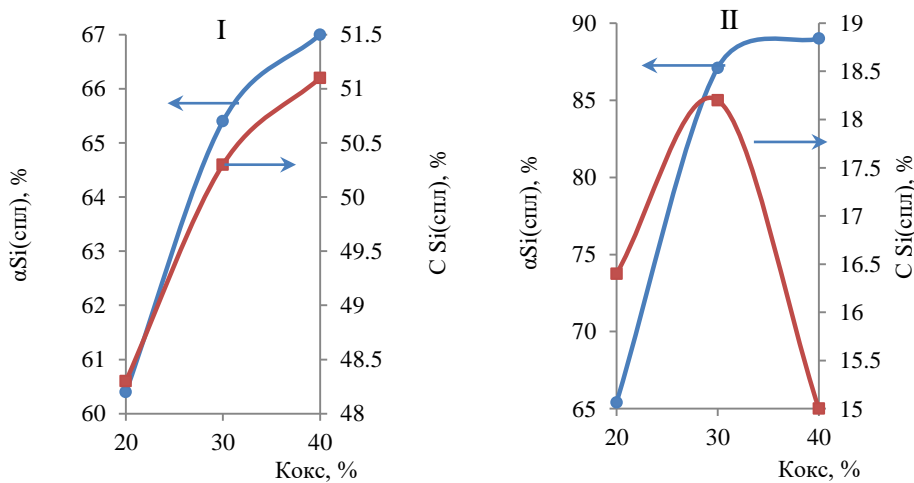
Видно, что при 20 и 40% кокса увеличение стальной стружки от 20 до 80% позволяет повысить $\alpha Si_{(спл)}$ особенно при 40% кокса. Однако $C Si_{(спл)}$ при увеличении стальной стружки снижается от 48,6-50,6% до 14,6-18,4%.

На рисунке 2 представлено влияние количества кокса и стальной стружки (при 20 и 80%) на степень извлечения и концентрацию кремния в сплаве из которого видно, что при 20% стальной стружки и увеличении кокса- степень извлечения кремния и концентрация его в сплаве возрастает.



Количество кокса I-20%, II-40%

Рисунок 1 – Влияние количества стальной стружки и кокса на степень извлечения и концентрацию кремния в сплаве



Количество стальной стружки I-20%, II-80%

Рисунок 2 – Влияние количества кокса и стальной стружки на степень извлечения и концентрацию кремния в сплаве

При 80% стальной стружки степень извлечения с увеличением кокса- возрастает (до 89%), а концентрация кремния в сплаве при увеличении кокса более 30%-понижается. Влияние кокса при 20% стальной стружки описывается следующими зависимостями:

$$\alpha\text{Si}_{(\text{спл})} = -0.017 \cdot K^2 + 1.35 \cdot K + 40.2 \quad (R^2 = 1) \quad (5)$$

$$C \text{ Si}_{(\text{спл})} = -0.006 \cdot K^2 + 0.5 \cdot K + 40.7 \quad (R^2 = 1) \quad (6)$$

Влияние кокса при 80% стальной стружки описывается следующими зависимостями:

$$\alpha\text{Si}_{(\text{спл})} = -0.099 \cdot K^2 + 7.12 \cdot K - 37.4 \quad (R^2 = 1) \quad (7)$$

$$C \text{ Si}_{(\text{спл})} = -0.025 \cdot K^2 + 1.43 \cdot K - 2.2 \quad (R^2 = 1) \quad (8)$$

Проведение предварительных (поисковых) исследований показали, что повышение стальной стружки в шихте позволяет перевести в сплав до 88,4% кремния и получить ферросплав с содержанием Si от 14 до 50,6%. Увеличение кокса в шихте при небольшом количестве стальной стружки (20%) повышает $\alpha\text{Si}_{(\text{спл})}$ и $C \text{ Si}_{(\text{спл})}$. Более сложная является зависимость $C \text{ Si}_{(\text{спл})} = f(\text{кокс})$ при большом количестве железа (80%). Зависимость имеет экстремальный характер. Поэтому оптимум процесса необходимо определять специальным методом. Например, планированием эксперимента с последующей геометрической оптимизацией.

Предварительные поисковые исследования показали, что при электроплавке руды Шалкия с коксом и стальной стружкой образуется ферросилиций содержащий от 14-18 до 48-50% Si. В возгоны переходит не менее 98-99% металлов.

Исследование финансируется Комитетом промышленности Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан (грант № BR19777171).

Источники

- 1 Снурников А. П. Комплексное использование минеральных ресурсов в цветной металлургии. - М. : Металлургия, 1986. – 383с
- 2 Туркебаев Э. А., Садыков Г. Х. Комплексное использование сырья и отходов промышленности. -Алма-Ата : Казахстан, 1988. –139 с
- 3 Shevko V, Zharmenov A, Aitkulov D, Terlikbaeva A. Complex processing of oxidized copper and zinc oxide ores with simultaneous production of several products. Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2021;57(1):226-249. doi:10.37190/ppmp/131091.

Получение синтетического карналлита из хлоридных растворов

Мухаметжанова А.А., Шаяхметова Р.А.
(РГП «НЦ КПМС РК», г. Алматы, Казахстан)

Природный карналлит ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) представляет собой исходное сырье для производства магния методом электролиза [1, 2]. Текущие способы обогащения карналлитовых руд имеют высокие затраты и низкую рентабельность, что существенно влияет на цену металлического магния [3].

В Казахстане актуальны исследования по разработке и улучшению технологий синтеза карналлита из хлоридных растворов. Раствор хлорида магния полученный при солянокислотной технологии переработки хризотил-асбестовых отходов, разработанной в РГП «НЦКПМС РК», может послужить основным источником Mg в процессе синтеза карналлита [4, 5]. Применение таких отходов не только способствует охране окружающей среды, но и позволяет снизить импортные зависимости, увеличивая конкурентные преимущества казахстанской промышленности.

Для синтеза карналлита $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ с заданным соотношением $KCl/MgCl_2$ в очищенный раствор хлорида магния добавляют раствор хлорида калия и хлорид натрия.

Определены оптимальные параметры технологии получения синтетического карналлита из хлоридных растворов: плотность раствора $MgCl_2 = 1,275$ г/см³, плотность раствора $KCl = 1,16$ г/см³; соотношение $KCl/MgCl_2 = 0,78$; температура при синтезе 105°C; продолжительность синтеза 2 часа; температура сушки 105°C; температура обезвоживания 180°C.

Процесс включает упаривание излишков воды и подготовку хлоридных растворов, синтез, кристаллизацию, фильтрацию, сушку и обезвоживание. Кристаллизация карналлита происходит при охлаждении смеси.

Проведены физико-химические исследования карналлита, полученного при оптимальных параметрах синтеза.

Для идентификации полученного карналлита выполнен фазовый анализ (рисунок 1). Рентгенодифрактометрический анализ проведён на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $CuK\alpha$ – излучением, β -фильтр. Условия съёмки дифрактограмм: $U=35$ кВ; $I=20$ мА; съёмка $\theta-2\theta$; детектор 2 град/мин. Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF₂ (Powder Diffraction File) Release 2022 и дифрактограмм чистых от примесей минералов. Для основных фаз проводился расчет содержания. Возможные примеси, идентификация которых не может быть однозначной из-за малых содержаний и присутствия только 1-2 дифракционных рефлексов или плохой окристаллизованности, не указаны в таблице. Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа

Вид продукта	Название фазы	Формула	Концентрация, %
Карналлит	Carnallite	$\text{KMgCl}_3(\text{H}_2\text{O})_6$	94,7
	Sodium Chloride	NaCl	4,7
	Potassium Chloride	KCl	0,6

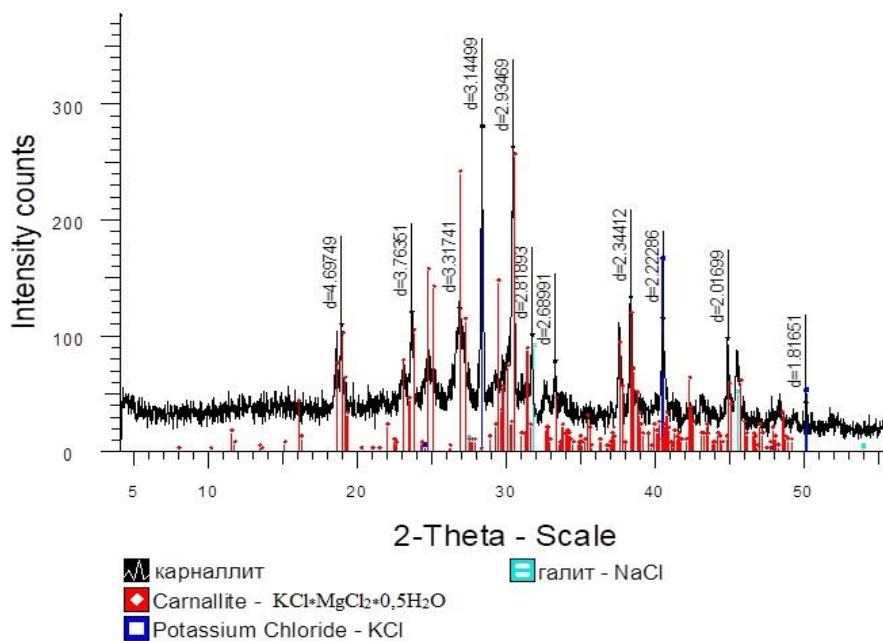


Рисунок 1 – Дифрактограмма карналлита

Из представленных данных видно, что полученный карналлит содержит в своем составе 94,7 % карналлита, 4,7 % хлорида натрия и 0,6 % хлорида калия.

Химический состав полученного синтетического карналлита приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав полученного синтетического карналлита

Массовая доля определяемых элементов, %						
Mg	MgO	K	Na	H ₂ O	SO ₄	Fe
12,40	1,70	20,10	1,90	5,0	<0,01	0,01

Таким образом, результаты физико-химического исследований показали, что карналлит полученный из отходов по разработанным технологическим параметрам соответствует ГОСТ №16109-70.

Источники

- 1 Щеголев В.И., Лебедев О.А. Электролитическое получение магния. М.:Изд.том»Руды и металлы».- 2002. - 368с.
- 2 Ширев М.Ю., Лебедев В.А. Новая технология получения синтетического карналлита // Известия вузов. Цветная металлургия. 2011. № 6. С. 25–30.
- 3 Grand View Research, Magnesium Chloride Market Size & Trends, 2021

- 4 Шаяхметова Р.А., Мухаметжанова А.А., Степаненко А.А., Осипов П.А., Малдыбаев Г.К., Оптимизация процесса солянокислотного выщелачивания техногенных отходов хризотил-асбестового производства // Промышленность Казахстана. – 2020. - №2(110). – С. 35-37.
- 5 Huczko A. Dąbrowska A., Bystrzejewski M., Dobrzycki Ł., Fronczak M., Mukhametzhanova A., Tiwari S., Pandey M., Bogati R., Kafle B., Subedi D.P. Combustion synthesis: Towards novel nanomaterials. Proceedings V International scientific conference High Technologies. Business. Society, volume I “High technologies”, year V, issue 1 (7), Borovets, Bulgaria, 09-12.03.2020. – P. 5-9.

Синтез и рентгенографические исследование никелито-манганита неодима и лантана $NdLi_2NiMnO_5$

Сагинтаева Ж.И., Касенова Ш.Б., Куанышбеков Е.Е., Касенов Б.К.

(Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева», г. Караганда, Казахстан)

В настоящее время особое внимание ученых в области неорганического материаловедения привлекают перовскитоподобные манганиты, допированные оксидами легких металлов и обладающие эффектами колоссального магнитосопротивления, гигантской магнитоstriction, электрического переключения, высокого магнитокалорического эффекта, а также как материалы магнитной и спиновой электроники [1]. Также наряду с вышеизложенными в последнее время актуальным является получение новых соединений с гигантским значением диэлектрической проницаемости, что особенно важно для материалов, обладающих с очень высокими значениями оперативной памяти [2].

В течение ряда лет в Химико-металлургическом институте им. Ж. Абишева проводятся систематические исследования по синтезу и исследованию физико-химических свойств поликристаллических и наноразмерных манганитов, хромитов, ферритов, манганито-хромитов, феррито-манганитов, купрато-манганитов, кобальто-манганитов, никелито-манганитов, цинкато-манганитов, титано-манганитов и других аналогичных соединений, ряд результатов которых обобщены в монографиях [3-5].

В связи с вышеизложенными целью данной работы является синтез и рентгенографическое исследование никелито-манганита состава $NdLi_2NiMnO_5$.

Твердофазный синтез соединений проведен методом керамической технологии из оксидов неодима (III) квалификации «ос.ч.», никеля (II) «ос.ч.» и карбоната лития марки «ч.д.а.». Предварительно обезвоженные при 400°C стехиометрические количества исходных веществ тщательно перемешивались, перетирались в агатовой ступке. Затем они в алундовых тиглях в печи «SNOL» отжигались сначала при 600°C в течение 10 часов, при 800°C , 1000°C затем при 1200°C в течение 15 часов. При каждой температуре смеси охлаждались, до комнатной температуры с повторением процессов перемешивания и перетирания. Низкотемпературный отжиг составов проводили при 400°C также в течение 10 часов.

Образование равновесного состава $NdLi_2NiMnO_5$ контролировалось методом рентгенофазового анализа на установке ДРОН – 2.0. Условия съемки: CuK_α – излучение, $U = 30$ кВ, $I = 10$ мА, скорость вращения – 1000 импульсов в секунду, постоянная времени $\tau = 5$ сек., интервал углов 2θ от 10 до 90° . Интенсивность дифракционных максимумов оценивали по 100 балльной шкале. Индексирование рентгенограммы проводили аналитическим методом [7]. Пикнометрическую плотность определили с использованием в качестве толуола по известной методике [8]. Ниже в таблице 1 приведены результаты индексирования рентгенограммы $NdLi_2NiMnO_5$.

Таблица 1 – Индексирование рентгенограммы никелито-манганита $NdLi_2NiMnO_5$

I/I_0	$d/\text{Å}$	$10^4/d^2_{\text{эксп.}}$	hkl	$10^4/d^2_{\text{выч.}}$
1	2	3	4	5
6	4.733	446.4	400	446.4
18	3.834	680.3	422	669
100	2.708	1364	700	1366
17	2.218	2033	661	2035
22	2.068	2338	842	2342

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
30	1.919	2715	940	2704
11	1.870	2860	10.1.1	2843
9	1.713	3408	11.1.0	3401
7	1.689	3505	10.5.1	3512
28	1.563	4093	12.5.1	4098
10	1.462	4678	10.8.2	4683
11	1.356	5438	15.5.1	5436
9	1.210	6830	14.7.0	6829

На основании индирования рентгенограммы установлено, что $\text{NdLi}_2\text{NiMnO}_5$ кристаллизуется в кубической сингонии со следующими параметрами решетки: $a = 13,58 \pm 0,02 \text{ \AA}$; $V^0 = 2503,77 \pm 0,06 \text{ \AA}^3$; $Z = 4$; $V^{\circ}_{\text{эл.яч.}} = 625,94 \pm 0,02 \text{ \AA}^3$; $\rho_{\text{рент.}} = 3,73 \text{ г/см}^3$; $\rho_{\text{пикн.}} = 3,72 \pm 0,03 \text{ г/см}^3$. По аналогии с $\text{LaLi}_2\text{TiMnO}_6$ [9], прогнозируется, что $\text{NdLi}_2\text{NiMnO}_5$ – можно отнести к перовскитной структуре $Pm\bar{3}m$ с фактором «толерантности» (t), равным $\sim 0,90$.

Источники

- 1 Shafi M.P. Perovskite Oxides as Advanced Energy Materials for Solid Oxide Fuel Cell and Supercapacitor Applications // *Advances in Material Research and Technology*. 2020. P. 181-204. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50108-2_8
- 2 Ерин Ю. Найдено вещество с гигантским значением диэлектрической проницаемости // *Химия и химики*. 2009. № 1. – С. 16-22. <http://chemistryandchemists.narod.ru>
- 3 Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И. и др. Двойные и тройные манганиты, ферриты и хромиты щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов. М.: Научный мир, 2017. – 416 с.
- 4 Kasenov B.K., Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh. I. Turtubaeva M.O., Kuanyshbekov E.E. Physical properties of manganites. Karaganda. LPP «Litera». 2017. – 123 p.
- 5 Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Ермагамбет Б.Т., Куанышбеков Е.Е., Туртубаева М.О., Бектурганова А.Ж. Новые замещенные поликристаллические и наноразмерные манганиты. Караганда. ПК «Экожан». 2019. – 108 с.
- 6 Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Ермагамбет Б.Т., Нухулы А., Куанышбеков Е.Е., Туртубаева М.О. Новые четверные наноструктурированные манганиты лантана, щелочных, щелочноземельных и переходных металлов. Караганда. Типография «Гласир». 2022. – 204 с.
- 7 Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. М.: Изд-во МГУ, 1976. 256 с.
- 8 Кивилис С.С. Техника измерений плотности жидкости и твердых тел. М.: Стандартгиз, 1959. – 191 с.
- 9 Kasenov B.K., Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh.I., Baisanov S.O., Lu N.Yu., Nukhuly A., Kuanyshbekov E.E. Heat capacity and thermodynamic functions of titanium manganites of lanthanum, lithium and of $\text{LaLi}_2\text{TiMnO}_6$ and $\text{LaNa}_2\text{TiMnO}_6$ // *Molecules*. 2023. Vol. 28. – P. 5194.

Работа выполнена в рамках договора, заключенного между КН МНВО РК и Химико-металлургическим институтом им. Ж. Абишева по гранту ИРН №АР23486147.

Изучение формирования сложной морфологии поверхности пористого кремния

Сагындыков А.Б., Осипов П.А.
(РГП «НЦ КПМС РК», г. Алматы, Казахстан)

Изучение формирования сложной морфологии поверхности многослойных структур на основе квантовых явлений представляет одно из наиболее перспективных направлений исследований в научной области. Исследования с применением метода золь-гель метод (ЭПР) показали, что локализация парамагнитных центров более эффективна после осаждения ZnO. Увеличение числа наносимых слоев приводит к уменьшению времени релаксации парамагнитного центра, что, возможно, связано с формированием нанокристаллов ZnO с энергетически стабильными свойствами.

Процесс нуклеации играет ключевую роль в формировании микроструктуры получаемых пленок. Это особенно важно для выращивания тонких пленок нанометровой толщины.

Атомно-силовой микроскоп (АСМ) JSPM-5200 («JEOL», Акишима, Япония). Режим сканирования (AFM AC), типичные скорости сканирования (время сканирования 1 строки – 625 микросекунд, время сканирования всего изображения – 13 минут), марки применяемых датчиков (NSC35/AIBS). Масштаб сканирования варьировался следующим образом: 25 × 25 мкм, 6 × 6 мкм, 1 × 1 мкм, 500×500 нм, 500×500 нм. Диапазон рабочих температур – от 100 °С до 500 °С, вакуум-глубина вакуума – до 10⁻⁶ мм рт. ст. Кроме того, были исследованы изображения оптической микроскопии с увеличением ТМ-24033 в 125 раз («JEOL», Акишима, Япония).

Фотолюминесценцию (ФЛ) измеряли на спектрофотометре Cary Eclipse («Agilent», Санта-Клара, Калифорния, США) в спектральном диапазоне от 200 до 800 нм. Спектральная ширина щели для этого устройства переменная и составляет порядка 0,5–2,4 нм. Оптическая схема спектрофотометра основана на монохроматоре с вогнутой голографической дифракционной решеткой, имеющей 1023 штрих/мм. В качестве источника излучения применены вольфрам-галогенная лампа для измерений в видимой области спектра и дейтериевая лампа для УФ-измерений.

Структуру поверхности образцов исследовали методами оптической и атомно-силовой микроскопии. Выбор минимального масштаба 500×500 нм обусловлен возможностью идентификации объектов различных размеров.

Частицы ZnO с низким поверхностным натяжением способны проникать в *por-Si* с точными концентрациями Zn²⁺.

Поверхность образца без нанесения пленки при увеличении с помощью оптического микроскопа демонстрирует макропористую структуру (рисунок 1а). Морфология поверхности однородная. На изображении области сканирования 25×25 мкм видны более мелкие регулярные образования. Это подтверждается рассмотрением морфологии поверхности на участке сканирования 6 × 6 мкм (рисунок 1б). Были идентифицированы мезомасштабные поры, структура которых визуализируется на изображении 25 × 25 нм (рисунок 1в).

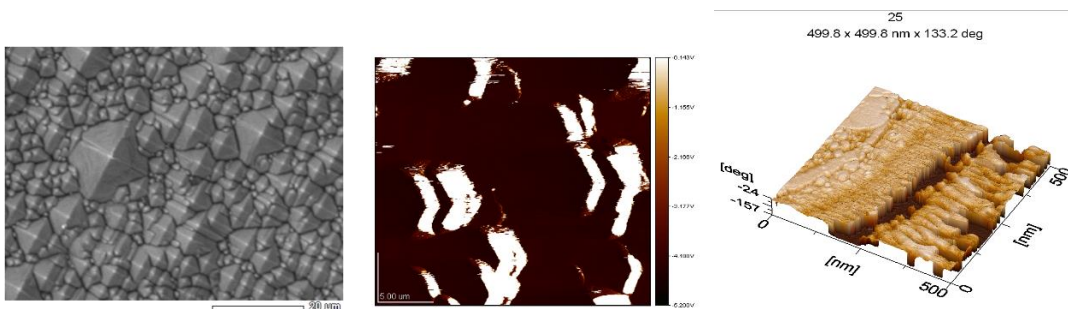


Рисунок 1 – АСМ-изображения образца без покрытия: (а) оптическая микроскопия; (б) 25 × 25 мкм (режим топографии), (в) 500 × 500 нм (фазовый режим)

Здесь наблюдаются структуры, ориентированные под углом к осям воображаемой горизонтальной плоскости, исключая четко очерченные границы. Это указывает на наличие как аморфной, так и кристаллической фаз. Продольные размеры этих структур находятся в диапазоне 80–115 нм, поперечные – 30–50 нм. Видно, что рельеф поверхности характеризуется наличием одиночных гребней и многочисленных впадин глубиной 50 ± 10 нм, а поры не имеют преимущественной ориентации. Границы областей травления разнообразны. При нанесении 25 слоев покрытия оптическая микроскопия показывает уменьшение размера макропор. На изображении размером 25×25 мкм дополнительно видны регулярные образования. Увеличение до 1,5 на 1,5 мкм показало, что образования в основном имеют одинаковую пространственную ориентацию. Увеличение размеров 500×500 нм позволило идентифицировать нанокластеры ZnO (рисунок 2).

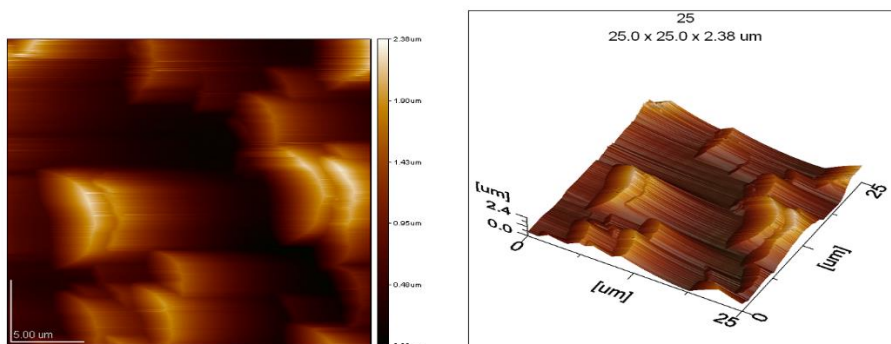


Рисунок 2 – АСМ-изображения образца с 25 слоями покрытия, масштаб сканирования – 25 × 25 мкм: а – топографический режим; б – фазовый режим

Эта работа способствует развитию теоретических исследований в области получения фотоактивных наноструктурированных пленок на кремниевой поверхности. Результаты этих исследований могут быть использованы при создании солнечных элементов, что внесет вклад в развитие солнечной энергетики в Казахстане. Изучение фотопреобразовательных элементов и пассивирующих оптически активных пленок на солнечных элементах продолжается, и результаты исследования помогут в решении задач повышения КПД солнечных элементов. Публикации по проекту будут цитироваться и использоваться в дальнейшем развитии и модернизации теоретических разработок в области фотолуминесцентных наноструктурированных пленок.

Технология применения защитного слоя при плавке алюминиевых сплавов

Тураходжаев Н.Д.¹, Каримов К.А.¹, Абдусаидов Ё.²

(¹Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан,

*²Ташкентский государственный транспортный университет,
г. Ташкент, Узбекистан)*

Как известно, из-за большого родства алюминия к кислороду, вступая с ним в химическую реакцию, алюминий окисляется и выносится в шлак. Такой же процесс, но с более высокой интенсивностью, происходит при плавке лития. С целью изучения характера угара при плавке алюминиевых сплавов и лития в лабораторных условиях Ташкентского государственного технического университета был проведен ряд научно-исследовательских работ.

Для проведения исследований была выбрана индукционная печь ёмкостью 2 кг/час, в которой производили плавку алюминия при температуре 700-710 °С. Перед вводом в алюминиевый расплав лития его предварительно окунали в алюминиевую пудру. В первом этапе литий имел комнатную температуру. При этом поверхность лития покрывалась тонким слоем алюминиевой пудры, но несмотря на многократное окунание равномерное покрытие обеспечить не удалось. После расплавления алюминия в жидкую ванну загружали литий с образовавшимся слоем алюминиевой пудры. По результатам взвешивания при таком нанесении покрытия потери лития составили 15-17%, тогда как без нанесения покрытия потери были равны 18-20%. Следующий этап исследований проводили с нагревом лития до температуры 40 °С, при которой поверхность последнего была покрыта более равномерным покрытием. Ввод лития с таким покрытием дал хороший эффект, при котором потери лития составили 10-11%. Это означало, что предварительный нагрев лития перед окунанием в алюминиевую пудру способствует созданию защитного покрова с повышенной защитой от угара, что позволяет снизить потери ресурса на 4-6%.

Выводы

1. Для снижения потерь лития при вводе его в алюминиевый расплав, рекомендуется образовать на поверхности лития защитный слой из алюминиевой пудры.
2. Для равномерного нанесения алюминиевой пудры на поверхности лития, необходимо нагреть литий до температуры свыше 40 °С.

Источники

- 1 Daniel Brough, Hussam Jouhara. The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery/ International Journal of Thermofluids. – Volumes 1-2, February 2020, 100007. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2019.100007>.
- 2 Sarvar Tursunbaev, Nodirbek Turahodjaev, Shirinkhon Turakhujaeva, Shakhrizoda Ozodova. Reduction of gas porosity when alloying A000 grade aluminum with lithium fluoride/August 2022/IOP Conference Series Earth and Environmental Science 1076(1):012076/DOI:10.1088/1755-1315/1076/1/012076.
- 3 Li, Y., Wang, J., Wu, R., Wei, Z., Ji, Q., Zhong, F., Zhang, S., Yang, Z., Wang, J., Jin, S., Xu, L., & Hou, L. (2022). Effects of Al, Y, and Zn Additions on the Microstructure and

- Mechanical Properties of Mg–3Li Alloy. *Advanced Engineering Materials*, 24(8).
<https://doi.org/10.1002/adem.202101502>.
- 4 Tursunbaev, S., Turakhodjaev, N., Turakhujaeva, S., Ozodova, S., Hudoykulov, S., & Turakhujaeva, A. (2022). Reduction of gas porosity when alloying A000 grade aluminum with lithium fluoride. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1076(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1076/1/012076>.

Технология загрузки шихты для плавки алюминиевых сплавов в газовых печах

Тураходжаев Н.Д.¹, Каримов К.А.¹, Ибодуллаев А.А.²

(¹Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан,

*²Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент,
Узбекистан)*

Процесс загрузки шихты в газовые печи при плавке алюминиевых сплавов является ответственным этапом всего цикла получения отливок. Основная доля насыщения алюминиевого расплава газовыми и другими неметаллическими включениями происходит именно в этом этапе плавки. В связи с тем, что кроме температуры важную роль играет также атмосфера печи, требуется оптимизировать режимы загрузки шихты. Так как основным плавильным агрегатом для плавки алюминиевых сплавов является газовая печь, исследовался процесс загрузки шихты при различных режимах работы печи [1-2]. Ниже приводятся результаты плавки алюминиевых сплавов с введением лития и замерами температуры расплава в различных участках печи. В верхней части при загрузке температура минимальная, но критическая для лития [3-4]. Поэтому в этой части можно загружать литий с наиболее защищенной оболочкой из графитовой массы при температуре свыше 60 °С. В таблице 1 приведены данные снижения расхода металла в зависимости от температуры шихты загружаемой в ванну печи.

Таблица 1

№	Температура лития при обработке порошковым графитом, °С	Температура расплава алюминия при загрузке лития, °С	Потери лития на угар, %
1	20	700	12-14
2	20	710	12-14
3	20	720	12-14
4	20	730	12-14
5	30	700	9-10
6	30	710	9-10
7	30	720	10-12
8	30	730	10-12
9	40	700	8-9
10	40	710	8-9
11	40	720	8-10
12	40	730	8-10
13	50	700	4-6
14	50	710	4-5
15	50	720	4-6
16	50	730	4-5
17	60	700	2-4
18	60	710	2-3
19	60	720	2-3
20	60	730	2-3

В таблице 2 приведены данные по снижению окисных включений и водорода в зависимости от температуры шихты загружаемой в ванну печи [5].

Таблица 2

№	Температура нагрева шихты, °С	Температура перегрева расплава, °С	Содержание окисных включений, %	Содержание газовых включений, см ³ /100 г
1	20-30	700	7-8	0,78-0,82
2	20-30	730	8-10	0,80-0,86
3	100-200	700	5-6	0,66-0,70
4	100-200	730	6-8	0,68-0,74
5	400-500	700	2-3	0,45-0,47
6	400-500	730	2-4	0,46-0,49
7	550-600	700	6-8	0,70-0,72
8	550-600	730	8-9	0,76-0,80

Исходя из приведённых результатов исследований можно сделать следующие выводы:

Выводы

1. При плавке алюминиево-литиевых сплавов в газовых печах загрузку алюминия необходимо производить в верхней части шахты.
2. При плавке алюминиево-литиевых сплавов в газовых печах загрузку лития необходимо производить в жидкую ванну с предварительным образованием на его поверхности графитовой защитной оболочки при температуре 60 °С.
3. Температура перегрева алюминиевого расплава при плавке алюминиево-литиевых сплавов в газовых печах не должна превышать 700 °С.

Источники

- 1 Тарасов Ю.М., Антипов В.В. Новые материалы ВИАМ – для перспективной авиационной техники производства ОАО «ОАК» //Авиационные материалы и технологии, 2012. – №2. – С. 5-6.
- 2 Антипов В.В., Сенаторова О.Г., Ткаченко Е.А., Вахромов Р.О. Алюминиевые деформируемые сплавы //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. – С. 167-182.
- 3 Сплав на основе алюминия и изделие, выполненное из него: пат. 2237098 Рос. Федерация; опубл. 24.07.2003.
- 4 Фридляндер И.Н., Грушко О.Е., Антипов В.В., Колобнев Н.И., Хохлатова Л.Б. Алюминийлитиевые сплавы /В кн. 75 лет. Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932–2007: Юбилейный научн.-техн. сб. М.: ВИАМ. 2007. С. 163-171.
- 5 Turakhujaeva Sh., Karimov K., Turakhodjaev N., Akhmedov A./ Mathematical modeling of quantitative changes in hydrogen and oxide inclusions in aluminum alloy. DOI:10.1051/e3sconf/202336505016.

Утилизация твердых бытовых отходов с уничтожением источника неприятного запаха от разложения органики и рекультивация земли на мусорных полигонах

Хен В.А.

*(«Өсімдік шикізатын кешенді өңдеуге арналған ғылыми - өндірістік СотрануА» ЖШС
ТОО «Научно-производственная СотрануА по комплексной переработке
растительного сырья» (НПС КЛРС), г. Астана, Казахстан)*

Annotation

The method of utilization of household garbage with destruction of the source of unpleasant odor from decomposition of organic waste in landfills with the use of environmentally friendly lignin of plant origin is proposed

Keywords: Environmentally friendly hydrolysis of vegetable raw materials, vegetable waste, straw, wood fiber raw materials, carbon dioxide (CO₂), carbonic acid, hydrocarbon material naturlignin, sorption, unlimited sorption, natural sorbent and antioxidant, decomposition of organic waste, unpleasant odor, destruction of volatile substances and gases at the morphological level, formation of fertile compost from organic waste and naturlignin, land reclamation in landfills.

Аннотация

Өсімдік тектес экологиялық таза лигнинді пайдалана отырып, полигондардағы органикалық қалдықтардың ыдырауынан жағымсыз иіс көзін жойып, тұрмыстық қалдықтарды кәдеге жарату әдісі ұсынылды.

Негізгі сөздер: өсімдік шикізатының, өсімдік қалдықтарының, сабанның, ағаш талшықтарының шикізатының, көмірқышқыл газының (CO₂), көмір қышқылының, табиғи лигниннің, сорбцияның, шексіз сорбцияның, табиғи сорбенттің және антиоксиданттың, органикалық қалдықтардың ыдырауы, экологиялық таза гидролизі, жағымсыз иіс, морфологиялық деңгейде ұшқыш заттар мен газдардың жойылуы, органикалық қалдықтар мен табиғи лигниннен құнарлы компосттың түзілуі, полигондардағы жерді мелиорациялау.

Аннотация

Предложен способ утилизации бытового мусора с уничтожением источника неприятного запаха от разложения органических отходов в мусорных полигонах с применением экологически чистого лигнина растительного происхождения.

Ключевые слова: экологически чистый гидролиз растительного сырья, растительные отходы, солома, древесноволокнистое сырьё, углекислый газ (CO₂), угольная кислота, углеводородный материал натурлигнин, сорбция, неограниченная сорбция, природный сорбент и антиоксидант, разложение органических отходов, неприятный запах, уничтожение летучих веществ и газов на морфологическом уровне, образование плодородного компоста из органических отходов и натурлигнина, рекультивация земли на мусорных полигонах.

Проблемы по утилизации ТБО на нашей планете приобрело катастрофические масштабы, разработаны способы переработки этих отходов и в своей основе они строятся на сортировке этих отходов и в дальнейшем производится переработка отсортированных отходов по типу и составу сырья: пластик, бумага, синтетика, полиэтилен и прочее. Основной способ утилизации мусора – это захоронение мусора в

землю на мусорных полигонах. Это связано с тем, что запах от разложения органических отходов не позволяет заниматься сортировкой мусора.

Органические отходы подвергаются воздействию микроорганизмов, которые разлагают органику, и в результате этого разложения отходы выделяют запах, который привлекает насекомых и прочие микроорганизмы. Хранилища ТБО во всем мире сопровождаются выделением неприятного запаха, привлекающего птиц и мелких животных, которые становятся разносчиками инфекций и прочих заболеваний. Избавление от запаха не нашло кардинального решения, кроме как разбрызгивание ароматических химикатов, но у множества людей это вызывает аллергическую реакцию. Также имеют применение сорбенты, но если обычный сорбент вбирает в себя влагу и прочие смеси – газы и запахи из окружающей среды – то этот сорбент имеет предел своих возможностей. И когда наступает этот предел, то сорбент больше не впитывает в себя эти примеси из окружающей среды, т.к. сам становится распространителем накопленных запахов и влаги.

В 2016 году в Республике Казахстан запатентовано устройство и способ паровзрывного гидролиза древесноволокнистого сырья с угольной кислотой. Угольная кислота образуется из паров воды и углекислого газа (CO_2). В результате технологической переработки в устройстве получен экологически чистый углеводородный материал – натурлигнин. Натурлигнин не имеет предела в сорбционных свойствах и в идеальных условиях, он впитывает в себя примеси и газы из окружающей среды бесконечно долго. Общеизвестно, что в природе встречается лигнин природного происхождения, и он существует миллионы лет. Только ученым неизвестно происхождение такого лигнина. Природный лигнин – единственное органическое соединение, которое существует миллионы лет.

Было решено провести эксперимент по утилизации мусора с устранением неприятного запаха от разложения органики и 2 мая 2024 года в домашних условиях был отобран мусор бытовой из мусорного ведра, состоящий из:

- картофельные очистки – 300 грамм;
- очистки от моркови -50 грамм;
- мясные вырезки (пленки и жилки) – 50 грамм;
- шелуха от лука – 20 грамм;
- скорлупа от двух яиц.

Всего - 470 грамм органических отходов.

Также добавлено к органическому мусору 50г неорганических отходов: полиэтиленовая пленка, бумага, пенопласт.

Органические отходы были в свежем виде, и запаха вначале ещё никакого не было. После того, как всю контрольную массу ТБО засыпали экологически чистым лигнином, появился устойчивый запах лигнина. В последующие дни наблюдалось вступление натурлигнина в реакцию с органикой, и постепенно вся эта смесь превратилась в органический компост. Неприятного запаха от разложения органики вообще не наблюдалось.

Все последующее время в компосте ничего нового не появлялось, и на 100-й день эксперимент был остановлен. Результат – при добавлении натурлигнина в бытовой мусор с органикой, органика не только не выделяет неприятного запаха от разложения, она стала вступать в реакцию с натурлигнином, образуя органический компост. В настоящее время автором новой технологии по утилизации ТБО с устранением неприятного запаха от разложения органики проводятся патентные работы, и имеется обращение к Правительству Республики Казахстан о применении этой технологии для утилизации мусора на полигонах ТБО.

Предлагается организовать производство натурлигнина из растительных отходов (соломы и ботвы растений). Покрыть мусорные полигоны измельченным

натурлигнином, и через 50-60 дней, когда натурлигнин вступить в реакцию с органикой и полностью исчезнет неприятный запах от разложения органики, при благоприятных условиях для сортировщиков, приступить к сортировке мусора на составляющие: бумага, пластик, стекло и прочее. Добравшись до слоя, куда лигнин не добрался, и не произошло вступление в реакцию с органикой, снова засыпать мусор натурлигнином и подождать 1,5-2 месяца и затем продолжить сортировку мусора.

Таким способом можно очистить мусорный полигон за год-полтора, не дожидаясь разложения мусора в естественных условиях в течение 20-50 лет. Следует принять во внимание, что натурлигнин также вступает в реакцию с почвой, отравленной от отходов от органики, и полностью рекультивирует почву, восстанавливая естественную форму и назначение – природные свойства земли.

Натурлигнин имеет применение не только для утилизации мусора. Натурлигнин способствует снижению парниковых выбросов, за счет повышения теплотворности твердого топлива, при добавлении его в уголь в небольшом количестве. Повышение теплотворности у угля способствует экономии твердого топлива, а экономия потребления твердого топлива прямо пропорционально снижению парниковых выбросов.

Производство углеводородного материала по инновационной технологии гидролиза растительного сырья с угольной кислотой, может положительно повлиять на экономику страны, решая экологические задачи по сохранению окружающей среды и создавая благоприятные условия для жизни человека.

Источники

- 1 Турсунов Т.Б., Хен В.А., Казпатент, Республика Казахстан, Патент РК №31635 от 31.10.2016г.:<http://kzpatents.com/5-31635-ustanovka-dlya-pererabotki-drevesnovoloknistogo-materiala-parovzryvnyim-gidrolizom.html>
- 2 Дмитрий Глумсков, журнал «Эксперт Казахстан» «Бизнес на соломе», 31.10. 2005 г. : <http://expertonline.kz/a8852/>
- 3 Хен В.А., Хен С.М. «Горный журнал Казахстана», Гипотеза о едином процессе происхождения углеводородов, кремния, сланцев и всех полезных ископаемых на Земле, июль-август 2018гг., НТО «КАХАК»: № 7 <http://minmag.kz/wp-content/uploads/2020/02/1807-o-1-211x300.gif>; №8 <http://minmag.kz/wp-content/uploads/2020/02/1811-o-1-211x300.gif> ;
- 4 Ссылка на видео в YouTube канале: https://youtu.be/xR_q33xAd_U?si=fOz3mvVDfjUw2tB5;
- 5 Статья Бекежанов Д, (Вестник КАЗНУ, 2017г.) «Проблемы и перспективы утилизации твердых бытовых отходов в Республике Казахстан»: <https://bulletin-law.kaznu.kz/index.php/journal/article/download/1054/1020/2085>

Влияние добавки пероксида водорода при выщелачивании золота. Обзор существующих исследований, методы и перспективы

Хумарбекулы Е.

(Филиал РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан)

В процессе цианирования золота кислород служит в качестве окислителя, однако его растворимость в выщелачивающем растворе ограничена. Это приводит к замедлению реакции в процессе. По мере продвижения реакций концентрация кислорода уменьшается, а его замена происходит медленно за счет вязкости среды и недостаточной аэрации, что приводит к снижению скорости выщелачивания и ограничивает количество извлекаемого золота. Данные проблемы обосновали изучение разных реагентов в качестве альтернативного окислителя.

В данной работе проводится обзор существующих исследований, посвященных использованию пероксида водорода в процессе выщелачивания золота. Исследования авторов [1] показывают, что процесс выщелачивания с применением пероксида водорода для извлечения золота из руд имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными методами цианирования. В исследовании, проведенном в Fairview Mine в Южной Африке, было установлено, что выщелачивание с применением пероксида водорода позволяет достичь высоких уровней растворенного кислорода за гораздо более короткое время, чем при использовании сжатого воздуха или чистого кислорода. В результате процесс ускоряет извлечение золота, позволяя достичь 91-96% извлечения в течение 1-4 часов, в то время как традиционному методу цианирования требуется 24-48 часов для достижения аналогичных результатов. Кроме того, использование пероксида водорода снижает потребление цианида, что не только экологически выгодно, но и уменьшает расходы на реагенты.

Авторы [2] рассмотрели влияние добавки пероксида водорода в различных условиях, включая температурные режимы, концентрацию реагентов и pH раствора. В ходе исследований было выявлено, что перекись водорода способствует ускорению процесса выщелачивания золота, особенно на ранних этапах, когда происходит активное окисление. Концентрация пероксида водорода также оказывает значительное влияние: при увеличении концентрации до 0,006 М отмечается двукратное увеличение скорости реакции. Это указывает на необходимость тщательного контроля параметров, чтобы избежать нежелательных побочных реакций, которые могут снизить эффективность процесса и увеличить потребление реагентов. Дальнейшие исследования, проведенные авторами, фокусируются на оптимизации температурных условий и контроле концентрации для достижения максимальной эффективности выщелачивания золота при использовании пероксида водорода.

Экспериментальные данные авторов [3] показывают, что предварительная обработка руды перекисью водорода в течение первых трех циклов выщелачивания повышает извлечение золота на 1,2% (с 54,69% до 55,89%), однако это приводит к небольшому увеличению потребления натриевого цианида на 0,04 кг/т. Эти результаты подтверждают перспективность использования пероксида водорода для повышения эффективности извлечения золота.

В рамках обзора был проведен анализ ранее опубликованных исследований и сбор данных из литературных источников. Эти данные подтверждают потенциальную эффективность пероксида водорода в процессе выщелачивания золота, при условии оптимального контроля концентрации и условий процесса.

Использование пероксида водорода представляет перспективный путь для улучшения процесса выщелачивания золота. Для оптимизации и повышения

эффективности процесса необходимы дальнейшие исследования, уделяющие внимание точному контролю концентрации пероксида водорода и условиям работы.

Источники

- 1 Loroesch, J., Knorre, H., Griffiths, A. Recent developments in gold leaching using hydrogen peroxide. SME-AIME Annual Meeting, Phoenix, AZ, January 1988.
- 2 Guzman, L., Segarra, M., Chimenos, J.M., Fernandez, M.A., Espiell, F. Gold cyanidation using hydrogen peroxide: Kinetic experiments, open circuit potential measurements, and voltammetry. *Hydrometallurgy*, 51(2), 121–130, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0304-386X\(99\)00006-7](https://doi.org/10.1016/S0304-386X(99)00006-7)
- 3 Yessengarayev Y., Surimbayev B., Baimbetov B., Mamyachenkov S.V., Kanaly T.S. Ore treatment hydrogen peroxide during heap leaching of gold, *Complex Use of Mineral Resources*. №1 (316), 2021. DOI: <https://doi.org/10.31643/2021/6445.01>

Обоснование замены железосодержащего материала при выплавке ферросплава из аморфных пород

Шевко В.М., Бадикова А.Д., Миркаев Н.М.

(Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан)

В статье приводятся результаты сравнительного анализа термодинамического компьютерного моделирования смесей аморфных пород с железом и магнетитом. Исследования проведены методом термодинамического моделирования, с использованием программы HSC-10.0 Outokumpu, и рототабельным планированием исследований второго порядка. Сравнительным анализом полученных данных установлено, что при замене в шихте железа на магнетит технологические показатели (извлечение Si в сплав, содержание Si в сплаве) практически идентичны, что является основой замены стальной стружки при выплавке ферросилиция на менее дефицитный магнетитовый концентрат.

Ключевые слова: трепел, диатомит, опока, ферросилиций, железо, магнетит.

Особенностью диатомита, трепела и опоки является их аморфность, которая придает этим осадочным породам большую реакционную способность в сравнении с кристаллическим SiO₂ [1,2]. В ЮКУ им М. Ауэзова проводится работа посвящённая определению возможности получения ферросплавов из смеси аморфных осадочных пород: диатомита, трепела и опоки [3,4]. При производстве ферросплавов основным железосодержащим компонентом является стальная стружка [5], цена на которую составляет от 120 тыс. тенге. В последнее время образовался дефицит стальной стружки. Поэтому исследования, направленные на замену стальной стружки на другой, более доступный материал (например магнетит) являются актуальными.

Исследования по термодинамическому моделированию проводились с использованием программного комплекса HSC-10.0 (Outokumpu) и методами рототабельного планирования второго порядка (планы Бокса-Хантера). В статье представлен результат сравнительного анализа влияния железа и магнетита на технологические параметры получения ферросплава из смесей аморфных пород.

Для определения влияния вида смеси аморфных смесей на степень извлечения кремния в сплав и содержания этого элемента в сплаве, при взаимодействии их с углеродом и железом проведено сопоставление результатов по влиянию железа на технологические показатели (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние железа и вида смеси пород на $\sum\alpha\text{Si}$ и CSi(спл)

Смесь пород	Fe, %	Δ Fe, %	$\sum\alpha\text{Si}$, %	$\Delta\sum\alpha\text{Si}$, %	CSi(спл), %	$\Delta\text{CSi(спл)}$, %
Диатомит-опока	18-46	28	44,0-78,5	+34,5	42,9-36,4	-6,5
Трепел-опока	19-47	28	47,1-81,6	+34,5	42,1-35,5	-6,5
Диатомит-трепел	16-44	28	41,7-78,1	+36,4	41,2-34,9	-6,3

Из таблицы 1 видно, что в системах (опока+трепел)-C-Fe, (диатомит+опока)-C-Fe, (диатомит+трепел)-C-Fe увеличение количества железа позволяет повысить степень извлечения кремния в сплав, с уменьшением концентрации при этом кремния в сплаве.

По возрастанию степени максимального извлечения кремния в сплав при 2000°C смеси располагаются в следующей последовательности: диатомит+трепел (78,13%), диатомит+опока (78,51%), опока+трепел (81,6%).

По увеличению содержания кремния в сплаве при 2000°C ряд смесей образует следующий ряд: диатомит+трепел (41,23%), опока-трепел (42,08%), диатомит+опока (42,89%). Независимо от вида смеси пород увеличение количества железа практически не влияет на величину повышения степени перехода кремния в сплав ($\Delta\sum\alpha\text{Si}$) и на величину снижения концентрации кремния в сплаве ($\Delta\text{CSi}_{(\text{спл})}$). Из смеси опока+трепел возможна выплавка ферросилиция марки FeSi45 при 1800°C, если в системе снизить количество углерода от 34 до 25%.

Наиболее вероятной маркой сплава при выплавке рассматриваемых смесей аморфных пород является ферросилиций марки FeSi25, получаемый температурной области 1600-1660°C с содержанием до 30% кремния.

Сопоставление полученных результатов влияния Fe₃O₄ и вида смеси пород на $\sum\alpha\text{Si}$,% и $\text{CSi}_{(\text{спл})}$,% показано в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние Fe₃O₄ и вида смеси пород на $\sum\alpha\text{Si}$ и $\text{CSi}_{(\text{спл})}$

Смесь пород	Fe ₃ O ₄ ,%	$\Delta\text{Fe}_3\text{O}_4$,%	$\sum\alpha\text{Si}$,%	$\Delta\sum\alpha\text{Si}$, %	$\text{CSi}_{(\text{спл})}$, %	$\Delta\text{CSi}_{(\text{спл})}$,%
Диатомит-опока	22-61	39	42,5-75,1	+32,6	41,9-35,4	-6,5
Трепел-опока	22-61	39	45,4-79,1	+33,7	41,2-34,7	-6,5
Диатомит-трепел	26-65	39	40,5-75,6	+35,1	40,5-34,6	-6,4

Из сопоставления равновесных показателей взаимодействия в системах (опока+трепел)-C-Fe₃O₄, (диатомит+опока)-C-Fe₃O₄, (диатомит+трепел)-C-Fe₃O₄, следует, что увеличение количества Fe₃O₄ повышает степень извлечения кремния в сплав, с уменьшением при этом концентрации кремния в сплаве. По степени увеличения степени извлечения кремния в сплав смеси располагаются в следующей последовательности: диатомит+опока (75,09%), диатомит+трепел (75,55%), опока+трепел (79,05%). По увеличению содержания кремния в сплаве смеси располагаются в следующий ряд: диатомит+трепел (40,51%), опока+трепел (41,20%), диатомит+опока (41,93%).

Из таблицы 2 также видно, что увеличение количества Fe₃O₄ незначительно влияет на величину повышения степени извлечения кремния в сплав ($\Delta\sum\alpha\text{Si}$) находясь в пределах 32,6-35,1% и оно не влияет на величину снижения содержания кремния в сплаве ($\Delta\text{CSi}_{(\text{спл})}$) находясь в пределах 6,3-6,5%.

Из сравнения взаимодействия в системах в присутствии железа, с системами в присутствии магнетита, следует, что средняя степень извлечения кремния в сплав в присутствии железа $= (78,13+78,51+81,6)/3=79,41\%$, несколько выше, чем в присутствии Fe₃O₄ составляет $(75.09+75.55+79.0)/3=76.56\%$, и отличается менее, чем на 1% концентрация Si в сплаве: в присутствии Fe - $(41,23+49,08+42,89)/3=42,06\%$ и в присутствии Fe₃O₄ - $(40.51+41.2+41.93)/3=41.23\%$.

Таким образом на основании термодинамического компьютерного моделирования получения кремнистого ферросплава из смесей аморфных пород показано, что при замене в шихте железа на магнетит технологические показатели (извлечение Si в сплав, содержание Si в сплаве) практически идентичны, что является основой замены стальной стружки при выплавке ферросилиция на менее дефицитный магнетитовый концентрат.

Настоящее исследование выполнено при финансировании Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № BR21882181).

Источники

- 1 Герасимова Н.С. Кристаллические решетки и их дефекты. – Калуга: филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 72 с.
- 2 Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. – М.: Стройиздат, 1986. – 407 с.
- 3 Amanov D., Shevko V., Karatayeva G., Serzhanov G. Thermodynamic analysis of obtaining ferroalloy from silicon-aluminum-containing silica clay (2017) *Chemistry and Chemical Technology*, 11 (4), pp. 410 - 414. DOI: 10.23939/chcht11.04.410.
- 4 Mirkayev N.M., Shevko V.M., Aitkulov D.K., Badikova A.D. Thermodynamic and experimental substantiation for obtaining ferrosilicon from tripoli (2023) *Metallurgical Research and Technology*, 120 (1), art. no. 113, DOI: 10.1051/metal/2023003.
- 5 Лякишев Н. П. Гасик М. И., Дашевский В. Я. *Металлургия ферросплавов.* – Москва: МИСИС, 2006. – 117 с.

Спонсоры

**ICMD Holding GmbH –
Платиновый спонсор**



**ТОО «Bary Mining» –
Золотой спонсор**



Информационная поддержка

ТОО «TNT EXPO»





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

ufi
Approved
Event

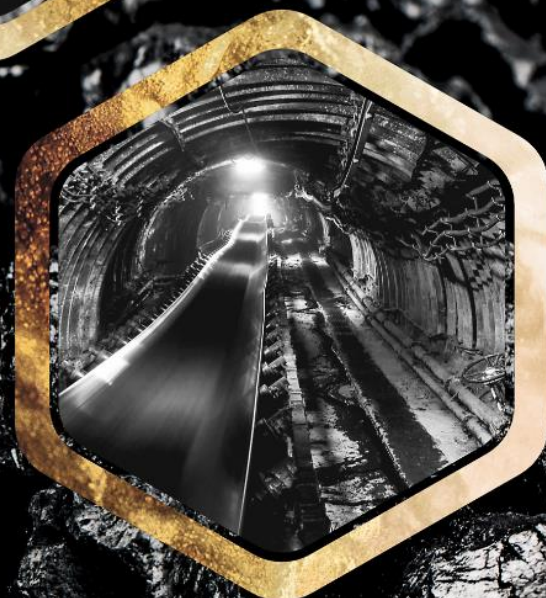


Mining Week

KAZAKHSTAN'2025

24-26.06.2025

[КАРАГАНДА] [КАЗАХСТАН]



ТОО «TNT EXPO»

+7 (727) 344 00 63

mintek@tntexpo.kz

mining.week.kazakhstan



MININGWEEK.KZ

Материалы

**Международной научно-практической конференции
«Инновации и комплексная переработка минерального сырья –
актуальные составляющие диверсификации экономики»,**

посвященной

**30-летию РГП «НЦКПМС РК»
и 15-летию РОО «КазНАЕН»**

2 ТОМ

Ответственные редакторы:

*академик, д.т.н. А.А. Жарменов
академик, д.т.н. А.Ж. Терликбаева
профессор, д.т.н. С.В. Ефремова*

ISBN 978-601-08-4496-4



Компьютерная верстка к.т.н. **Стукалова Н.Г.**