

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

КАЗАХСТАНА

издается с 2000 года

идеи ► технологии ► результат



- Глава государства провел первое заседание Высшего совета по реформам
- Развитие и внедрение технологии кучного выщелачивания окисленных медных руд
- Производство дорожных битумов по технологии компаундирования
- Региональные нефте- и газохимические кластеры как основа инновационного развития нефтяной отрасли
- ВНИИцветмет в годовщину своего юбилея
- Тендер технологий
- Вехи истории

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

КАЗАХСТАНА

издается с 2000 года

идеи ► технологии ► результат

Подписной индекс: 75916
Международный код ISSN 1608-8425

Подписку можно оформить:

- АО «Казпочта» - во всех отделениях почтовой связи и почтамтах РК
- ТОО «Евразия Пресс»
- ТОО «Эврика Пресс»

По вопросам адресной подписки обращаться:

Республика Казахстан, 050036,
г. Алматы, ул. Жандосова, 67
Тел.: 8 (727) 259 00 70 (доп. 155),
факс: 8 (727) 259 00 75,
e-mail: axo67@mail.ru
industrykz@mail.ru

По вопросам рекламы обращаться:
e-mail: prom56@mail.ru



ПОДПИСКА

2020

Аналитика, обзоры, мнения специалистов, а также научные результаты в разделе «Тендер технологий»

Журнал включен в перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК для публикации основных результатов диссертаций по специальностям: «Науки о Земле и географические науки», «Технические науки и технологии»

СТРАНА	Глава государства провел первое заседание Высшего совета по реформам	2
ЭКОНОМИКА	Госдолг Казахстана на безопасном уровне	4
ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО	Недропользование в Казахстане	8
АКТУАЛЬНО	Технико-экономическая оценка выемки и переработки отвальных хвостов из карьера «Главный» на Карагайлинской обогатительной фабрике ТОО «Корпорация «Казахмыс»	11
ИНДУСТРИЯ	Выплавка высокомарочного ферросилиция с использованием кварцита месторождения «Тектурмас»	15
	Развитие и внедрение технологии кучного выщелачивания окисленных медных руд	18
	Производство дорожных битумов по технологии компаундирования	21
НЕФТЬ	Региональные нефте- и газохимические кластеры как основа инновационного развития нефтяной отрасли	23
ЭКОЛОГИЯ	Экологический мониторинг прибрежной зоны Каспийского моря в районе прилежащем к территории областного центра Мангистауской области	29
ТЕХНОЛОГИИ	Қар тазалауға арналған жаңа жұмыс мүшесін негіздеу	32
ЮБИЛЕИ	ВНИИцветмет в годовщину своего юбилея	34
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ		38
ТЕНДЕР ТЕХНОЛОГИЙ	Spirulina platensis-хитозан-цеолит композиті көмегімен Cr ³⁺ иондарын сулы ерітінділерден бөлу	40
	Табиғи диатомит негізінде сорбенттер алу	44
	Polymer cement composition on the basis of rock-sawing wastes of limestone-shell	48
	Термодинамически-диаграммный анализ фазового состава кальцийсодержащего ферросплава на основе системы Mn–Ca–Si–Al	52
	Оптимизация состава шихты магниезиальных пропантов методами математического моделирования	56
	Определение физико-механических свойств руды месторождения «Карамола»	59
	Адсорбционная иммобилизация клеток микроорганизмов на минеральных носителях	61
	Исследование фазовых превращений при нагреве брикетированной моношихты из хромсодержащих материалов и углеродистых восстановителей	63
	Исследование химико-минералогического состава известняка-ракушника Мангистауской области	66
	Разработка гелевых композиций с агар-агар для лечебно-косметических препаратов	71
	Исследование физико-химических характеристик проб нефти месторождения «Карачаганак»	75
	Создание эффективных и безопасных систем разработки бедных руд в маломощных крутопадающих залежах (жилах)	78
	Управление геомеханическим состоянием приконтурного массива в зоне влияния горного давления	82
	Керамический кирпич из отходов углеобогащения Карагандинского и Экибастузского угольных месторождений	88
	Получение активированного угля на основе отходов переработки пшеничного зерна и его применение в сорбции рения	92
	ИСТОКИ КУЛЬТУРЫ	Вехи истории
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ		99



ГЛАВА ГОСУДАРСТВА ПРОВЕЛ ПЕРВОЕ ЗАСЕДАНИЕ ВЫСШЕГО СОВЕТА ПО РЕФОРМАМ

21 октября во дворце «Акорда» под председательством Президента Касым-Жомарта Токаева состоялось первое заседание Высшего совета по реформам.

На мероприятии с докладом выступили члены Высшего совета по реформам: советник Президента – заместитель Председателя Высшего совета по реформам Сума Чакрабарти, Премьер-министр Аскар Мамин, председатель Агентства по стратегическому планированию и реформам Кайрат Келимбетов, а также авторитетные зарубежные эксперты – Андрес Веласко, лорд Френсис Мод и лорд Филлип Хаммонд.

Выступая перед членами совета, глава государства отметил, что граждане страны ожидают новаторских подходов и новых решений, в выработке которых ключевую роль должен сыграть Высший совет по реформам. По его словам, совет будет принимать решения по весьма сложным вопросам, касающимся повышения конкурентоспособности национальной экономики и повышения благосостояния населения.

Подчеркнув, что деятельность совета должна в корне отличаться от других консультативно-совещательных органов, Президент заявил о необходимости открыто говорить о существующих проблемах и задачах, не обходить «острые углы» или «подводные камни».

«Нельзя ограничиваться простой констатацией фактов, описанием складывающейся ситуации. Главное – своевременно принимать нужные решения. Это значит, что совет не должен просто одобрять заранее подготовленные предложения, которые на поверку зачастую

оказываются неработающими. Совет должен ставить окончательную точку в длительных ведомственных спорах. Задача совета – задавать новые ориентиры в управлении национальной экономикой, общественном развитии, институциональных реформах. И, конечно же, контролировать ход текущей работы», – отметил Касым-Жомарт Токаев.

Касым-Жомарт Токаев подчеркнул, что несмотря на пандемию регулярно обсуждаются актуальные вопросы развития страны, реализовано несколько важных инициатив и в данный момент разрабатываются новые предложения по реформированию различных сфер государственной политики.

«Граждане должны увидеть и ощутить на себе конкретные результаты государственной политики не в какой-то далекой перспективе, а уже в ближайшее время. Надо понимать, что международные рейтинги при всей их важности уже не производят впечатления на граждан и не оказывают эффекта на их социальное самочувствие», – убежден Президент.

Глава государства предложил в рамках следующего заседания совета рассмотреть новые подходы к системе государственного планирования и принять решение по этому вопросу.

«Нам предстоит выстроить более гибкую архитектуру программных документов, определяющих цели и этапы развития государства в каждой

сфере. Система будет увязана с бюджетным планированием и утвердит прямую ответственность руководителей госорганов за выполнение поставленных задач. Важно обеспечить выполнение решений Высшего совета, реализацию национальных проектов, внедрение принципов проектного управления реформами. На данном этапе – это ключевая задача Агентства по стратегическому планированию и реформам», – сказал Президент Казахстана.

Касым-Жомарт Токаев также акцентировал внимание на Стратегическом плане развития страны до 2025 года, который должен стать основой для дальнейших действий на среднесрочную перспективу, добавив, что в данном документе будет сформулирована новая повестка развития.

Глава государства отметил, что Правительство разработало предварительную версию Стратегического плана, который теперь необходимо доработать совместно с АСПиР и обсудить с членами Высшего совета, а его итоговый вариант на следующем заседании представит Премьер-министр.

Касым-Жомарт Токаев назвал проблематичным качество первичных данных, особенно относящихся к ведомственной статистике. Улучшению ситуации в данной сфере должна способствовать передача комитета по статистике в ведение АСПиР.



«Следует разработать реформы, направленные на обеспечение достоверности фактологических данных и их качественную интерпретацию. Предстоит использовать инструментарий обработки больших данных в целях корректного моделирования экономических, демографических и иных процессов, построения достоверных прогнозов для принятия выверенных решений», – заявил Президент.

Глава государства поручил АСПиР предметно проработать данный вопрос совместно с министерством цифрового развития и внести конкретные предложения для решительного улучшения ситуации.

В ходе заседания Касым-Жомарт Токаев также напомнил о том, что в контексте «слышащего государства» необходимо принимать в работу независимые суждения со стороны неправительственных организаций и отдельных граждан.

Президент Казахстана предложил в рамках совета сформировать шесть рабочих групп по каждому из ключевых направлений реформ, куда помимо членов совета могут входить должностные лица, представители общественных организаций, международные и отечественные независимые эксперты.

Первой группе под руководством Сумы Чакрабарти предстоит заняться разработкой эффективной макроэкономической политики, которая должна учитывать такие задачи, как эффективность денежно-кредитной и фискальной политик, налоговой системы, обеспечение устойчивости финансового сектора.

Вторая группа во главе с руководителем администрации Президента Ерланом Кошановым будет разрабатывать вопросы реформы судебной и правоохранительной систем. Глава государства считает, что в данном направлении предстоит большой объем работы, и косметическими мерами обойтись уже не получится.

Отдельная группа будет сфокусирована на «перезагрузке» социальной сферы. Касым-Жомарт Токаев напомнил,

что по его поручению разрабатывается абсолютно новый для Казахстана документ – Социальный кодекс.

«По сути, этот документ призван систематизировать взаимоотношения между гражданином и государством, четко очертить их взаимные обязательства, а также конкретизировать минимальные социальные гарантии, предоставляемые казахстанцам: от получения дошкольного образования и до пенсионного обеспечения граждан», – отметил Президент.

Также будет создана группа по диверсификации экономики. Касым-Жомарт Токаев высказал твердое убеждение, что это безальтернативный путь для нашей страны. При этом, по его мнению, реально работающих механизмов все еще недостаточно.

«Пока выгоднее добывать сырье, заниматься перепродажами, сидеть «на игле» госзаказов», – заметил глава государства.

Работа двух вышеуказанных групп будет организована под руководством Премьер-министра.

В пятой группе представители Правительства и Национальной палаты предпринимателей «Атамекен» будут заниматься вопросами бизнес-регулирования.

Деятельность шестой группы под руководством заместителя руководителя Администрации Президента Тимура Сулейменова, будет посвящена вопросам современного госуправления и эффективных государственных услуг.

«Перед нами стоит задача придания госаппарату нового качества. Он должен обладать большей гибкостью и полномочиями при принятии решений, брать на себя ответственность с целью достижения искомых результатов. Здесь многое зависит от внедрения современных цифровых технологий. В этом вопросе застой недопустим», – убежден Касым-Жомарт Токаев.

Касым-Жомарт Токаев также высказался о необходимости обязательного повышения представленности женщин в руководящих органах компаний с государственным участием до 30 %.

«Полагаю, что мы должны подумать о поэтапной реализации данной инициативы. Это сделает бизнес-сферу более привлекательной для женщин», – сказал глава государства.

Президент также затронул вопросы трудовой миграции казахстанцев. По его мнению, в данной сфере сохраняются сложности с регистрацией, различные бытовые трудности и другие проблемы, с которыми приходится сталкиваться некоторым нашим согражданам.

«Это многогранный процесс, который имеет такие положительные стороны, как повышение квалификации, приобретение новых навыков, накопление стартового капитала для создания собственного дела, адаптация к другой социокультурной среде. Поэтому государство приложит все усилия для реализации потенциала казахстанцев, в том числе находящихся в трудовой миграции. Правительству следует предметно изучить все эти вопросы и внести предложения», – поручил Касым-Жомарт Токаев.

Завершая свое выступление, Президент Казахстана подчеркнул, что перед нами стоят задачи важного государственного значения, а времени на раскачку нет.

Глава государства подчеркнул, что предстоящая 30-летняя годовщина Независимости должна пройти под знаком экономических и политических реформ, цифровизации, защиты прав людей, развития здравоохранения и образования, защиты экологии. Как отметил Президент, год 30-летия Независимости – это возможность понять то, что нам дала Независимость, осознать ее значение и ценности: «Следующий год – год 30-летия Независимости нашего государства. Эту памятную дату мы должны встретить не праздничными мероприятиями, а конкретными делами. 30-й год нашей Независимости следует отметить ударным, продуктивным трудом. Речь, прежде всего, идет об эффективных реформах, направленных на обеспечение благополучия наших граждан».

ГОСДОЛГ КАЗАХСТАНА НА БЕЗОПАСНОМ УРОВНЕ

«Госдолг Казахстана находится на достаточно безопасном уровне и ежедневно мониторится», – заявил заместитель премьер-министра РК Алихан Смаилов на обсуждении вопроса на одном из пленарных заседаний мажилиса в октябре.

На сегодня государственный долг Казахстана, по его словам, находится на безопасном уровне. Установленный лимит госдолга – 27 % от ВВП.

По данным Смаилова, международные организации устанавливают лимит госдолга в 50 % ВВП. Причем, в настоящее время в связи с кризисными явлениями этот лимит пересматривается в сторону повышения в странах Европейского союза.

«Поэтому от тех лимитов, которые установлены международными организациями, Казахстан еще далек и в целом, показатель находится на постоянном мониторинге и с учетом того, что в рамках трех лет дефицит будет снижаться, а страна максимально заимствует в мягких валютах: тенге, российских рублях и уходит от валютных рисков, позволяет правительству быть на относительно комфортном уровне по госдолгу», – резюмировал Смаилов.

Однако, по мнению депутата мажилиса Дании Еспаевой, долг правительства за пять лет увеличится в два раза и составит 25,7 триллиона тенге.

«В соответствии с прогнозом социально-экономического развития рост госдолга прогнозируется в 2021 году до 30,3 %, в 2022 году – до 30,5 % к ВВП», – добавила Еспаева в ходе обсуждения законопроекта «О гарантированном трансферте из Национального фонда РК на 2020-2022 годы».

По оценке правительства, долг государства уже в 2020 году составит 29,2 % к ВВП, что выше ограничения в 27 %, установленного концепцией бюджетной политики. При увеличении госдолга вырастет и нагрузка на республиканский бюджет, так как увеличатся расходы на обслуживание госдолга. А они вырастут с 12,9 % в 2019 году до 23 % в 2022 году и 2023 годах. В результате будет превышено ограничение долговой нагрузки для бюджета в 15 %, установленное концепцией формирования и использования средств Национального фонда.

«В 2021 году планируется сокращение дефицита бюджета до 3,4 % к

ВВП, – поддержал курирующего экономический блок правительства вице-премьера министр национальной экономики Казахстана Руслан Даленов. – В направлении контроля расходов на обслуживание госдолга проводится работа по сокращению бюджетного дефицита. Уже в 2021 году планируется сокращение дефицита до 3,4 % к ВВП, в 2023 году – до 2,1 % к ВВП». По его словам, в 2020 году расходы на обслуживание и погашение госдолга составят 13 % к ВВП, к 2023 году они возрастают до 23 %.

Для сдерживания роста расходов на обслуживание и погашение долга планируется приоритет в финансировании дефицита придавать тенговому финансированию, что снизит валютные риски и связанный с ними риск роста обслуживания госдолга. Также ключевые бюджетные показатели позволят оценивать устойчивость госфинансов, в том числе долговую.

Предполагается внедрить оценку качества заявляемых расходов на этапе планирования. Соответствующие поправки в законодательство уже подготовлены. Они позволят сдерживать рост расходов на обслуживание и погашение долга.

Нацбанк Казахстана сохранил в октябре базовую ставку на уровне 9 %

Национальный банк Республики Казахстан принял решение сохранить базовую ставку на уровне 9 % годовых с сохранением процентного коридора $\pm 1,5$ п. п. Соответственно, ставка по операциям постоянного доступа по предоставлению ликвидности составит 10,5 % и по операциям постоянного доступа по изъятию ликвидности – 7,5 %.

Согласно информации Нацбанка, второй месяц подряд наблюдается стабилизация инфляции. По итогам сентября годовая инфляция складывается ниже ожиданий Нацбанка на уровне 7 %.

Продовольственная и непродовольственная компоненты инфляции стабилизировались, составив 10,8 и 5,5 % соответственно. Инфляция платных услуг сформировалась на уровне 3,6 %.

Показатели базовой инфляции стабилизировались. Базовая инфляция (без фруктов и овощей, регулируемых коммунальных услуг, железнодорожного транспорта, связи, бензина, дизельного

топлива и угля составила 7,4 % в сентябре, отклонение от фактической инфляции сократилось до 0,4 п. п. Базовая и медианная инфляция в сентябре демонстрируют более умеренную динамику – 6,1 и 4,6 % соответственно.

Ожидаемый спад

С начала года реальный сектор демонстрирует ожидаемый спад, при этом восстановление продолжается. По итогам 9 месяцев ВВП сократился в соответствии с прогнозами на 2,8 %.

Негативное влияние пандемии COVID-19 на экономику Казахстана сохраняется, однако в отдельных секторах наблюдается улучшение, обусловленное смягчением карантинных мер и господдержкой. В сентябре положительный вклад внесли обрабатывающая промышленность (2,9 %), сельское хозяйство (5,1 %), строительство (24,2 %), предприятия информации и связи (7,3 %). В торговле впервые с марта зафиксирован рост на 2,7 %.

Основной отрицательный вклад в динамику ВВП внесли отрасли горнодобывающей промышленности (-7,7 %) и транспорта (-23,1 %).

Инвестиции в основной капитал в январе-сентябре 2020 года снизились на 4,9 %, отражая эффект шока, вызванного пандемией коронавируса. Восстановление инвестиционной активности происходит в транспорте и профессиональной, научно-технической деятельности, с начала года рост на 5,7 и 57,1 %, соответственно. Негативная динамика инвестиций сохраняется в горнодобывающей отрасли, где спад по итогам января-сентября углубился по сравнению с предыдущими месяцами (спад на 23 %).

Годовое снижение реальных денежных доходов составило 2,5 %.

Проблема промышленной политики Казахстана в отставании в более высоких переделах

В октябре депутаты сената Республики Казахстан не отставали от коллег из мажилиса в озвучивании трудных вопросов.

«Проблема государственной промышленной политики Казахстана – в отставании в более высоких переделах», – заявил депутат сената Едил Мамытбеков.

Казахстан – крупнейший игрок на рынке урана, значимый поставщик углеводородов, металлов и другой сырьевой продукции. Проблема страны, по словам сенатора, заключается в отставании в более высоких переделах, каждый из которых является материальным воплощением химических, физических и биологических процессов. Именно разрыв между наукой и производством является причиной низкой эффективности и высокой стоимости реализации любого казахстанского промышленного проекта.

По словам Едила Мамытбекова, в Казахстане нет взвешенной и сбалансированной государственной промышленной политики. Эта ситуация вызвана комплексом факторов: к системным проблемам можно отнести отсутствие последовательности и сквозной вертикали поддержки отечественных товаропроизводителей.

Проблема в региональном и корпоративном сегментах остается. Фактически большинство руководителей местных исполнительных органов и госкомпаний руководствуются не теми задачами, которые решает правительство, а сугубо местными, узко корпоративными. И в последнюю очередь целесообразность промышленной политики определяются задачами кооперации в рамках ЕАЭС.

Другой депутат сената – Сагындык Лукпанов, предложил правительству страны развивать в Казахстане производство полимеров из нефти.

Известно, что нефтегазохимическая отрасль дает высокий мультипликативный эффект – полимерное сырье становится основой для развития новых производств. В соответствии с прогнозами экспертов к 2030 году доля нефтегазохимии в мировом ВВП превысит 7 %. Вместе с тем, несмотря на указанные мировые тренды, Казахстан в развитии нефтегазохимической отрасли активности не проявляет.

При этом Сагындык Лукпанов отметил, что ряд соседних стран, обладающих углеводородными ресурсами, интенсивно развивают нефтегазохимическую промышленность. К примеру, в России действуют 12 комплексов, производящих в год около 5,5 миллиона тонн полиэтилена и полипропилена. Планируется строительство еще шести нефтегазохимических кластеров общей мощностью до 7 миллионов тонн продукции в год. В Азербайджане мощности по производству полиэтилена и полипропилена составляют более 300 тысяч тонн в год, в Туркменистане – 550 тысяч тонн, в Узбекистане – более 600



тысяч тонн. В то же время в Казахстане производится всего около 70 тысяч тонн полипропилена в год.

По мнению Лукпанова, в Казахстане необходимо разработать национальный проект, направленный на развитие отечественной нефтегазохимической отрасли.

В средней и долгосрочной перспективе для стран, обладающих углеводородными ресурсами, продукция нефтегазохимии станет основой экспорта. Казахстану необходимо принимать меры по сокращению отставания от ближайших региональных конкурентов. Для этого требуется консолидация усилий госорганов и квазигоссектора, которые могут обеспечить принятие отдельного директивного документа в виде Национального проекта, определяющего развитие нефтегазохимической отрасли Казахстана на долгосрочный период, добавил сенатор.

Административно снизить уровень ставок до 7-8 % – опасно для стабильности

Перед сенатом пришлось отвечать и Нацбанку Казахстана.

Административное снижение предельного уровня ставок до 7-8 % может быть недостижимо ввиду того, что устанавливаемая ставка не будет компенсировать принимаемые банками риски. Это приведет к аккумуляции рисков, ухудшению качества активов, снижению предложения кредитных ресурсов и окажет негативное влияние на финансовую стабильность.

Для постепенного снижения стоимости кредитов принципиально важно решение формирующих кредитный риск системных проблем: непрозрачных структур компаний и низкого качества

корпоративного управления, неблагоприятных условий ведения бизнеса, высокой доли государства в экономике, вымывающей частный сектор, низкой фискальной дисциплины, низкой эффективности процедур банкротства.

Процентная ставка – это рыночный инструмент. Она определяется как бизнес-моделью банка, так и макроэкономическими индикаторами. Уровень процентной ставки банки определяют самостоятельно.

За август 2020 года средневзвешенная ставка по кредитам в тенге юридическим лицам составила 11,9 %. При этом в феврале 2016 года, когда базовая ставка была установлена на достаточно высоком уровне (17 %), ставка по кредитам бизнеса составляла 19,1 %. С того времени на фоне снижения инфляции в 2,5 раза с максимального значения 17,7 % в июле 2016 года до 7 % в сентябре 2020 года, базовая ставка снизилась до текущих 9 %. Таким образом, смягчение денежно-кредитных условий способствовало снижению ставок.

В свою очередь, средневзвешенные ставки по ипотечным кредитам уже находятся на уровне 7-8 %, преимущественно за счет реализации госпрограмм по обеспечению населения жильем, составив в августе 7,6 %.

Возможность рыночного установления процентной ставки позволяет банкам, по данным регулятора, приспосабливаться к ситуации на рынке и поглощать принимаемые риски. Текущий уровень ставок по кредитам объясняется стоимостью фондирования, стоимостью которого зависит от конкуренции, макроэкономической среды и базовой ставки центробанка. Для долгосрочного и стабильного фондирования банков

ставки по депозитам должны быть выше уровня инфляции, чтобы обеспечить сохранность сбережений вкладчиков. При этом административное снижение реальной доходности путем снижения ставки ниже уровня инфляции снизит привлекательность тенговых активов, дестимулирует сбережения и дестабилизирует финансовую систему. В этой связи, снижение стоимости фондирования будет зависеть, в первую очередь, от снижения уровня инфляции.

Также, текущий уровень ставок по кредитам определяется кредитным риском. Ввиду недостатка качественных заемщиков в Казахстане отмечается более высокий уровень невозврата выданных кредитов по сравнению с другими странами. Причины этого – низкая кредитная дисциплина, высокая долговая нагрузка заемщиков, недостаточность собственного капитала, ликвидности и доходности инвестиций среди предприятий. Как результат, кредитный риск отечественных заемщиков находит отражение в марже банка и более высоких процентных ставках.

Сжиженный газ в Казахстане дешевле, поэтому его вывоз запрещен

«Сжиженный газ в Казахстане стоит в 4-5 раз дешевле, чем в России или Таджикистане, поэтому его запретили вывозить из страны автотранспортом», – заявил директор Департамента газа и нефтегазохимии Министерства энергетики Республики Казахстан Зияш Киякбаев.

Экспорт сжиженного газа из Казахстана автотранспортом запретили по нескольким причинам. Есть огромный ценовой дисбаланс между казахстанскими ценами (38,7 тысячи тенге за тонну (без НДС)) и ценами приграничных регионов России, где цена в 4-5 раз выше. По данным издания «Аргус», цена на газ – 165 тысяч тенге за тонну. Цена на газ в Таджикистане еще выше.

По словам Зияша Киякбаева, в 2017 году были факты, когда сжиженный газ, предназначенный для внутреннего рынка, нелегально вывозился. То есть, одна из причин запрета – исключить нелегальный или теневой экспорт газа за пределы Казахстана, максимально обеспечить защиту наших потребителей и производителей.

Внесены изменения в закон «О газе и газоснабжении» и внедрена система электронных торгов. Продажа газа поэтапно будет выводиться на электронные торги, а государство выходит из этого. Это создаст справедливый механизм ценообразования на сжиженный

газ, защитит интересы производителей, которые получают экономически обоснованную стоимость на свой продукт и будут заинтересованы в наращивании производства и инвестирование.

Электронные торги исключают посредников. Все сделки будут проходить в режиме двойного встречного анонимного аукциона, что позволит обеспечить максимальную транспарентность. То есть, производителям, которые реализуют газ на территории Казахстана по экономически обоснованным ценам, неинтересно будет вывозить газ нелегально. Это также повысит инвестиционную привлекательность отрасли переработки или подготовки газа. Сейчас регулируемые государством низкие цены не стимулируют рост инвестиционной привлекательности отрасли.

Утилизационный сбор на сельхозтехнику сохранен

Не менее жаркие дебаты состоялись в нижней палате парламента Казахстана и по утилизационному сбору на сельхозтехнику.

По словам вице-премьера Романа Скляра, Правительство Казахстана сочло нецелесообразным отмену утилизационного платежа в отношении сельхозтехники, хотя депутаты мажилиса на этом настаивали.

Согласно данным Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан, основной целью введения утилизационного сбора является обновление устаревшего на 80 % парка сельхозтехники, создание полноценной системы утилизации, а также стимулирование сдачи на утилизацию вышедшей из эксплуатации техники на территории Республики Казахстан.

Говоря о CLAAS, Lemken (Германия), John Deere, AGCO, Case New Holland, Green Plain (США) и других иностранных компаниях, которым ранее позволили не платить утильсбор, вице-премьер уточнил, что «указанное исключение было введено на основании ходатайства национальной палаты предпринимателей (НПП) «Атамекен», отраслевых ассоциаций и союзов при Министерстве сельского хозяйства Республики Казахстан, а также сельхозтоваропроизводителей, так как производимая в Казахстане техника не отвечает по своим характеристикам и качеству импортным моделям, необходимым при больших посевных и уборочных площадях, высокой урожайности, производстве масличных и иных высокорентабельных культур.

На заседании совета Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 21 февраля 2020 года Правительству

Казахстана было рекомендовано исключить данное изъятие с целью ликвидации дискриминационных мер производителей государств-членов ЕАЭС.

К тому же, введение утилизационного платежа на трактора и комбайны значительно повысило инвестиционную привлекательность отрасли сельхозмашиностроения.

В случае организации производства на территории Казахстана производители вправе получить стимулирование производства сельскохозяйственной техники, соответствующей экологическим требованиям технических регламентов ЕАЭС, в виде финансирования и возмещения ряда затрат. В рамках введения утилизационного сбора планируется запуск программы по сдаче вышедшей из эксплуатации сельхозтехники, взамен будет выдаваться скидочный сертификат, который в последующем может использоваться при приобретении новой техники. Номинал скидочного сертификата определяется в установленном законодательством порядке и может составлять до 1,5 миллиона тенге. На сегодня при сдаче комбайна в металлолом компенсация составляет порядка 300-500 тысяч тенге. Таким образом, по мнению Скляра, все вышеуказанные меры позволяют нивелировать затраты на утилизационный сбор и, более того, получить дополнительные выгодные условия для развития производства и повышения уровня локализации.

В авиаиндустрии внедряется британский стиль управления

Авиационная администрация Казахстана была организована 1 августа 2019 года. Сейчас управлением занимаются 110 человек и к концу года планируется увеличить штат до 175 сотрудников, прошедших обучение на соответствие международным стандартам ИКАО. Задача авиационной администрации – внедрить британский стиль управления в авиаиндустрии, поскольку он, по словам генерального директора АО «Авиационная администрация Казахстана» Питера Гриффитса, считается лучшим.

Вероятность включения Казахстана в черный список авиации очень низкая. В происшествии с самолетом Bek Air многие вопросы были отработаны позже с агентством Евросоюза. Все соответствующие требования теперь выполняются. Напомним, что в декабре прошлого года Казахстан подал заявку на статус наблюдателя Европейской конференции гражданской авиации и положительное решение станет большим шагом вперед для страны.

Для восстановления авиационной индустрии, пострадавшей от пандемии коронавируса, Правительство Казахстана приняло достаточно мер для того, чтобы удержать тарифы авиакомпаний и аэропортов. Очевидно, по оценке Гриффитса, что цена авиабилетов соответствует заработным платам. Очень важно также внедрить в Казахстане такие лоукостеры, которые помогут развивать экономику страны, чтобы воздушное сообщение было не только между такими городами, как Нур-Султан и Алматы, но и между другими регионами. Восстановление авиационной индустрии зависит от того, насколько долго продлится режим чрезвычайного положения из-за пандемии коронавируса.

Закончена работа по проверке лицензий, выданных на воздушные суда в Казахстане, начиная со списка пассажирских и грузовых самолетов, которые представляли повышенный риск, авиационной администрацией закончена. Следующий шаг – сделать так, чтобы все сертификаты, документация, выдавались в электронном формате. Это часть проекта цифровизации. И окончательный шаг – провести аудит всей документации, которая выдавалась на воздушные суда за последние 10 лет. Если сертификатов и согласования с ИКАО не окажется, такие самолеты будут сняты с эксплуатации.

После крушения судна B737 авиационная администрация с привлечением европейских специалистов провела тщательную проверку лайнеров на их соответствие, в результате сертификаты летной годности были отозваны у авиакомпаний «Ази Эйр» и «Джет Эйр». Сейчас авиакомпании, которые вылетают за пределы страны, имеют сертификат IOSA.

Также остается пока нерешенным вопрос о том, что авиатопливо в Нур-Султане и Алматы стоит дороже, чем в Лондоне, Москве, Дубае и Гонконге. Эта ситуация сложилась из-за зависимости от российских поставщиков и посредников, перепродающих керосин авиакомпаниям с 20-30 %-й наценкой.

Экспортный потенциал Казахстана

В Казахстане выявлено 16 наиболее перспективных для экспорта секторов экономики. «Экспортный потенциал Казахстана составляет порядка 13,5 миллиарда долларов», – заявил министр торговли и интеграции Республики Казахстан Бахыт Султанов.

По его словам, министерство сейчас активно работает с отраслевыми ассоциациями, чтобы эти теоретические цифры

превратить в конкретные контракты и каналы поставки казахстанских товаров на приоритетные экспортные рынки. Также идет работа с приоритетными партнерами: для каждой страны сформирован свой перечень товаров.

Сегодня в Казахстане, по данным Султанова, очень мало регулярных экспортеров – менее 2 % от общего числа компаний, это всего 445 субъектов. 81 % из них – представители малого и среднего бизнеса.

В основном экспортеры сконцентрированы сегодня в 3 городах: Алматы, Нур-Султане и Шымкенте. Наименее экспортноориентированной областью является Актюбинская – промышленная, но сконцентрированная на низких пределах.

Администраторы бюджетных программ не смогут «крутить» деньги от экономики

В рамках различных программ государство продолжает оказывать помощь малому и среднему бизнесу и одновременно ограничивать чиновников.

Одна из мер помощи – предоставление субъектам предпринимательства льготных займов, так называемая оборотная схема. «С 2019 года в Казахстане предпринимателям на оборотную схему выдано более 14 миллиардов тенге», – заявил заместитель директора Департамента внутренней торговли Министерства торговли и инвестиции Республики Казахстан Ерлан Ешпазаров.

Это схема – механизм, когда социальные предпринимательские корпорации финансируют субъектов торговли под 0,01 %, взамен субъекты торговли берут на себя обязательство по установлению фиксированных цен, то есть, цен ниже рынка.

Также в закон о регулировании торговой деятельности и правила внутренней торговли внесены поправки, которые позволяют акиматам регулировать цены на социально значимые товары – ограничивать торговые надбавки 15 %, предоставление полочного пространства под социально значимые товары в торговых сетях – не менее 30 %.

Кроме того, правилами внутренней торговли предусмотрено установление пороговых и предельных цен на социально значимые продовольственные товары акиматами для стабилизации цен в пики их роста и в межсезонье.

«Администраторы бюджетных программ скоро не смогут «крутить» деньги от экономики», – заявил министр финансов Республики Казахстан Ерулан Жамаубаев.

Недавно, по его словам, в закон о госзакупках внесены изменения, предполагающие возврат в бюджет средств, сэкономленных при госзакупках. Это позволит, во-первых, не завышать ценовые параметры при планировании, во-вторых, администраторы бюджетных программ не смогут их использовать и держать до уточнения.

Со стороны Минфина усилена работа по качеству планирования бюджетного процесса.

«В текущем году мы перешли на безбумажное формирование проекта бюджета, в дальнейшем – усилим процесс цифровизации, то есть будем интегрировать информационную систему планирования бюджетного процесса с базами данных госорганов и портала госзакупок. Это позволит получить основные показатели от первоисточника и исключить практику завышения базы данных, а также учитывать исполнение бюджета за предыдущие несколько лет», – добавил министр.

Теневая экономика

«В Казахстане теневая экономика, по оценкам экспертов, составляет треть экономики», – заявил первый заместитель премьер-министра Республики Казахстан Алихан Смаилов.

Правительством реализуется специальный план мероприятий по сокращению теневой экономики. Прежде всего, это цифровизация налогового и таможенного администрирования, развитие безналичных расчетов, противодействие легализации преступных доходов, внедрение национальной системы прослеживаемости товаров, совершенствование законодательства.

Так, в рамках цифровизации введены новые информационные системы: в области таможенного администрирования – информационная система «Астана 1», в области налогового администрирования – электронные счета-фактуры, в области управления рисками – система «Онлайн контрольно-кассовые машины». Поэтапно вводится маркировка товаров, усиливается контроль по полноте уплаты НДС на импорт по товарам, ввозимым из соседних стран.

Все это позволяет увеличить доходы бюджета и снизить теневые обороты в экономике. В частности, по итогам прошлого года в бюджет было начислено на 1,5 триллиона тенге доходов больше, чем в предыдущем году. Из них 920 миллиардов тенге только за счет улучшения таможенного и налогового администрирования и цифровизации в этой сфере.



НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЗАХСТАНЕ

Деятельность по недропользованию в Республике Казахстан регулируется Кодексом Республики Казахстан «О недрах и недропользовании» от 27 декабря 2017 года № 125-VI.

Режимы недропользования

В Республике Казахстан действуют лицензионный и контрактный режимы недропользования.

В рамках лицензионного режима право недропользования возникает на основании лицензии, выдаваемой соответствующим компетентным органом. На сегодняшний день выдаются следующие виды лицензий:

- Лицензия на геологическое изучение недр. Выдается на 3 года;
- Лицензия на разведку твердых полезных ископаемых, за исключением урана. Выдается на 6 последовательных лет;
- Лицензия на добычу твердых полезных ископаемых. Выдается на срок не более 25 последовательных лет;
- Лицензия на добычу общераспространенных полезных ископаемых. Выдается на срок не более 25 последовательных лет;
- Лицензия на использование пространства недр. Выдается на срок не более 25 последовательных лет;
- Лицензия на старательство. Выдается на 3 года.

В рамках контрактного режима право недропользования возникает на основании контракта на недропользование между компетентным органом в сфере недропользования по углеводородам и урану (Министерство энергетики Республики Казахстан) и недропользователем. В настоящее время заключаются следующие виды контрактов:

- Контракт на разведку и добычу углеводородов. Срок действия указанного контракта определяется последовательно закрепленными в нем: периодом разведки длительностью не более 6 последовательных лет, а на участке недр на море либо по сложным проектам разведки углеводородов – не более 9 лет; подготовительным периодом (при необходимости) длительностью не более 3 лет и периодом добычи длительностью не более 25 лет, а на крупных и уникальных месторождениях – не более 45 лет;
- Контракт на добычу углеводородного сырья. Срок действия данного контракта определяется последовательно закрепленными в нем подготовительным периодом (при необходимости) и периодом добычи, продолжительность

которых аналогична соответствующим периодам контракта на разведку и добычу углеводородов;

- Контракт на добычу урана. Срок действия такого контракта определяется последовательно закрепленными в нем: периодом опытно-промышленной добычи, продолжительность которого составляет не более 4 лет с соответствующим сокращением максимальной продолжительности периода добычи урана и периодом добычи, максимальная продолжительность которого при заключении контракта составляет не более 25 лет, включая период опытно-промышленной добычи.

Получение права недропользования

Право недропользования может быть получено физическим либо юридическим лицом следующими способами:

- получение права недропользования у государства (получение лицензии или заключение контракта на недропользование);
- приобретение права недропользования у действующего недропользователя или приобретение долей участия /

акций в недропользователе или его материнской компании.

Получение права недропользования у государства

Для получения права недропользования по лицензии заинтересованное физическое или юридическое лицо подает заявление в соответствующий компетентный орган. Компетентный орган рассматривает заявление в течение 10 рабочих дней и по результатам рассмотрения либо выдает лицензию, либо отказывает в ее выдаче.

После выдачи лицензии недропользователь обязан уплатить подписной бонус в размере, установленном налоговым законодательством Республики Казахстан для соответствующего вида лицензии.

Существуют некоторые особенности процесса получения лицензии на разведку или добычу твердых полезных ископаемых. В частности, заявления о выдаче лицензий, включающие один и тот же участок, рассматриваются в порядке очередности их поступления, и лицензия выдается лицу, чье заявление поступило в компетентный орган в сфере недропользования по твердым полезным ископаемым (Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан) первым.

Кроме того, лицензия на разведку или добычу твердых полезных ископаемых выдается только в отношении участков недр (блоков), включенных в программу управления государственным фондом недр.

Лицензии на разведку твердых полезных ископаемых в отношении участков недр, включаемых в программу впервые, в случае наличия нескольких заявителей на один и тот же участок недр, выдаются на основании аукциона.

Получение права недропользования по контракту на разведку и добычу или добычу углеводородного сырья

Право недропользования по контракту на разведку и добычу или добычу может быть получено на основании аукциона. При этом аукцион может проводиться только в отношении участков недр, включенных в программу управления государственным фондом недр.

Подписной бонус уплачивается победителем аукциона после опубликования результатов аукциона.

В течение 40 рабочих дней со дня опубликования результатов аукциона с победителем аукциона заключается

контракт (при условии оплаты подписного бонуса) в соответствии с типовыми контрактами, утверждаемыми Министерством энергетики Республики Казахстан. Отклонение от типового контракта допускается только в установленных случаях, пределах и порядке. Например, если геологические запасы месторождения углеводородного сырья превышают значение сто миллионов тонн нефти или пятьдесят миллиардов кубометров природного газа, положения контракта на добычу углеводородов должны содержать одно из обязательств, которые не закреплены в утвержденном типовом контракте.

На сегодняшний день остается открытым вопрос, могут ли несколько лиц участвовать в аукционе в качестве консорциума, поскольку законодательство не дает однозначного ответа на него.

Получение права недропользования по контракту на разведку и добычу или добычу углеводородного сырья совместно с национальной компанией

Право недропользования по контракту на разведку и добычу или добычу углеводородов может быть получено совместно с национальной компанией в этой области (АО «Национальная компания «Казмунайгаз», «КМГ») на основании прямых переговоров.

В таком случае заинтересованное юридическое лицо (консорциум юридических лиц) должно быть признано стратегическим партнером, соответствующим требованиям, утвержденным «КМГ», а также должно взять на себя обязательство по инвестиционному финансированию (финансирование разведки по договору о совместной деятельности и (или) соглашению о финансировании). При этом соглашение о совместной деятельности должно предусматривать обязательство стратегического партнера по оплате подписного бонуса либо возмещению суммы подписного бонуса, уплаченной «КМГ».

Получение права недропользования по контракту на добычу урана

Право недропользования по контракту на добычу урана может быть получено от государства только национальной компанией в области урана (АО «Национальная атомная компания «Казатомпром»»).

Тем не менее, все еще существуют недропользователи по контрактам на недропользование в отношении урана,

которые были заключены до введения Кодекса о недрах в силу. Ввиду положений о стабильности, у таких недропользователей существует возможность получить право на добычу урана. В тоже время, Министерство энергетики Республики Казахстан может не согласиться с данной позицией.

Приобретение права недропользования у действующего недропользователя или приобретение долей участия / акций в недропользователе или его материнской компании

Право недропользования (доля в праве недропользования), а также доли участия / акции в недропользователе или его материнской компании могут быть приобретены на основании возмездных или безвозмездных гражданско-правовых сделок.

Для государственного регулирования сделок с долями участия / акциями в недропользователе или его материнской компании Кодекс о недрах устанавливает определение «объекты, связанные с правом недропользования», под которыми понимаются:

– доли участия, паи, акции и другие формы долевого участия, а также ценные бумаги, подтверждающие право собственности либо конвертируемые в акции, доли участия, паи и другие формы долевого участия в юридическом лице, обладающем правом недропользования по контракту на разведку и добычу или добычу;

– доли участия, паи, акции и другие формы долевого участия, а также ценные бумаги, подтверждающие право собственности либо конвертируемые в акции, доли участия, паи и другие формы долевого участия в юридическом лице или иной организации, которые имеют возможность прямо и (или) косвенно определять решения, принимаемые лицом, обладающим правом недропользования.

Отчуждение права недропользования (доли в праве недропользования) по контракту, лицензии на разведку или добычу твердых полезных ископаемых, лицензии на использование пространства недр, а также объектов, связанных с правом недропользования, осуществляется с разрешения компетентного органа.

Разрешение выдается приобретателю права недропользования или объектов, связанных с правом недропользования, за исключением случаев, когда приобретение осуществляется в рамках выпуска акций или иных ценных бумаг в обра-

шение на организованном рынке ценных бумаг. Без такого разрешения сделка считается ничтожной с точки зрения казахстанского права, а также осуществление сделки без разрешения может служить основанием для прекращения лицензии или контракта на недропользование (если сделка повлекла угрозу для национальной безопасности Республики Казахстан).

Кодекс о недрах предусматривает случаи, в которых разрешение компетентного органа на отчуждение права недропользования (или доли в нем) и объектов, связанных с правом недропользования, не требуется. Например, в случае, если одной из сторон сделки является национальная компания или же отчуждение происходит между организациями, в каждой из которых не менее 99 % акций принадлежат одному и тому же лицу.

Осуществление операций по недропользованию

Проведение операций по контракту на недропользование зависит от типа контракта, а также этапа, закрепленного в нем.

Например, по контракту на разведку и добычу углеводородов недропользователи осуществляют операции, соответствующие последовательно закрепленному в нем этапу.

В период разведки недропользователь вправе проводить любые работы по поиску и оценке месторождений, включая их пробную эксплуатацию.

В случае получения недропользователем положительного заключения государственной экспертизы недр в отношении отчета по подсчету геологических запасов, по контракту может быть закреплен участок добычи и подготовительный период.

В подготовительный период недропользователь вправе осуществлять:

- разработку, утверждение и проведение экспертиз проекта разработки месторождения;
- при необходимости – обустройство месторождения углеводородов;
- добычу углеводородов в объеме, не превышающем объемы добычи при пробной эксплуатации такого месторождения.

На основе первоначального проекта разработки месторождения, утвержденного недропользователем и получившего положительные заключения предусмотренных экспертиз, определяется период добычи углеводородного сырья.

В период добычи недропользователь вправе проводить комплекс работ, связанных с извлечением углеводородов из недр на поверхность.



Осуществление операций по недропользованию по лицензии на недропользование

По лицензии на недропользование недропользователь вправе проводить операции по недропользованию, соответствующие виду лицензии.

К примеру, по лицензии на разведку твердых полезных ископаемых недропользователь вправе пользоваться участком недр для проведения операций по разведке любых видов твердых полезных ископаемых, включая поиск месторождений, оценку их ресурсов и запасов для последующей добычи. По лицензии на добычу твердых полезных ископаемых участок недр может использоваться для проведения:

- добычи (извлечение);
- использования пространства недр для проведения горных работ, размещения горнодобывающего и (или) горно-перерабатывающего производств, техногенных минеральных образований;
- разведки участка добычи (эксплуатационная разведка).

По некоторым лицензиям недропользователь обязан соблюдать требования о ежегодных минимальных расходах. В частности, по лицензии на разведку или добычу твердых полезных ископаемых недропользователь обязан соблюдать требования о ежегодных минимальных расходах на операции по недропользованию.

Приобретение товаров, работ и услуг для операций по недропользованию

В Республике Казахстан существует государственное регулирование порядка приобретения недропользователями и их подрядчиками товаров, работ и услуг, используемых при проведении операций:

- по разведке или добыче углеводородов и урана;
- по добыче твердых полезных ископаемых.

Кроме того, контракты на недропользование, а также лицензия на добычу твердых полезных ископаемых содержат обязательства в отношении доли местного содержания в работах и услугах, размер которой должен составлять не менее 50 % от общего объема работ и услуг в течение календарного года.

Недропользователи также обязаны предоставлять отчет о приобретенных товарах, работах и услугах и объеме местного содержания в них.

Регулирование контрактов на недропользование, заключенных до вступления Кодекса о недрах в действие

Кодекс о недрах предусматривает, что контракты на недропользование, заключенные до вступления его в действие, сохраняют свое действие. Недропользователи, обладающие правом недропользования по таким контрактам, могут перейти на новый режим недропользования.

В частности, недропользователи по контрактам на твердые полезные ископаемые могут перейти на лицензионный режим. Недропользователи по контрактам на углеводороды имеют право перейти на условия недропользования, предусмотренные Кодексом о недрах, путем заключения контракта в новой редакции, соответствующего типовому контракту.

Отчет об оценке ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых

Действующим законодательством предусматривается подготовка отчета об оценке ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых в соответствии с Казахстанским кодексом публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и минеральных запасах (Кодекс KAZRC), который был разработан по шаблону Международного Комитета CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards).

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫЕМКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ ИЗ КАРЬЕРА «ГЛАВНЫЙ» НА КАРАГАЙЛИНСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ ТОО «КОРПОРАЦИЯ «КАЗАХМЫС»

В связи с истощением сырьевой базы месторождения методы комплексного освоения недр становятся актуальной задачей сегодняшних реалий. Задачи по использованию техногенного сырья для получения дополнительного дохода являются приоритетными как для государства, так и для частных компаний. В число таких объектов можно включить и карьер «Главный», ранее заполнявшийся техногенными отходами в виде хвостов обогащения руды. Вовлечение в переработку запасов техногенного месторождения – заскладированных отходов производства обеспечивает повышение производительности труда за счет рентабельной переработки уже добытого сырья, являющегося, по существу, готовым полупродуктом.

С 2004 по 2011 год на Карагайлинской обогатительной фабрике (КОФ) перерабатывались руды месторождений «Абыз», «Акбастау», «Космурун», которые являются активами ТОО «Корпорация «Казахмыс» и расположены в Карагандинской области Республики Казахстан. Технология переработки предусматривала получение медного и цинкового концентратов. Хвосты переработки руды складировались в ранее отработанный карьер «Главный» [2].

Месторождение «Космурун»

Стратиформное колчеданно-медно-свинцово-цинковое месторождение

приурочено к Кусмурынской зоне расланцевания и трещиноватости в краевой части контактовых метасоматитов Кусмурынского интрузивного массива. Падение пород юго-западное под углом 40-80°. Выявлено пять субсогласных с вмещающими породами рудных тел линзо- и пластообразной формы. Протяженность рудных тел по простиранию – 52-380 метров, по падению – 40-646 метров, мощность – 1-76,7 метра. Руды в основной массе колчеданно-медно-цинковые. Отношение свинца, цинка и меди в сплошных рудах 1 : 4 : 7. Среднее содержание свинца в рудах – 0,25 %, меди – 3,3 %, цинка – 0,97 %, золота – 1,1 г/т, серебра – 20 г/т, кадмия – 96,8 г/т, селена – 92,5 г/т, теллура – 42,3 г/т, серы – 26,8 %. Состав руд: пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды, борнит, энаргит, марказит, мельниковит, золото, кварц, барит, хлорит, серицит, сидерит. Элементы-примеси: мышьяк, золото, серебро, кадмий, висмут, молибден, селен, теллур, германий, индий, галлий. Текстуры руд: массивная, брекчиевая, брекчиево-полосчатая, вкрапленная, прожилково-вкрапленная. Околорудные изменения: пропилизация, баритизация, алунизация. Зона окисления распространена до глубины 40-48 метров. В ней выявлены гипергенные минералы меди, цинка, свинца и гидроокислы железа.

Месторождение «Акбастау»

Стратиформное колчеданно-медно-свинцово-цинковое месторождение приурочено к узкой антиклинальной складке, осложненной разноориентированными разрывными нарушениями. Выявлено 4 линзообразные рудные залежи, включающих 14 рудных тел. Простирание рудных тел северо-западное, падение крутое (60-85°) северо-восточное, длина – 136-440 метров, по падению прослежены на 50-220 метров, мощность – 2,5-44 метра (средняя – 39,2 метра).

Руды колчеданно-медно-цинковые. Отношение меди, цинка и свинца составляет 29 : 15 : 1. Среднее содержание в рудах меди – 1,76 %, цинка – 0,99 %, свинца – 0,12 %, золота – 0,56 г/т, серебра – 14,8 г/т, кадмия – 12 г/т, селена – 17 г/т, серы – 12 %, теллура – 6 г/т. Основные минералы: пирит, халькопирит, сфалерит, барит, кварц. Второстепенные: галенит, борнит, теннантит, хлорит, серицит. Редкие: энаргит, гематит, карбонаты, флюорит. Элементы-примеси: кадмий, мышьяк, висмут, молибден, селен, теллур, золото, серебро, галлий. Текстура руд прожилково-вкрапленная, вкрапленная, массивная, полосчатая, реже брекчиевидная. Околорудные изменения: окварцевание, серитизация, баритизация, хлоритизация [3].

Зона окисления развита до глубины 100 метров. Окисленные руды состоят

Таблица 1

Капитальные затраты, тыс. долл.

№	Наименование объектов, работ и затрат	Понтонная установка	Землесосный снаряд
1	Технологическое оборудование	1500,2	3024,9
2	Насосная станция	807,8	785,7
3	Освещение карьера	457,3	444,8
4	Электроснабжение	1254,9	1220,5
5	Гидроциклон для КОФ	741,4	741,4
Итого		4761,8	6217,3

Таблица 2

Эксплуатационные затраты, тыс. долл.

№	Наименование объектов, работ и затрат	Понтонная установка	Землесосный снаряд
1	Выемка хвостов и транспортировка	573	654,2
2	Затраты КОФ	10 995,2	10 995,2
3	Затраты БМЗ	2003,8	2003,8
4	Коммерческие расходы	228,2	228,2
5	Контрактные и прочие обязательства	3,3	4,0
6	Амортизация	1085	1414,6
7	Налоги	1646	1514
Итого		16 534,4	16 814

из гипергенных минералов меди, цинка, свинца, гидроокислов железа, опала, каолина, гидрослюда, самородных золота, серебра и меди.

Месторождение «Абыз»

Месторождение относится к золото-колчеданно-медно-свинцово-цинковому подтипу колчеданных месторождений. Структура месторождения определена как сундучная антиклиналь северо-западного простирания, осложненная разноориентированными разрывными нарушениями. Одно из субмеридиональных тектонических нарушений контролирует руднометасоматические образования на месторождении. Выявлено две залежи – Восточная и Западная, включающих 6 линзовидных и линзовидно-пластовых рудных тел с крутым (45-80°) западным падением. Протяженность рудных тел по простиранию – 80-650 метров, по падению – 50-220 метров, мощность – 0,8-30 метров. Среднее содержания свинца в рудах – 0,38 % (размах – 0,02-2 %), цинка – 3,57 % (0,05-38 %), меди – 1,6 % (0,02-15 %), золота – 4,7 г/т (0-150 г/т), серебра – 42 г/т (3-980 г/т), серы – 23,25 % (3-50 %), селена – 22,9 г/т (0,5-150 г/т), теллура – 48,8 г/т (22-300 г/т), кадмия – 120 г/т (10-1200 г/т), индия – 15 г/т (0,5-390 г/т), ртути – 6 г/т (0,3-70 г/т). Коэффициенты вариации меди – 100 %, свинца – 220 %, цинка – 130 %, золота – 150 %, серебра – 90 %. Руды сложены пиритом, сфалеритом, халькопиритом, галенитом; реже отмечаются теннантит,

блеклая руда, золото, электрум, гессит, алтаит, пирротин, магнетит, гематит; нерудные минералы – кварц, серицит, хлорит, кальцит, альбит, эпидот, барит, сосурит. Текстуры руд: полосчатая, прожилково-вкрапленная, вкрапленная, полосчатая, пятнисто-вкрапленная. Околорудные изменения: окварцевание, серитизация, хлоритизация, карбонатизация, эпидотизация, альбитизация [4].

Вследствие истощения сырьевой базы месторождений оказываются незагруженными производственные мощности Карагайлинской обогатительной фабрики. В связи с этим были проведены исследования лежалых хвостов карьера «Главный» на обогатимость.

Рациональность и целесообразность переработки хвостов объясняется расположением в непосредственной близости карьера к обогатительной фабрике (3,8 километра).

В мировой практике разработка отвальных хвостов для дальнейшей переработки производят с помощью карьерного оборудования – экскаваторов, скреперных установок, бульдозеров и автосамосвалов [5].

Все вышеперечисленные способы не подходят из-за обводненности карьера «Главный».

В связи с этим были рассмотрены два вида оборудования: землесосный снаряд и понтонная установка.

Схема транспортировки хвостов до отделения обезвоживания по компоновочному решению общая для двух вариантов выемки хвостов.

Технологическая схема выработки хвостов из карьера приведена на рисунке 1.

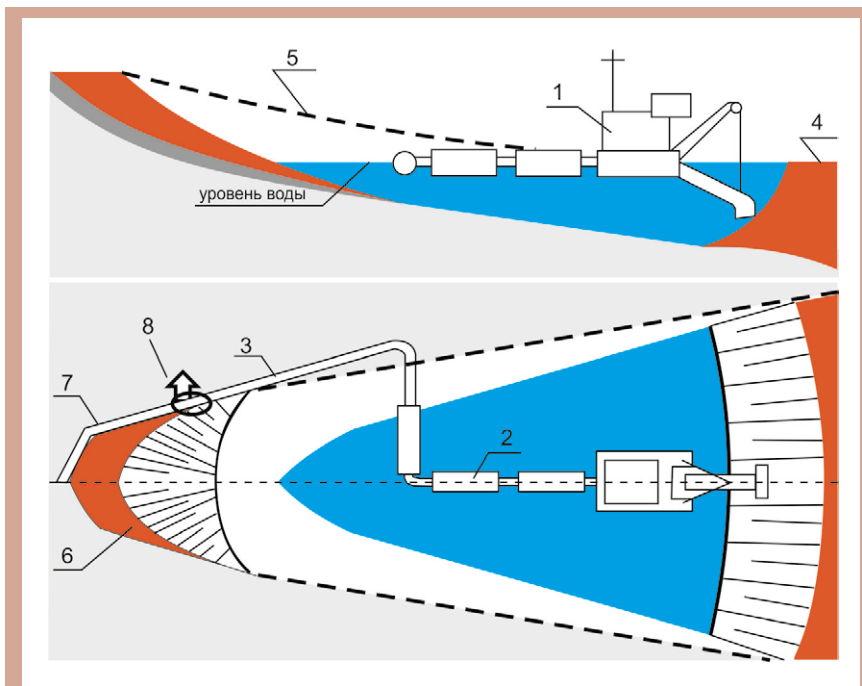
Понтонная установка

Для выработки хвостов из хвостохранилища также применяется понтон размером 7000 × 6000 миллиметров и весом 11,5 тонны, который будет перемещаться вдоль каната или троса. Трос (канат) натягивается лебедкой между противоположными бортами карьера. Внешний вид понтонной установки показан на рисунке 2.

Для забора хвостов из ложки карьера применяется насос ГрТ-1250/71, который устанавливается на понтоне. Из металлических труб изготавливается грунтозаборное устройство, присоединенное по фланцевому соединению к всасывающему патрубку грунтового насоса. Для разрыхления хвостов со дна карьера применяется насос ГрТ-400/40 с форсунками для гидроразмыва. Площадь разработки хвостовых отложений за один заход зависит от длины грунтозаборного устройства (трубопровода), а ограничивается мощностью насоса. В связи с этим, простой при перестановке понтона, техснаряжении и коммуникации увеличивается.

Землесосный снаряд

Землесосный снаряд, или земснаряд – это судно, предназначенное для подводной разработки грунтов методом гидромеханизации. Процесс работы землесосного снаряда состоит в отделении грунта от массива забоя,



1 – земснаряд (понтонная установка); 2 – плавучий пульпопровод;
3 – пульпопровод; 4, 6 – борта карьера; 5 – трос (канат); 7 – магистральный
пульпопровод; 8 – бортовая мобильная насосная установка
Рис. 1 – Технологическая схема выработки хвостов

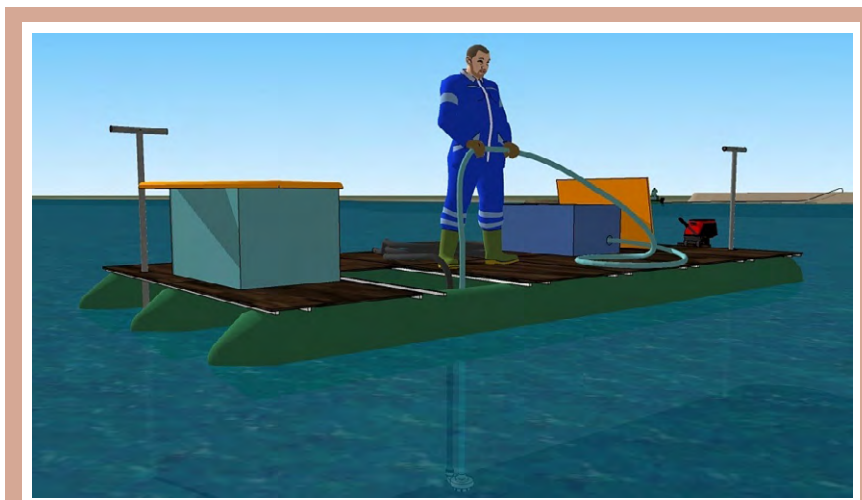
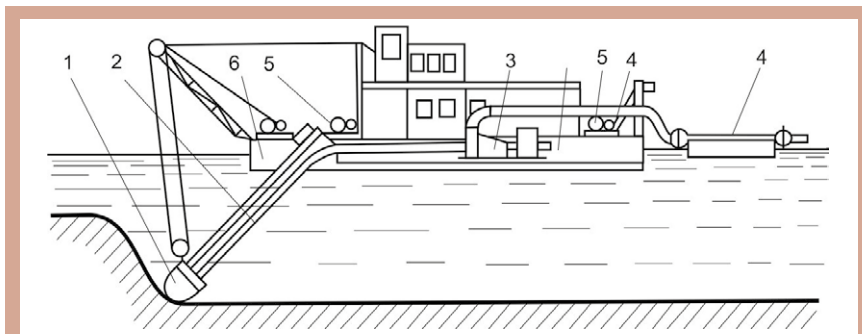


Рис. 2 – Внешний вид понтонной установки



1 – грунтосборное устройство; 2, 4 – трубопровод; 3 – грунтовый насос;
5 – устройство для рабочих перемещений; 6 – корпус
Рис. 3 – Принципиальная схема землесосного снаряда

превращения грунта в пульпу (взвесь грунта с водой) и перекачивании пульпы к месту укладки. Схема землесосного снаряда показана на рисунке 3. По грунтосборному устройству 1 и трубопроводу 2 пульпа поступает в грунтово-напорный насос 3, который подает ее в напорный грунтопровод 4. Глубина всасывания современных землесосных установок изменяется от 2-3 до 40-50 метров, а производительность – 80-3000 кубометров в час. Современные землесосные снаряды имеют специальные гидравлические, механические и комбинированные устройства для разрыхления грунта [1].

Условием полной отработки техногенной залежи является выемка рудосодержащих песков в пределах всей разведанной площади емкости хвостохранилища карьера «Главный». При этом глубина хвостохранилища не должна быть меньше минимальной глубины разработки для землесосного снаряда [6].

В зависимости от рельефа и перепада высот между карьером «Главный» и Карагайлинской обогатительной фабрикой предусмотрена подъемная насосная станция для подъема и транспортировки пульпы.

После выемки пульпа транспортируется через трубопровод до отделения обезвоживания фабрики для переработки.

Технологическая схема транспортировки пульпы показана на рисунке 4.

В 2012 году ОАО «Иргиредмет» были выполнены научно-исследовательские работы [2] и полупромышленные испытания технологии переработки лежалых хвостов Карагайлинской обогатительной фабрики.

Технология включает размывку и обесшламивание лежалых хвостов и их дальнейшее флотационное обогащение по двум вариантам: с получением только медного концентрата и с получением медного и пиритного концентратов.

Качественно-количественная и водно-шламовая схемы, а так же выбор оборудования предусматривают производительность по переработке отвальных хвостов 500 тысяч тонн в год.

Запланирован металлургический передел концентрата в Балхашском медеплавильном заводе, и реализация товарной продукции в виде катодной меди, золота в слитках и серебра в гранулах [8].

В ходе исследований и выбора вариантов конструктивных решений по каждому из них определены капи-

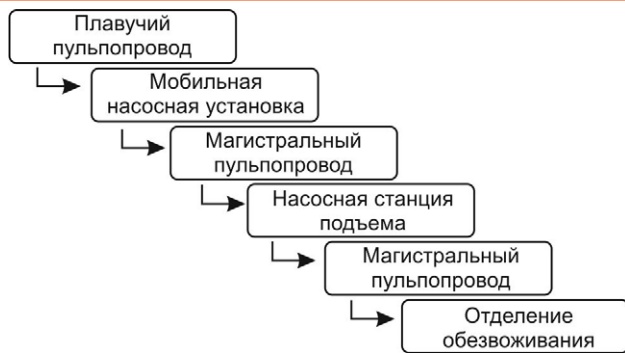


Рис. 4 – Технологическая схема транспортировки пульпы

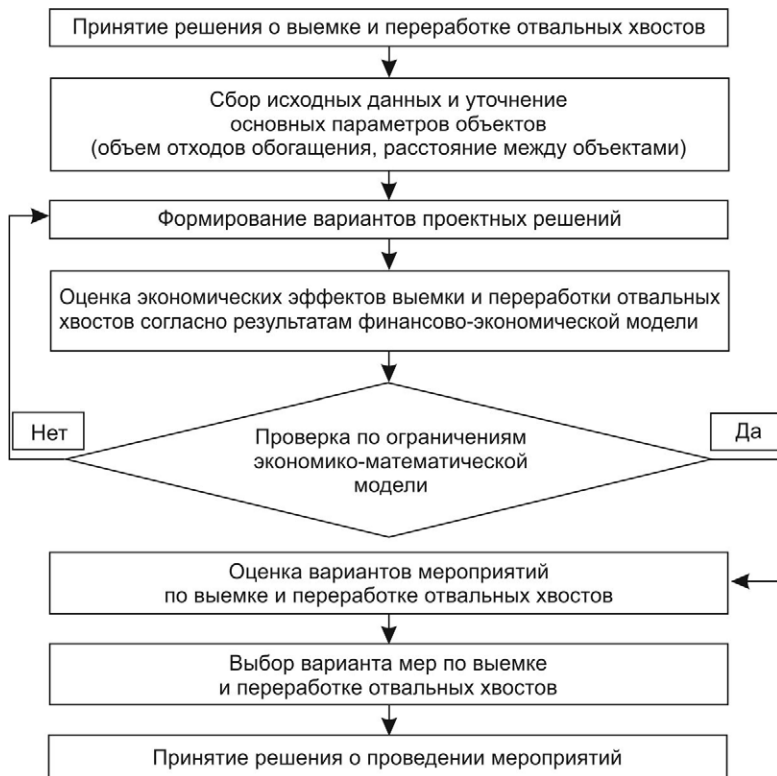


Рис.5 – Механизм экономической оценки мероприятий по выемке и переработке отвальных хвостов

тальные и эксплуатационные затраты (табл. 1, 2), доходы и показатели чистой приведенной стоимости (NPV) [1].

Составлен алгоритм оценки эффективности проектных вариантов (рис. 5) и разработана экономико-математическая модель (1) выемки и переработки отвальных хвостов.

Критерием экономико-математической модели в данном случае является показатель общей эффективности капитальных вложений – отношение эффектов, связанных с эксплуатацией объекта, к общим затратам на его создание. Целевая функция модели имеет вид (1):

$$\mathcal{E}_n = \frac{D_{д.п.}}{\sum_t Z_{нк}(1+E)^t} \rightarrow \max \quad (1)$$

где \mathcal{E}_n – экономическая эффективность n-й меры по выемке и переработке и отвальных хвостов, доли ед.; $D_{д.п.}$ – доход от товарной продукции, получаемой при переработке утилизируемых хвостов обогащения; $Z_{нк}$ – затраты на проведение n-й меры в t-м году; T – период проведения мер; E – ставка дисконтирования, доли ед.

Экономическая эффективность, согласно расчетам составила для

понтонной установки – 1,63; для землесосного снаряда – 1,61.

Методические основы и результаты проведенных исследований могут быть использованы при формировании аналогичных проектов с учетом конкретных условий размещения техногенных отходов, технологий выемки и переработки [9].

Литература

1 Технико-экономический расчет выемки и переработки отвальных хвостов из карьера «Главный» на Карагайлинской ОФ ТОО «Корпорация «Казахмыс» / Фонды ГПИ – Астана, 2014.

2 Технологический регламент «Переработка «лежалых» хвостов карьера «Главный» на Карагайлинской ОФ в объеме 500 тыс. тонн в год» – Иркутск, 2012.

3 Ишметьев Е. Н., Романенко А. В., Ушеров А. И., Салихов З. Г., Леднов А. В. Производственно-аналитический комплекс для непрерывного измерения химического состава материалов в потоке в условиях металлургической и горнодобывающей промышленности // Информатика и системы управления в промышленности – М., 2012 – № 1 – С. 48-52.

4 Ефименко С. А., Ефименко О. С., Портнов В. С., Маусымбаева А. Д. Ядерно-геофизические технологии online-контроля качества руд, поступающих на Жезказганскую обогатительную фабрику № 1 / 8-е научные чтения памяти Ю. П. Булашевича. Материалы конференции – Екатеринбург: УрО РАН, 2015. – С. 156-160.

5 Yefimenko S., Yefimenko O., Portnov V., Maussymbayeva A., Makarov D. Nuclear-geophysical technologies for online quality control of ores and their processing products applied at corporation Kazakhmys PLC / 20th Conference on Environment and Mineral Processing – Ostrava: VŠB-TU, 2016 – P. 325-331.

6 Yefimenko S., Yefimenko O., Shakhmanov A., Abdрахmanova Z., Makarov D. Multicomponent online analysis of coarse ore on conveyors of Kazakhmys LLC processing plants / 21th Conference on Environment and Mineral Processing – Ostrava: VŠB-TU, 2017 – P. 245-249.

7 Nigmatulin A. M., Abdрахmanova Z. T., Kan A. N., Yefimenko S. A. Nuclear-geophysical technologies of online-control of the chemical composition of copper-containing polymetallic ores // Resource and resource-saving technologies in minerals mining and processing. Multi-authored monograph. – Petrosani. Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018 – P. 162-179.

8 Абдрахманова З. Т., Шаханов А. М., Нурғалиев Д. К., Ефименко С. А. Online-мониторинг вещественного состава руд на жезказганских обогатительных фабриках ТОО «Корпорация «Казахмыс» / Материалы 13-й Международной конференции. В 2 т. Т. 1 – Тула, 2017 – С. 328-335.

9 Нигматулин А. М., Кан А. Н., Абдрахманова З. Т., Ефименко С. А. Использование рентгенофлуоресцентного метода online-контроля содержания меди и серебра в рудах на шахтах ТОО «Корпорация «Казахмыс» // Проблемы геологии и расширения минерально-сырьевой базы стран Евразии: Материалы международной научной конференции – Алматы: ТОО ИГН. 2019 – С. 263-275.

ВЫПЛАВКА ВЫСОКОМАРОЧНОГО ФЕРРОСИЛИЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАРЦИТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ТЕКТУРМАС»

К ферросилицию относится большая группа сплавов системы FeSi. Ферросилиций, получаемый в электропечах, может содержать 19-95 % Si.

Марки электропечного ферросилиция по ГОСТу 1415-93 можно разделить на три группы: низкокремнистый (ФС20, ФС25), со средним содержанием кремния (ФС45, ФС50 и Ф65) и высококремнистый сплав (ФС70А, ФС70, ФС75 и ФС90). Это деление условно, однако оно имеет определенные удобства при анализе теоретических основ и технологии выплавки ферросилиция.

Для выплавки кремния и его сплавов используют круглые печи различных конструкций с тремя электродами мощностью 16,5-60 МВА. Печи работают на самоспекающихся электродах и реже на угольных. Рабочее напряжение составляет обычно 150-250 В при силе тока 35-100 кА, обычно при отношении силы тока к рабочему напряжению 300 [1].

Плавку ведут непрерывным процессом. Нормальный ход технологического процесса характеризуется равномерным газовойделением по всей поверхности колошника, отсутствием потемневших спекшихся участков и местных сильных выделений газа – «свищей», равномерным сходом шихты у электродов и в треугольнике между ними, устойчивой глубокой посадкой электродов в шихте, регулярным выходом при каждом выпуске сплава небольшого количества жидкоподвижного шлака, устойчивой нагрузкой на электродах и равномерной переработкой загружаемой шихты при нормальном удельном расходе электроэнергии [2-4].

Процесс плавки происходит главным образом у электродов, в этой наиболее горячей зоне печи под каждым электродом образуются своеобразные газовые полости – тигли, в которых и протекает реакция восстановления кремнезема. При горячем ходе печи нижние части тиглей соединяются, образуя общий тигель.

Газы, образующиеся внизу около дуг, имеют высокую температуру и, проходя через лежащие слои шихты, нагревают их. Прохождение горячего газа через более холодную шихту ведет к конденсации паров кремния. Для равномерного распределения по колошнику выходящих из печи газов, предотвращения спекания колошника и снижения потерь кремния в улет при выплавке ферросилиция необходимо «прошивать» шихту прутами. Шихту необходимо нагружать в первую очередь к электродам непрерывно небольшими порциями. Загрузка избыточного количества шихты недопустима, так как увеличение столба материалов ведет к смещению плавильной зоны вверх и нарушению теплового режима в зоне реакции. Недогруз печи шихтой приводит к увеличению потерь тепла с уходящими газами и потерь кремния в улет.

В случае неправильного составления шихты и ведения технологического процесса возможны отклонения от нормального хода плавки.

Выпуск ферросилиция из печи производится периодически по мере его накопления (четыре-пять выпусков в смену). Слишком частые выпуски сплава приводят к большим потерям тепла и понижению температуры в районе выпускного отверстия, что затрудняет выход сплава, а также увеличивает потери при выпуске и разливке его. При слишком редких выпусках замедляется процесс восстановления кремнезема, уменьшается глубина погружения электродов в шихту и увеличиваются потери кремния в улет.

Экспериментальная часть

Для металлургической оценки кварцитов и отработки технологических параметров выплавки ферросилиция ФС75 были проведены укрупненно-лабораторные испытания в руднотермической печи 200 кВА.

Крупнолабораторная дуговая печь предназначена для моделирования процессов рудной электротермии и представляет собой однофазную руднотермическую печь с мощностью трансформатора 0,2 МВА. Печь позволяет с высокой достоверностью моделировать восстановительные процессы в промышленных руднотермических печах, предназначенных для выплавки широкого спектра сплавов, включая высококремнистый ферросилиций (рис. 1).

Два печных трансформатора мощностью по 100 кВА, соединенных параллельно, обеспечивают мощность 200 кВА при максимальном напряжении 49 В и токовой нагрузке до 4000 А. Электропечь снабжена четырьмя ступенями регулирования вторичного напряжения от 18,5 до 49,5 В. Температура дугового разряда – 2500-4500 °С. Печь имеет один электрод диаметром 150 миллиметров и закреплен в медной контактной щекке, размещенной на токоизолированном подвесе. Перемещение электрода в вертикальной плоскости осуществляется вручную. Контроль электрического режима осуществляется через амперметр, подключенный к высокой стороне печного трансформатора.

Ванна печи стационарная, имеет одну летку, оборудованную графитовым леточным блоком. Печь относится к открытому типу и снабжена вытяжным зонтом, расположенным на высоте 700 миллиметров от верхнего среза корпуса печи. Система отвода технологических газов снабжена циклоном и рукавным фильтром для улавливания пыли.

Перед началом опытных плавок шихтовые материалы подвергались тщательной подготовке. Для сокращения количества сопутствующих примесей было решено промыть кварцит в проточной воде (рис. 2).

Визуально используемый кварцит (рис. 2а) был загрязнен намазками глины, земли, пустой породы и т. д., которые

снижают содержание оксида кремния и соответственно, извлечения кремния из кварцита в сплав. Промытый кварцит поместили в сушильный шкаф для быстрого высыхания. Таким образом, после удаления глины и влаги из кварцита содержание SiO_2 удалось поднять до 95,89 %, то есть на 1,08 %.

Опытная партия материалов для выплавки ферросилиция марки ФС75 были высушены в естественных условиях (кроме кварцита). Крупные куски кварцита продроблены, а затем через процесс грохочения получена оптимальная для опытной печи фракция +10-80 миллиметров. Это связано с тем, что большое количество мелочи, особенно на высококремнистых сплавах с малой скоростью схода шихты, резко снижает газопроницаемость шихты, вызывает ее спекание и образование свищей, губительных для оборудования. Аналогичные мероприятия были выполнены касательно кокса. Стальную стружку перед подачей в печь проверили на присутствие путанки, кусков металлолома и посторонних предметов.

Разогрев электропечи производили в течение 12 часов на коксовой подушке. Электрический режим периода разогрева: вторичное напряжение – 24,6 В, сила тока – 100 А.

По завершении периода разогрева ванну печи очистили от остатков коксовой подушки и начали загружать шихту. Плавку вели непрерывным способом, с загрузкой шихты небольшими порциями по мере усадки колошника, с периодическим выпуском металла через каждые 2 часа. Летку пробивали металлическим прутом. Масса металлического прута взвешивался в начале и в конце смены. Металл каждого выпуска взвешивался, после чего отбиралась проба на химический анализ.

Результаты экспериментов и их обсуждение

С учетом высокой энергоемкости процесса выплавки высококремнистого ферросилиция оптимальная величина напряжения для данной печи составляет 36 В. Нормальная токовая нагрузка для данной ступени – 220-240 А. После окончания периода разогрева печь была переключена на указанную ступень до конца опытной кампании.

При расчете состава шихты принимали распределение оксидов согласно таблице.

В начале испытания расчетная шихта имела следующий состав, кг: кварцит – 20; кокс – 9,4; стружка стальная – 2,4.

В начале из ванны печи были слышны сильные трески и нагрузка

была нестабильной предположительно из-за избытка восстановителя. Поэтому снизили содержание кокса в шихте на 0,6 килограмма, а навеску стальной стружки до 1,5 килограмма, поскольку результаты химического анализа показали, что в слове присутствует большое количество железа, что не соответствует требованиям состава ФС75 и новая навеска составила, кг: кварцит – 20; кокс – 8,8; стружка стальная – 1,5.

Треск прекратился, и нагрузка стала стабильной. Растрескивания кварцита на колошнике не наблюдали, но было отмечено сильное спекание колошника с образованием мягкой корки (рис. 3), что приводило к периодическому появлению свищей и затрудняло сход шихты в реакционную зону. Затрудненный сход шихты является нормальным для данного процесса и требует опиковки колошника с принудительным опусканием разогретой шихты с поверхности вглубь тигля. На производственных электропечах образованная корка (спек) шихты продавливается под весом шихты и опускается в ванну, но так как в лабораторной печи такого количества шихты не вмещалось в колошник приходилось разламывать спек и подавать в ванну вручную, что усложнило процесс плавки. Периодичность опиковки составила 40-60 минут в зависимости от состояния печи.

Продолжительность данного этапа составила 20 часов, было сделано 10 выпусков. В результате получен металл, содержащий в среднем 65,5 % Si; 29,5 % Fe; 0,88 % Al. Максимальная концентрация кремния составила 72,21 %.

Результаты химического анализа показали высокое содержание железа и низкое содержание кремния. Для получения товарного ферросилиция снизили количество железной стружки в шихте до 1 килограмма. Состав шихты, кг: кварцит – 20; кокс – 8,8; стружка стальная – 1. С данной навеской проработали 8 выпусков.

На данном этапе испытаний постепенно увеличилось содержание кремния в металле (до 76,66 %), рос производительность печи (до 5,6 кг/час) и в среднем получили металл весом 7,04 килограмма за 1 выпуск. Металл последних 6 плавов (№ 18-23) соответствовал марке ФС70. Содержание вредных примесей, в том числе кальция, алюминия и фосфора не превышало допустимые пределы, что способствовало получению плотных и прочных слитков без признаков рассыпания (рис. 4).

Металл на выпусках был хорошо прогрет, выходил из печи активно с признаками перегрева – искрение,

повышенная жидкотекучесть и яркое свечение. Повышенная температура процесса в данном случае является положительным фактором, так как процесс получения высокопроцентного ферросилиция (марки ФС75, ФС90) отличается высокой энергоемкостью и оптимальные условия для глубокого и полного протекания восстановительных реакций создаются только при наличии высокой температуры в реакционной зоне.

Как отмечалось выше, увеличение доли спекшейся шихты отрицательно повлияло на технологический процесс. В частности, отмечено ухудшение газопроницаемости колошниковой зоны, колошник обрабатывался тяжело, постоянно спекался, количество свищей увеличилось. Свищи не только стали причиной потерь кремния, но и при частом обрабатывании колошника способствовали значительному уносу тепла из реакционной зоны, в результате чего происходило захлаживание горна, сужение тигля и снижение производительности печи. Вдобавок нагрузка стала нестабильной и, соответственно, снизилась посадка электрода. Таким образом, подина печи начала застывать и вследствие чего усложнилось открытие летки, а также уменьшился выход металла. Поэтому было решено завершить опыты и печь была остановлена.

Продолжительность опытной компании составила 6 суток, было сделано 37 выпусков. В сплаве начальных плавов содержание кремния держалось между 60-72 % (22 выпуска). В дальнейшем концентрация кремния постепенно увеличивалась в соответствии с расчетами, достигнув к концу испытаний стабильного уровня 75-85 %. В результате получен металл марочных составов ФС65 (в начале испытаний) и ФС75, содержащий в среднем 66,4 и 78,9 % кремния, соответственно. Максимальная концентрация Si составила 85,02 %.

Выводы

В проведенной работе изучены технологические характеристики применительно к процессу выплавки ферросилиция ФС75.

Как показали наблюдения, исследованный кварцит имеет достаточную термическую прочность и не склонен к разрушению на колошнике печи. Это является немаловажным фактором при промышленной переработке сырья, так как образование мелочи в верхних горизонтах печи ведет к расстройству хода печи и повышенным потерям кремния.

Укрупненно-лабораторные испытания технологии выплавки ферро-

Распределение элементов при восстановлении кварцита

Элемент	Si	Fe	Al	Ca	P	S	SiO
Переходит в металл, %	100	95	85	85	50	–	–
Улетучивается, %	–	5	15	15	50	100	100



Рис. 1 – Крупнолабораторная руднотермическая печь 200 кВА



Рис. 2 – Вид исходного (а) и промытого (б) кварцита



Рис. 3 – Образование спекшейся шихты



Рис. 4 – Фотографии металла, остывшего в естественных условиях

силиция ФС75 подтвердили среднее качество кварцита месторождения «Тектурмас» как рудного сырья для данных процессов. С позиции химической чистоты данный кварцит загрязнен глиноземом (остатки глины на поверхности кварцитов), который снижает содержание оксида кремния в кварците и содержание кремния в сплаве. В ходе испытаний также отмечена склонность кварцитов к спеканию на колошнике печи, что затрудняет продавливание и подачи новой шихты в ванну печи вручную в лабораторных условиях, но это является характерным для любого вида кремнеземсодержащего сырья и не препятствует использованию кварцита в процессах выплавки высококремнистого ферросилиция в производстве,

поскольку в производстве образовавшийся корка продавливается под весом слоя шихты, которая лежит сверху.

С учетом вышеизложенного исследованный кварцит рекомендуется к плавке ферросилиция марки ФС75 с условием принятия дополнительных технологических мер, в том числе использование разрыхляющих материалов в виде древесной щепы и углей с низким содержанием золы. Применение угля с высоким удельным электросопротивлением также будет способствовать глубокой и устойчивой посадке электродов, снижению тока шихтовой проводимости и концентрации тепла в нижних зонах ванны.

Согласно результатам опытных испытаний в качестве оптимального состава

шихты для текущего процесса можно предложить следующие соотношения материалов, %: кварцит – 67,1; кокс – 29; железная стружка – 3,4.

Литература

- 1 Рысс М. А. Производство ферросплавов – М.: Металлургия, 1985 – 344 с.
- 2 Гасик М. И., Лякишев Н. П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов – М.: Интермет Инжиниринг, 1999 – 764 с.
- 3 Щедровицкий Я. С. Высококремнистые ферросплавы – Свердловск: Metallurgizdat, 1961 – 256 с.
- 4 Зубов В. Л., Гасик М. И. Электрометаллургия ферросилиция – Днепропетровск: Системные технологии, 2002 – 704 с.

РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД

Исследования по разработке гидрометаллургических и комбинированных технологий переработки промпродуктов и руд различных типов проводились в институте ВНИИцветмет с 80-х годов XX века, но в последние годы стали более значимыми и востребованными. Объективными предпосылками этого являются такие проблемы, стоящие перед недропользователями, как:

- снижение содержания металлов в исходном сырье, накопление больших объемов различного низкосортного, забалансового и окисленного сырья, оборотных металлосодержащих продуктов и отходов, для переработки которых целесообразно использовать гидрометаллургические приемы;

- повышение требований к обеспечению охраны окружающей среды, ужесточение законов по очистке газов, высокие цены на топливо и электроэнергию;

- необходимость повышения комплексности использования сырья.

Указанные проблемы, а также наличие наработанного опыта и необходимой материально-технической базы определили следующие направления исследований гидрометаллургических и комбинированных процессов, развиваемые в институте ВНИИцветмет в последние годы:

- исследования и разработка технологий переработки окисленных и смешанных медных руд методом кучного выщелачивания;

- исследования и разработка технологий переработки окисленных никелевых руд месторождений Казахстана;

- изучение возможности переработки некондиционных концентратов и промпродуктов обогащения методами автоклавного, бактериального выщелачивания, выщелачивания при атмосферном давлении различными растворителями и др.;

- разработка комбинированных технологий обогащения различного вида сырья.

В 1970-1980 годах в СССР в опытно-промышленном масштабе испытывался способ кучного (отвального) выщелачивания для извлечения меди из забалансовых медных руд и отвалов Коунрадского (Балхаш), Кальмакырского (Алмалык), Волковского (Красноуральск) месторождений и медно-цинковых руд Николаевского месторождения Восточно-Казахстанского медно-химического комбината (Усть-Таловка). Извлечение меди из продуктовых растворов осуществляли цементацией на железной стружке.

В настоящее время в Казахстане вновь возрос интерес к гидрометаллургическому методу переработки медных руд в связи с возможностью применения экстракционной технологии, позволяющей получать катодную медь высокой чистоты при значительной экономической эффективности.

Исследования по возможности применения экстракционной технологии для переработки различных видов казахстанского сырья ведутся во ВНИИцветмете с 1997 года, начиная с совместного проекта научно-технического сотрудничества Казахстана и Японии в области разработки эколо-

гически чистой технологии добычи и переработки минерального полиметаллического сырья. Однако, несмотря на показанную возможность высокого извлечения меди (75-80 %) из бедного сырья (хвосты обогащения, забалансовые руды) в катодную медь высокого качества разработанные технологии остались невостребованными в первую очередь из-за неблагоприятных экономических условий конца прошлого – начала нынешнего века.

Тем не менее, упомянутый казахстано-японский проект, завершившийся в 2001 году, сыграл очень важную роль в последующем развитии института. Помимо накопленного в ходе совместных работ с японскими специалистами опыта и новых знаний в области гидрометаллургических процессов ВНИИцветмет получил существенную материально-техническую базу для проведения исследований на общую сумму около 3 миллионов долларов. Помимо разнобразного аналитического оборудования институту была предоставлена изготовленная в Японии автоматизированная опытно-промышленная установка (ОПУ) для проведения укрупненных испытаний обогатительных и гидрометаллургических процессов переработки различного минерального сырья.

Изначально в комплекс установки входили отделения подготовки шихты (дробление, измельчение), флотационного обогащения, агитационного выщелачивания (в том числе биовыщелачивания), отстаивания и фильтрации, экстракции и электролиза, сорбции, очистки сточных вод.



Рис. 1 – Отделения флотации, фильтрации и рекстрации опытно-промышленной установки ВНИИцветмета



Рис. 2 – Большеобъемные колонны



Рис. 3 – Электролиз меди на опытно-промышленной установке ВНИИцветмета

В последующем при поддержке Корпорации «Казахмыс» установка была дополнена отделением перколяции руды в большеобъемных колоннах для отработки условий кучного выщелачивания окисленных медных руд Актогайского месторождения. Уникальная возможность отработки всего технологического цикла переработки бедных окисленных руд от их кучного выщелачивания до получения катодной меди оказалась очень востребованной.

За последние десять лет в связи с ростом объемов геологоразведочных работ в Казахстане и увеличением цен на медь количество проб руды, поставляемой во ВНИИцветмет на тестирование возможности применения технологии кучного выщелачивания с переработкой растворов по экстракционной технологии, резко возросло. В зависимости от цели исследований поставляются пробы различного объема – от 3 килограммов (кernовые пробы геологического картирования) до 70-80 тонн (технологические пробы для опытно-промышленных испытаний).

Проведение исследований по кучному выщелачиванию включает, как правило, следующие этапы, некоторые из которых могут проводиться параллельно:

- изучение вещественного состава руд;

- проведение тестов по бутылочному выщелачиванию на руде разной крупности;

- проведение тестов по перколяционному выщелачиванию в лабораторных колоннах (диаметр – 0,2 метра, высота – 1,8-2 метра) в замкнутом цикле, то есть с переработкой растворов по экстракционной схеме и возвращением подкисленного рафината в цикл выщелачивания;

- проведение опытно-промышленных испытаний с выщелачиванием руды в большеобъемных колоннах (диаметр – 0,5 метра, высота – 5 метров) с переработкой растворов в экстракционном отделении опытно-промышленной установки ВНИИцветмета;

- разработка регламента на проектирование;

- проектные работы;

- оказание технической помощи в освоении технологии непосредственно на месторождении.

Исследовали окисленные и смешанные руды месторождений «Актогай», «Коунрад», «Бенкала», «Карчига», «Таскора», «Борлы», «Аяк-Коджан», «Вавилонское», «Шатыркуль», «Бозшаколь», «Бесчоку», «Нурказган», «Байтемир», «Жезказган» и других. Для переработки руд 15 месторождений разработаны технологические регламенты на проектирование.

При сравнении результатов исследований и практики уже существующих предприятий можно выделить ряд особенностей предприятий кучного выщелачивания в Казахстане.

Производительность предприятий Казахстана по количеству получаемой меди сравнительно невысока – от 2,5 до 25 тысяч тонн катодной меди в год, что обусловлено запасами меди в окисленных рудах. Зона окисления на разных месторождениях различна и колеблется от 10-12 до 30 метров. Содержание меди в окисленных рудах также различно: от 0,3 до 1,5 %. Как правило, руды с повышенным содержанием меди отмечаются в верхних горизонтах месторождений, с увеличением глубины содержание меди в окисленных рудах снижается.

Резко континентальный климат Казахстана – сухое и жаркое лето (до +40-42 °С) и холодная зима (до минус 40-42 °С) – обуславливает необходимость капитального строительства, укрытия системы орошения на штабеле и подогрев продуктивных растворов в зимнее время, необходимость создания аварийных прудов большой емкости для сбора паводковых вод в весеннее время.

Переработка продуктивных растворов выщелачивания на большинстве действующих предприятий осуществляется с применением экстракционной технологии

SX-EW. На некоторых мелких предприятиях применяется цементационное осаждение меди на железной стружке. Также был апробирован и метод осаждения меди из растворов сульфидом натрия.

Экстракционная переработка растворов осуществляется по различным схемам: 2E-W-1S (две стадии экстракции, водная промывка, одна стадия реэкстракции) или 2E-E_p-W-1S (две стадии и одна параллельная стадии экстракции, водная промывка экстрагента, реэкстракция и электролиз).

Схема переработки растворов 2E-E_p-W-1S, так называемая параллельная схема, в Казахстане применяется при переработке окисленных медных руд месторождения «Актогай» на заводе с производительностью 25 тысяч тонн катодной меди в год. На предприятиях с более низкой производительностью (3,5-5 тысяч тонн катодной меди) чаще применяется схема 2E-W-1S (две стадии экстракции, водная промывка, одна стадия реэкстракции), которая внедрена, например, на предприятии, перерабатывающем окисленные руды месторождения «Аяк-Коджан».

Основные особенности параллельных схем, направленных в первую очередь на снижение капитальных затрат, следующие:

- поток продуктивного раствора может быть в 2-3 раза больше, чем при схеме 2E-W-1S (две стадии экстракции, водная промывка, одна стадия реэкстракции);

- концентрация экстрагента выше, чем в схеме 2E-W-1S, что может увеличить эксплуатационные расходы;

- в зависимости от требуемого извлечения органическая фаза загружается близко к максимуму (на 95-98 %). Это способствует подавлению железа и увеличивает степень разделения Cu / Fe и селективность процесса;

- при одинаковой концентрации экстрагента в органическом растворе содержание меди в рафинате выше, чем при применении схемы 2E-W-1S.

Особенности схемы параллельной экстракции требуют сведения потерь органической фазы в водных растворах к требуемому минимуму (< 0,05 г/дм³), и схема может быть рекомендована при гарантии производителей экстракторов достижения этого показателя.

В Казахстане доступны экстрагенты различных производителей: фирмы BASF (марка Lix), фирмы Solvay (марка Acoaga), а также экстрагенты китайского производства фирмы KopperChemical (марка Mextral).

Экстрагент из-за его высокой вязкости перед использованием растворяют в

органическом растворителе – керосине специальных марок (с высокой температурой вспышки), например, Shellson D90.

Наиболее крупная организация в Казахстане, перерабатывающая окисленные медные руды в настоящее время, – предприятие группы KAZ Minerals, расположенное на месторождении «Актогай». Производительность предприятия – 25 тысяч тонн катодной меди в год. На месторождении выделяется несколько типов окисленных медных руд, отличающихся по вещественному составу и технологическим свойствам: вулканиты, диориты и гранодиориты. Среднее содержание меди в рудах – 0,4-0,5 %. Породные минералы представлены кварцем, полевыми шпатами, серицитом, хлоритом, кальцитом и доломитом в различных соотношениях в зависимости от типа руд. Выщелачивание осуществляется в отвалах на руде карьерной крупности.

Выщелачивание исторически накопленных отвалов окисленных и сульфидных забалансовых руд месторождения «Коунрад» («Коньрат») успешно осуществляется в медной компании «Коунрад». Несмотря на низкое содержание меди в руде (0,10-0,15 % и менее) значительная высота отвалов (от 20 до 40 метров) позволяет получать продуктивные растворы с удовлетворительным содержанием меди, а благоприятный состав породных минералов (преобладание кварца) обеспечивает низкий расход кислоты и относительно невысокое содержание примесных компонентов (Fe, Al, Mg, Si и других).

Кучное выщелачивание окисленных медных руд после трех- или двух-стадийного дробления используется на месторождениях «Аяк-Коджан» и «Шатыркуль». Эти руды характеризуются относительно высоким содержанием меди (от 0,8 до 1,5-2 %) при запасах, обеспечивающих производительность предприятия не более 2,5-3 тысяч тонн меди в год. На предприятии, перерабатывающем руды месторождения «Аяк-Коджан», используется экстракционная схема переработки растворов с получением катодной меди.

На месторождении «Шатыркуль» в настоящее время товарной продукцией является цементная медь. В 2015 году в течение нескольких месяцев продуктивные растворы перерабатывались осаждением меди сульфидом натрия с получением в качестве товарного продукта медных концентратов с содержанием меди 50-54 %.

Выщелачивание дробленых окисленных медных руд месторождения

«Алмалы» начато в 2018 году. Особенности вещественного состава окисленных медных руд этого месторождения (низкое содержание меди в руде, благоприятное соотношение породных минералов) определили основные проектные решения: необходимость трехстадийного дробления руды, относительно высокий размер штабеля (до 12 метров), длительный период выщелачивания, применение параллельной схемы (2E-E_p-W-1S) экстракционной переработки растворов и т.д.

Ряд готовящихся к реализации проектов в настоящее время проходит стадию проектирования. На одном из них планируется применение кислотной агломерации. В практике производства меди операция агломерации получила наибольшее развитие в течение последних нескольких десятилетий, что связано в первую очередь с интенсивным промышленным развитием технологии кучного выщелачивания. Применительно к переработке медных руд данная операция наряду с улучшением проницаемости рудного слоя имеет целью интенсификацию процесса, то есть снижение общей продолжительности выщелачивания материала в куче и, соответственно, повышение среднего содержания меди в продуктивных растворах выщелачивания.

Исследования по переработке медных руд казахстанских месторождений методом кучного выщелачивания проводятся во ВНИИцветмете при постоянном сотрудничестве с ведущими казахстанскими и зарубежными специалистами и предприятиями с использованием необходимого методического обеспечения и оборудования для выполнения работ как по разработке, так и опытно-промышленной апробации технологии с применением различных методов извлечения меди из продуктивных растворов (жидкостная экстракция, цементация, сорбция, осаждение и т.д.) с получением различных видов товарной продукции (катодная медь, цементная медь, медный концентрат и др.).

Ведущие сотрудники организации принимают активное участие в международных симпозиумах, конгрессах, научно-технических конференциях с целью обмена опытом и ознакомления с передовыми мировыми тенденциями в производстве меди из медьсодержащего сырья методом кучного выщелачивания с применением экстракционных, сорбционных и прочих процессов для переработки растворов выщелачивания (Чили, США, Китай, Болгария и другие).



ПРОИЗВОДСТВО ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ КОМПАУНДИРОВАНИЯ

Битум – это твердый или вязкопластичный, смолоподобный продукт темно-коричневого или даже черного цвета, состоящий из смеси углеводов и их неметаллических производных. Битумы классифицируются на остаточные, окисленные, крекинговые, компаундированные.

Остаточный битум получают в вакуумных установках после непрерывного действия отгонки (путем глубоковакуумной отгонки) топливных и смазочных продуктов из высокосмолистой нефти. Остаточный битум представляет собой твердое, с небольшой вязкостью, вещество.

Окисленный битум получают путем переработки гудрона и других нефтяных остатков способом продувки кислородом воздуха, в следствие чего у нефтяных остатков увеличивается вязкость, они окисляются и уплотняются. Окисленный битум более эластичен и теплостоек, чем остаточный.

Крекинговый битум получают способом разложения сырой нефти и

масел для получения выхода бензина при высокой температуре. Далее окислением остатков получают крекинговый битум, обладающий высокой хрупкостью.

Компаундированный битум получают смешиванием остатков от переработке сырой нефти. В технологии компаундирования битумов часто используют такие добавки, как масло, деготь, легкие нефтяные фракции, поскольку с их помощью получают битум с заданными свойствами, что невозможно сделать путем глубоковакуумной отгонки или окислением [1].

Для изучения технологии компаундирования на ТОО «СП «CASPI BITUM» определена возможность работы установки на проектных мощностях. Ограниченный выход битума (33,66 % на переработанную нефть, против 40 % по проекту) связан с ошибочными проектными решениями:

– недостаточная мощность установленных битумных насосов 01P-1201 А, В, С;

– недостаточный теплосъем в теплообменниках 01Е-1201 А, В, С при использовании высокотемпературного теплоносителя;

– отсутствие технологической гибкости при спаренной обвязке окислительных колонн.

Эти проблемы ограничивают возможность поддержания оптимального режима окисления, включения в работу двух окислительных колонн и увеличения производительности по окисленному битуму, а также исключают параллельную работу колонн с одновременным выпуском двух марок окисленного битума.

На сегодняшний день на ТОО «СП «CASPI BITUM» нефтяной дорожный битум получают по технологии компаундирования, смешивая окисленный битум с гудроном вакуумной колонны. Данное решение было принято в связи с тем, что недостатки проектной схемы производства дорожного битума не позволяют работать на двух колоннах одновременно.

Групповой химический состав гудрона для производства битума

Наименование образцов	Содержание отдельных групп углеводородов, % масс					
	парафино-нафтеновые	ароматические			смолы суммарные	асфальтены
		легкие	средние	тяжелые		
Гудрон	20	5,6	6	15	34	18

В 2017 году ЦЗЛ провела внутренний анализ по растяжимости гудрона и битума, были проведены лабораторные испытания в разных пропорциях, собраны параметры и выявлена закономерность. Путем смешивания окисленного битума с гудроном был получен дорожный битум. За счет использования способа компаундирования объем выработки битума превысил проектные показатели на 13 % (57,4 т/ч).

К примеру, в августе 2018 года потребность в битуме составила 47 тысяч тонн. Данный объем битума невозможно было бы получить путем прямого окисления, так как максимальная производительность битумной установки – 42,3 т/ч (выход битума – 31,6 % при загрузке по нефти 134 т/ч), месячный объем выработки составил бы 31,5 тысячи тонн.

В основу технического решения проблемы повышения качества вырабатываемой сегодня битумной продукции при условии использования в качестве основного сырьевого компонента высоковязкого прямогонного гудрона может быть заложена новая современная технология производства высококачественных дорожных битумов, получившую название «переокисление → разбавление» [2].

Методы исследования

Сырьевые компоненты, используемые для получения окисленного битума:

– гудрон с установки ЭЛОУ-АВТ: плотность при 20 °С – 999 кг/м³; кинематическая вязкость при 20 °С – 18 800 мм²/с; температура вспышки – 228 °С;

– затемненная фракция с установки ЭЛОУ АВТ: плотность – 962,6 кг/м³; кинематическая вязкость при 20 °С – 24 мм²/с; температура вспышки – 164 °С.

Групповой химический состав гудрона представлен в таблице.

Результаты исследования

Проектом «Производство дорожных битумов на Актауском заводе пластических масс» предусмотрена технология окисления гудрона или смеси гудрона с затемненной фракцией кислородом воздуха, предложенная Nanjing Petrochemical Engineering Company, LTD (Китай).

Технология получения битумов была изменена, в основу технического

решения, позволяющего повысить качество вырабатываемой битумной продукции, заложена апробированная в промышленности и хорошо зарекомендовавшая себя технология производства высококачественных дорожных битумов, получившая название «компаундирование».

Суть технологии получения компаундированных битумов заключается в следующем:

1. Исходный гудрон или смесь окисляют до значения показателя «температура размягчения»:

– для марки БНД 70/100 – до 51-52 °С;

– для марки БНД 100/130 – до 48,5-49,2 °С.

2. Далее этот «структурный каркас» битума – концентрат смол и асфальтенов – пластифицируют путем добавления к нему исходного неокисленного прямогонного гудрона со значением показателя «температура размягчения»:

– для марки БНД 70/100 – до 45,5-46,5 °С;

– для марки БНД 100/130 – до 43,5-44,2 °С.

К преимуществам данной технологии следует отнести следующее:

– окислительный блок работает в стабильном режиме, вырабатывая только один продукт – битум для компаундирования с лабораторным контролем качества конечного продукта по его температуре размягчения;

– весь ассортимент дорожного битума производится в резервуарном парке с лабораторным контролем качества конечного продукта согласно требованиям СТ РК 1373-2013;

– окислению подвергают не весь объем сырья, а лишь часть его (примерно 60 %). Требуемая производительность достигается при разбавлении окисленного компонента исходным сырьем и другими стабильными неокисленными компонентами. При этом существенно снижаются энергозатраты на окисление, объем газов окисления, требующих термического обезвреживания, снижается, как и объем топлива для сжигания газов окисления. В результате уменьшается суммарный объем выбросов с установки, что делает данную технологию в экологическом отношении более

безопасной в сравнении с технологией прямого окисления;

– качество конечного продукта практически не зависит от вязкости гудрона, поступающего на окисление. Более того, чем больше отклонение условной вязкости сырья от нормативных значений (в сторону повышения), тем выше качество получаемого дорожного битума за счет того, что доля неокисленного компонента в составе битума возрастает.

Выводы

Качество компаундированного дорожного битума, полученного по данному варианту технологии, безусловно выше, чем качество дорожного битума той же марки, но полученного из нормативного сырья по технологии прямого окисления. Компаундированный битум более пластичен, обладает лучшими низкотемпературными характеристиками, более высоким значением адгезии к инертным материалам, применяемым в дорожном строительстве, и имеет повышенную устойчивость к процессам термоокислительного старения.

На основании практики применения метода компаундирования, учитывая производство окисленного битума на одной колоне вместо двух, ТОО «СП «CASPI BITUM» на сегодняшний день имеет возможность производства дорожного битума в объеме 42 % от перерабатываемой нефти. Вместе с тем, битумный завод планирует провести модернизацию блока производства окисленного битума. После модернизации появится возможность вовлечь больше окисленного битума в компаундирование с гудроном. Тем самым битумный завод планирует производить дорожный битум в объеме 52 % от перерабатываемой нефти.

Литература

1 Евдокимова Н. Г. Разработка научно-технологических основ производства современных битумных материалов как нефтяных дисперсных систем. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук – М., 2015 – 417с.

2 Разработка технических предложений по переводу окислительной установки по производству битумов на Нижнекамском НПЗ на режим работы, обеспечивающий повышение качественных показателей вырабатываемых битумов. Научно-технический отчет – Уфа, 2007 – 12с.



РЕГИОНАЛЬНЫЕ НЕФТЕ- И ГАЗОХИМИЧЕСКИЕ КЛАСТЕРЫ КАК ОСНОВА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ

Снижение спроса на нефть практически во всех странах мира, характерное для 2017-2020 годов, усугубилось распространившейся пандемией коронавируса. Именно она стала причиной сокращения производственных программ на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях у крупнейших потребителей этого вида исходного сырья. В сложившейся ситуации, когда на нефтяных рынках предложение намного стало превышать спрос, уровень цен начал закономерно устанавливаться по траектории снижения. Это привело к тому, что себестоимость добычи нефти, а тем более ее доставки непосредственно потребителю значительно превысила мировую цену. И как

результат, нефтедобывающая отрасль оказалась убыточной. В подтверждение этого достаточно привести такие факты: мировая цена одного барреля нефти в первом квартале 2020 года доходила до уровня 10 долларов, в то время как себестоимость добычи аналогичного объема составляла в среднем в странах Ближнего Востока – 30 долларов, Латинской Америки – 70-90, в Азербайджане (шельф Каспийского моря) – 50-60, в США – 40-45, в Казахстане – 20-40, в Российской Федерации – 40-70 [1].

Столь неблагоприятная ситуация вызвала необходимость принятия срочных мер по стабилизации ценовой обстановки на мировых рынках углеводородного сырья. События последних

лет показывают, что превышение предложения углеводородов над спросом предопределило вхождение мировой экономики в период затяжной рецессии. Ситуация еще более обострилась ценовой войной основных экспортеров нефти.

Для стабилизации обстановки на нефтяном рынке странами альянса ОПЕК+, совокупно контролирующими около 40 % мировой добычи нефти, с 1 мая 2020 года принято соглашение о сокращении ее на 9,7 миллиона баррелей в сутки. При этом установлены следующие объемы сокращения суточной добычи в мае-июне в баррелях: для Казахстана – 390 тысяч, для Азербайджана – 164 тысячи, для

России – 2,5 миллиона. Относительно других стран, обладающих крупным нефтегазовым потенциалом, можно отметить следующее. Норвегия, возможно, присоединится к соглашению ОПЕК+ к концу 2020 года и уменьшит свою добычу на 300 тысяч баррелей в сутки, США, Канада и Бразилия, как ожидается, сократят суммарно добычу на 5 миллионов баррелей.

Реализация нового соглашения уже имеет некоторые положительные сдвиги. Так, за период с 1 мая по 30 июня 2020 года цена одного барреля нефти марки «Брент» постепенно увеличивалась с 26 до 42 долларов, что может стать свидетельством установления положительного ценового тренда, обусловленного не только выполнением условий нового соглашения, но и ростом потребления нефти перерабатывающими предприятиями основных импортеров.

Социально-экономическое развитие регионов Республики Казахстан осуществляется, исходя из того природного потенциала, который за долгие годы был здесь сформирован. Прикаспийский нефтегазовый регион, включающий в свой состав четыре области Западного Казахстана, в значительной степени получает импульс в своем развитии за счет формирования производств, в разной степени связанных с добычей, транспортировкой и переработкой нефтегазовых ресурсов.

Практика освоения нефтегазовых ресурсов за счет ввода новых месторождений в эксплуатацию в Прикаспийском регионе свидетельствует о том, что в условиях залегания углеводородов на большой глубине и в сложных геолого-технических параметрах себестоимость добычи будет всегда довольно высокой. К этим сложностям добавляется и тот факт, что в силу специфического физико-химического состава сырья его извлечение из продуктивных горизонтов, транспортировка и переработка требуют использования специального оборудования, что значительно увеличивает общую сумму капитальных вложений, требуемых для освоения запасов сырьевых ресурсов. Для этого достаточно привести данные о себестоимости добычи одного барреля нефти на некоторых месторождениях Казахстана (в долларах США): Тенгизское – 20; Карачаганакское – 15-16; в среднем по структурам национальной компании «Казмунайгаз» – 35-40. Значительно выше уровень себестоимости зафиксирован по месторождениям, разрабатываемым на морском шельфе. Так, для месторождений шельфа Северной Америки она колеблется в

пределах 100-200 долларов за баррель, для шельфа Латинской Америки – 70-90, для шельфа Каспийского моря (Азербайджан) – 50-60. Учитывая достаточно высокий уровень издержек, связанных с процессом добычи нефтегазовых ресурсов и их транспортировкой к местам потребления, можно констатировать, что в условиях значительных колебаний мировых цен на углеводородное сырье нефтяным компаниям не всегда удастся выйти на уровень запланированной рентабельности.

В этой связи для снижения капиталоёмкости добычи и всех последующих процессов использования углеводородов особую важность приобретает решение проблемы увеличения комплексности использования нефти и газа и выработки за счет этого конечной товарной продукции. Сырьевая направленность отечественной экономики ставит ее в конъюнктурную зависимость от цен на мировом рынке на сырьевые ресурсы. В случае возможного падения цен на них единственным способом поддержания конкурентоспособности станет переход к использованию новейших наукоемких технологий, что предполагает привлечение инвестиций не только в технику и технологические процессы, но и в человеческий капитал. Сегодня на первый план выдвигается вопрос не столько увеличения добычи, сколько комплексного использования сырья в процессах переработки.

Реализация основных концептуальных вопросов формирования и развития Прикаспийского нефтегазового региона имеет свои сложности. Основная заключается в том, что разработка программ до сих пор осуществляется старым, традиционным методом, предопределяющим существенный разрыв во времени между принятием решения по реализации крупной хозяйственной программы и научными проработками главных ее проблем. По такой же причине комплекс вопросов, предлагаемых для реализации, носит усеченный характер, так как не учитывает сугубо территориальные интересы, полноту использования сырья, экологические особенности территории. Конкретными примерами подобной ситуации могут служить строительство первого интегрированного нефтехимического комплекса на территории региона (поселок Карабатан, Атырауская область), ввод в эксплуатацию первого морского месторождения нефти «Кашаган». Сроки реализации этих проектов были растянуты во времени, что отразилось на экономике страны из-за недополучения того экономического результата,

который планировалось получить уже в 2014-2015 годах.

Главная проблема повышения эффективности комплексного использования ресурсов недр, особенно нефтегазовых, заключается в получении из них такого сочетания продукции, которое позволяет увеличить коэффициент полезности. Это условие является вполне естественным, если учесть, что в развитие нефтегазового производства вкладываются огромные финансовые и материальные ресурсы, способствующие постоянному приращению запасов углеводородов и подготовке их к извлечению. Поэтому совершенно недопустимы те наблюдающиеся до настоящего времени прецеденты, когда попутный газ сжигается непосредственно на промыслах в факелах или выпускается в атмосферу. Богатый различными индивидуальными фракциями мазут сжигается в топках, нефть, имеющая специфические качественные характеристики, перерабатывается на заводах, технологические схемы которых не предусматривают выработку широкого ассортимента продукции, содержащейся в поступающем сырье.

Для обеспечения технологической конкурентоспособности отраслей реального сектора экономики необходима реализация кластерной инициативы в их развитии. Вплотнение в жизнь этого направления позволит увеличить производственные показатели компаний, снизить их издержки и издержки обслуживающих компаний, будет способствовать возрастанию инновационной восприимчивости таких отраслей реального сектора как нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, горно-металлургическая, агропромышленная [2].

В условиях мировой глобализации высокую конкурентоспособность страны могут обеспечить не отдельные (пусть даже крупные и технологически развитые) фирмы, а кластеры хозяйствующих субъектов, связанных между собой тесными экономическими взаимоотношениями. Концепция кластерного развития получила мировое признание, а опыт наиболее развитых стран убеждает в перспективности кластерного подхода к развитию экономики.

По определению М. Портера, кластер – это группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга [3, 4]. В Законе Республики Казахстан от 9 января 2012 года № 534-IV «О государственной

Таблица 1

Характеристика условий формирования кластеров

Сдерживающие факторы и ограничения	Позитивные факторы развития
Слабый уровень научно-технических разработок	Казахстан обладает мощной нефтехимической базой
Высокий уровень физического износа оборудования, отсталость технологий и низкая конкурентоспособность выпускаемой продукции	Благоприятная конъюнктура на мировом рынке нефтехимической продукции
Диспаритет цен и тарифов на продукцию естественных монополий	Быстро развивающийся внутренний рынок и высокий спрос на продукцию нефтехимического комплекса
Дефицит инвестиционных ресурсов	Наличие недорогой и квалифицированной рабочей силы
Сокращение спроса на продукцию малотоннажной химии на внутреннем рынке	Наличие ряда научно-технических разработок, внедрение которых обеспечит модернизацию действующих и создание новых конкурентоспособных производств

Примечание: Таблица составлена автором

Таблица 2

Особенности и сфера использования синтетических волокон

Тип волокна, характерная особенность	Принятое название продукта	Исходные соединения	Наименование процесса	Наименование готовых изделий, сфера их использования
Полиамидные (ПА): поликапроамидные; полиаминоэнантовые	Капрон (СССР) Перлон (ФРГ) Найлон 6 (ФРГ) Дедерон (ГДР) Энант (СССР)	Фенол, бензол, циклогексан, толуол, анилин	Синтез моно-полимеров, полимеров	Искусственный мех, ковры, обивочные ткани, корд, фильтровальные ткани, рыболовные сети, паруса, чулочно-носочные изделия
Полиэфирные (ПЭ): химическая стойкость, доступность сырья	Лавсан (СССР) Дакрон (США) Терилон (Англия) Элан (Польша) Тесил (Чехословакия)	Терефталевая кислота, диметилловый эфир и гликоль, оксид этилена	Синтез	Ткань типа кримплен, канаты, веревки, стропы, ремни безопасности, шовный материал, ткань для одежды, декоративные материалы, гардинное полотно, верхний трикотаж
Полиолефиновые (ПО):		Этилен, пропилен	Ионная полимеризация	Искусственный мех, ткани драпировочные, курточные, зонтичные, плащевые, трикотаж, чулочно-носочные изделия, гардинное полотно, швейные нитки, обивочные ткани, занавеси, тенты, каркас, ковровые
Полиакрилонитрильные (ПАН)				
Устойчивость к воздействию солнечных лучей		Пропилен, ацетилен	Синтез	Верхний трикотаж, тенты, брезент, автотенты, спецодежда, защитные покрытия, фильтровальные материалы, углеродные волокна

поддержке индустриально-инновационной деятельности» дается свое определение кластера. «Инновационный кластер – объединение субъектов научной и (или) научно-технической деятельности, элементов индустриально-инновационной инфраструктуры, призванных стимулировать индустриально-инновационную деятельность путем взаимодействия и совместного использования имеющихся возможностей, обмена знаниями и опытом, эффективной передачи технологий, налаживания устойчивых партнерских связей и распространения информации».

Кластерное развитие национальной экономики позволит отойти от сырьевой зависимости, стать конкурентоспособной и высокоэффективной, тем самым придав ей устойчивый импульс развития. Ожидается, что произойдет значительный рост внутренних инве-

стиций, а признание Казахстана конкурентоспособной страной увеличит объем прямых иностранных инвестиций. Произойдет существенный скачок роста экспорта и производства продуктов с большей добавленной стоимостью, а также увеличение стоимости за единицу экспорта. Более того, кластеризация экономики повысит уровень рыночной конкуренции, благоприятно отразится на качестве и условиях продажи продукции.

Зарубежный опыт показывает широкие возможности использования кластерного подхода для решения задач, направленных на подъем и повышение конкурентоспособности экономики. Так, в США больше половины предприятий работают по следующей модели производства: предприятия кластера локализованы в одном регионе и с максимальной выгодой используют его природный, кадровый и интеграционный

потенциал. Как правило, продукция кластеров ориентирована на экспорт или импортозамещение.

Среди факторов, сдерживающих развитие кластеров в Казахстане, следует назвать низкое качество управления совместным бизнесом в отдельных секторах деятельности международных хозяйственных структур, слабый уровень развития приграничных территориальных кооперационных структур, которые, как правило, самостоятельно не справляются с задачей выработки и реализации приоритетов для продвижения интересов регионального бизнеса, недостаточный уровень коллективных плановых и программных решений по территориальному хозяйственному развитию, растянутые горизонты достижения ожидаемых результатов (табл. 1).

Одной из основных особенностей развития нефтегазохимической индустрии

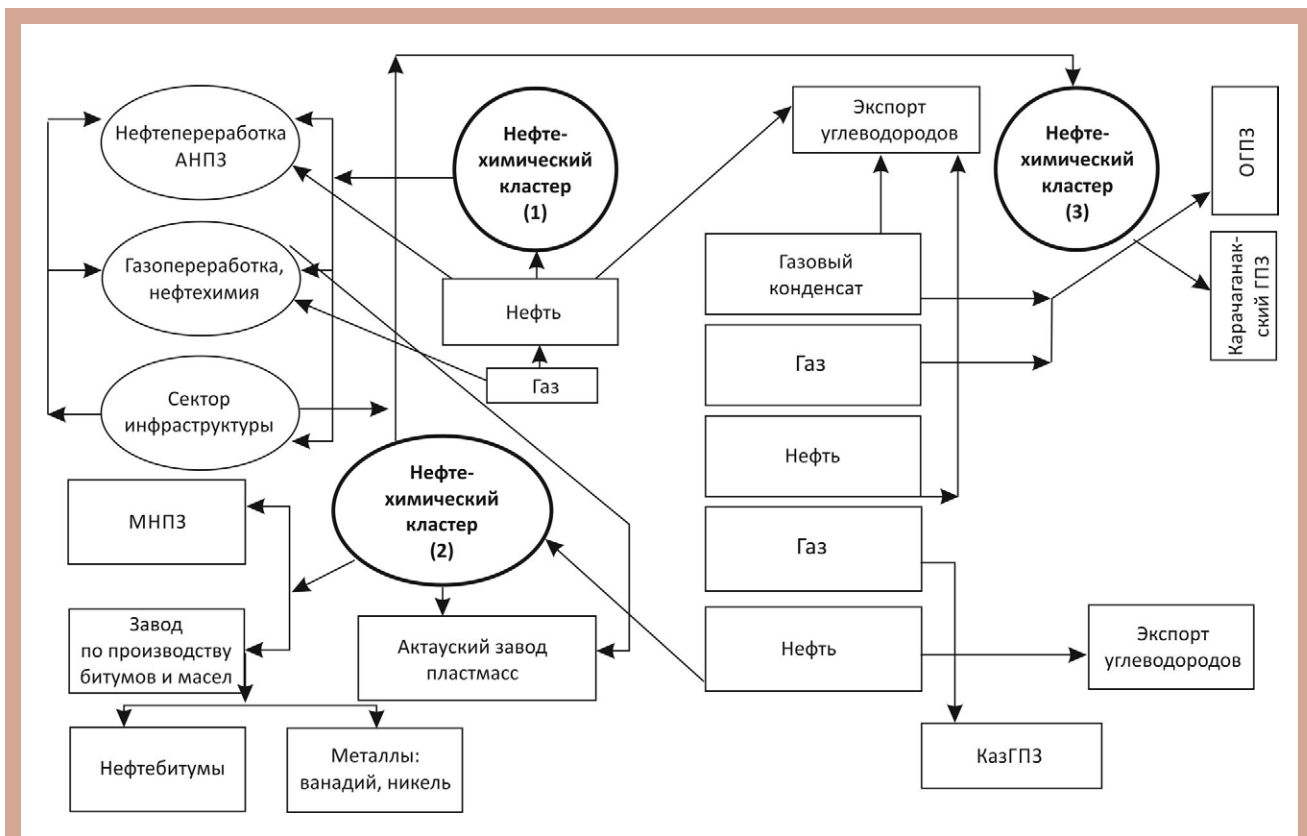


Рис. – Принципиальная схема формирования нефтехимических кластеров в Западной Казахстане (рисунок составлен автором)

стрии Казахстана в настоящее время является реализация проектов восстановления производственного цикла на действовавших ранее предприятиях и строительство новых объектов, ориентированных на выпуск широкой гаммы конкурентоспособной продукции. Нефтехимический комплекс является базовым сегментом промышленности, который закладывает основы ее долгосрочного и стабильного развития и оказывает существенное влияние на структурные изменения в национальной экономике, обладающие существенным макроэкономическим эффектом и влияющие на уровень национальной конкурентоспособности и темпы роста экономики в целом [3].

В мировой практике использования углеводородных ресурсов происходит кардинальная переориентация нефтехимической и химической промышленности в отношении исходного сырья, что имеет значительные преимущества не только в стабильности сырьевой базы, но и в уровне экономической эффективности. Так, из одной тонны легкого бензина может быть получено до 300 килограммов этилена, из такого же количества вакуумного газойля – около 170-180 килограммов, в то время как из

тонны этана или пропана вырабатывают соответственно 800 и 420 килограммов этилена.

При определении экономической эффективности того или иного производства как правило за критерий принимается соотношение затрат и размеров полученного эффекта. Однако можно выбрать и другой путь расчетов, при котором сопоставляется расход сырьевых ресурсов, необходимых для выпуска одного и того же изделия из традиционных материалов и нефтехимических соединений. Практически во всех случаях преимущества будут на стороне последних. Для изготовления тысячи бумажных мешков требуется 700 килограммов нефти, для такого же количества полиэтиленовых – 500 килограммов, литровая стеклянная бутылка обходится в 250 граммов нефти, полиэтиленовая – в 116, энергоемкость выпуска ста метров чугунных труб составляет почти 2 тонн нефти, керамических – 500 килограммов, а поливинилхлоридных – только 360 килограммов.

Все вышеупомянутое направлено, в первую очередь, на решение главной задачи – постоянного увеличения добычи углеводородного сырья за счет интенсификации разработки действу-

ющих месторождений и ввода в эксплуатацию перспективных структур на суше и в шельфовой зоне Каспийского моря.

Однако видеть в качестве основной задачи развития всей совокупности подсистем нефтяной промышленности республики только интенсификацию одного звена – нефтедобычи – означает потерю темпов и возможностей формирования единого национального комплекса, приоритетными задачами которой должны стать системные проработки, охватывающие средне- и долгосрочную перспективу в добыче, транспортировке, переработке сырья, решение социально-экономических и экологических проблем.

Основы кластеризации в нефтяной промышленности заключаются в необходимости создания цепочек взаимозависимых производств от геолого-поисковых и разведочных работ до переработки извлеченных углеводородных соединений и реализации товарной продукции (рис.).

Реальная возможность формирования кластеров, в основу которых будет положено использование нефтегазовых ресурсов, существует в регионах Западного Казахстана. Первый из них может быть образован с учетом

существующего промышленного и научного потенциала в Атырауской области. Учитывая предстоящий ввод в промышленную эксплуатацию нефтегазовых месторождений в казахстанской части шельфа Каспийского моря, следует заблаговременно создать здесь цепочку взаимосвязанных отраслей (нефтегазодобыча, нефтепереработка, нефтехимия), с тем, чтобы нефть и газ с новых месторождений с первых же лет их разработки использовались комплексно.

В основу формирования второго кластера должны быть положены существующие мощности по нефтедобыче (месторождения Мангистау и Бузачи), переработке углеводородных ресурсов (завод пластмасс, Казахский газоперерабатывающий завод, а в перспективе – Мангистауский нефтеперерабатывающий комплекс).

Третий кластер должен быть ориентирован на использование газоконденсата Карачаганакского месторождения, а в последующем и на сырье, которое будет добываться на новых месторождениях Западно-Казахстанской области – Тепловская, Токаревская и иные структуры.

Сфера применения углеводородной продукции – полимерных материалов, синтетических волокон, пластификаторов – настолько широка, что нет практически ни одной отрасли промышленности и социально-бытового сектора экономики, где бы они не использовались в качестве каких-либо изделий. Прочность, устойчивость к термическому и химическому воздействию, способность сохранять длительное время заданные параметры (свойства), сравнительная дешевизна и относительная легкость, доступность и достаточность необходимого сырья для их получения – вот те главные преимущества, которые позволяют успешно конкурировать синтетическим волокнам с другими материалами [5].

Обосновывая направления использования углеводородных ресурсов на предприятиях нефтехимического профиля, следует учитывать реальные возможности получения всего спектра нефтехимической продукции, использование которой в различных сферах деятельности позволит выработать широкую гамму товарной продукции. При этом переработка нефти или попутного газа может происходить по различным технологическим направлениям. Однако предпочтение должно быть отдано только тем, благодаря которым внедряется технология по глубокой обработке исходного сырья, что дает возможность извлекать значительно большую долю

потенциально содержащейся в нем продукции, за счет чего увеличивается коэффициент использования нефти и газа и как следствие растет эффективность производств, составляющих кластер.

Кроме того, значительная часть этого ассортимента позволяет, во-первых, дать стимул развитию отдельных отраслей промышленности (легкая, машиностроение, резинотехническая), во-вторых, экспортировать их в страны ближнего и дальнего зарубежья.

На основе анализа потребностей в нефтехимической продукции международного рынка в региональном аспекте для Казахстана наиболее экономически выгодным будет создание нефтехимических производств по выпуску полиэтилена, полипропилена, стирола и полистирола, этиленгликоля и бензола, метанола – базовой нефтехимической продукции.

Следующим этапом реализации проектов создания кластеров могло бы стать внедрение проектов по выпуску широкой гаммы нефтехимической продукции (синтетический каучук, ароматические соединения, моторные масла и другая продукция), в том числе на основе использования нефти и остатков ее переработки [7]. Для производства базовой нефтехимической продукции основными источниками сырья станут попутный и природный газ с ТОО «Тенгизшевройл» (ориентировочно в объеме 6 миллиардов кубометров в год), НПЗ и ГПЗ Атырау, Жанаозеня, а в последующем – с Карачаганак и Кашагана.

На основе анализа потребностей в нефтехимической продукции международного рынка в региональном аспекте для Казахстана наиболее экономически выгодным будет создание нефтехимических производств по выпуску полиэтилена, полипропилена, стирола и полистирола, этиленгликоля и бензола, метанола – базовой нефтехимической продукции.

Газообразная часть сырья представляет собой не менее ценную, чем нефть, а для нефтехимических производств – предпочтительную сырьевую составляющую. Эффективность производств, использующих в качестве исходного сырья попутный газ, возрастает в несколько раз в сравнении с получением конкретной товарной продукции из нефтяного сырья. Достаточно привести следующие данные, чтобы подтвердить сделанный вывод: из 1 миллиона кубометров попутного газа месторождений «Тенгиз», «Карачаганак», «Кашаган» можно извлечь методом

пиролиза 200 килограммов этана, из этого объема при дегидрировании получается 130 тонн этилена, а из него можно извлечь 85 тонн полиэтилена или 60 тонн полистирола. При этом сокращается объем нефти, которая использовалась бы на эти же цели, что также подтверждает рост эффективности нефтегазового комплекса в целом.

Использование потенциала газовых ресурсов в нефтехимическом направлении может иметь различные варианты. Осуществленный анализ результатов деятельности предприятий, работающих по различным технологическим схемам, приводит к следующим выводам.

Во-первых, переработка попутного газа, осуществляющаяся по упрощенной схеме, влечет за собой выпуск незначительной части (около 30 %) индивидуальных углеводородов.

Во-вторых, выработанные индивидуальные углеводороды на газо-химическом комплексе, характеризующемся применением более прогрессивных технологических процессов и соответственно различными вариантами выхода конкурентоспособной товарной продукции, могут быть успешно реализованы на внешнем рынке, причем по цене в несколько раз превышающей цену индивидуальных углеводородов, выделенных по первому варианту.

В-третьих, экономический эффект от переработки сырьевого ресурса на газохимическом комплексе в 11,5 раза выше варианта реализации сырого газа и в 5-8 раз превышает коммерческий результат, который может быть получен при простой схеме извлечения индивидуальных углеводородов.

Поэтому разработка наиболее эффективных путей развития всей совокупности звеньев нефтегазового комплекса, при которой определяются обоснованные объемы производства конкретных видов конечной продукции, направления рационального и комплексного их использования, сокращения размеров отходов, отрицательно влияющих на состояние окружающей среды и требующих крупных финансовых затрат для их последующей утилизации, представляет собой исключительно важную проблему. Решение ее возможно в условиях формирования региональных кластеров, основой которых могут стать предприятия нефтегазового комплекса.

Формируемый в Южном регионе Казахстана кластер, который в официальных документах называется «хлопковым» и «текстильным», может явиться, по нашим расчетам, реальным прообразом сочетания нефтехимических производств и текстильных предприя-

тий. Вырабатываемая нефтехимическая продукция позволит широко использовать синтетические волокна в выпуске широкого ассортимента текстильных и тканых материалов.

В ходе реализация этой концепции возникнут плотные связи между нефтехимическими и текстильными предприятиями, тем более, что сырьевые ресурсы для них территориально сосредоточены в одном регионе, дает основание для возможностей создания кооперативных связей в рамках текстильно-химического кластера.

Динамика развития мирового рынка текстильной промышленности свидетельствует о сокращении в экспорте доли государств Западной Европы и США и одновременно о выходе на передовые позиции производителей из Индии, Монголии, Вьетнама, Китая и других азиатских стран, способных создать единую производственную цепочку, звенья которой географически приближены друг к другу. Таким образом, текстильная индустрия становится своего рода аренной противостояния признанных авторитетов отрасли и новичков, подтверждающих свои амбиции неплохими результатами, активно инвестирующих в технологии и оборудование. Глобализация, стремительно растущая конкуренция со стороны развивающихся стран, необходимость постоянных капиталовложений в модернизацию производства создают новые условия игры на рынке текстильной промышленности.

Идея создания текстильного кластера в Южно-Казахстанской области отводится ключевая роль в программе реабилитации отрасли. Действительно, ссылаясь на опыт индустриально развитых стран, в которых текстильная промышленность является значительным сектором экономики, занимает весомую долю в ВВП и экспортном обороте, можно прийти к выводу, что развитие данной отрасли позволяет обеспечить наполнение рынка продукцией собственного производства, подъем в сфере специализированного машиностроения, развитие ткацкой промышленности и торговли. Однако процесс формирования цепочки производства текстильной продукции с высокой добавленной стоимостью проходит весьма непросто.

Развитие промышленности химических волокон решает важнейшие задачи увеличения ресурсов текстильного сырья и расширения ассортимента текстильных изделий. Ткани и изделия из современных химических волокон по многим потребительским свойствам превосходят текстильные изделия из



хлопчатобумажных волокон и полноценно заменяют натуральные шелковые и шерстяные ткани. Область применения химических волокон все более расширяется, особенно за счет производства изделий технического назначения: корда для автомобильных и авиационных шин, электроизоляции, защитных средств химической аппаратуры. Из химических волокон производятся также канаты, стропы, рукава, транспортные ленты, высокопрочные рыболовные сети и снасти, негорючие и химически стойкие ткани для бензиновых баков, масло- и бензопроводящих шлангов двигателей автомобилей и самолетов, негорючие ткани для обивки самолетов, автобусов, танков, подводных и надводных кораблей, спасательные костюмы пожарной службы, легкие и прочные волокнистые материалы для парашютов, медицинские материалы и принадлежности.

Высокая эффективность, достигаемая в результате широкого использования углеводородных ресурсов в перерабатывающих отраслях, еще раз подчеркивает всю важность вовлечения газовых ресурсов Казахстана в процессы химических преобразований.

В связи с этим наиболее крупной задачей, от масштабов и темпов решения которой зависит во многом состояние всей экономики республики на текущий момент и далекую перспективу, может быть интенсивное развитие нефтегазоперерабатывающих комплексов непосредственно в районах добычи ресурсов.

Экономические преимущества, лежащие в основе комплексной переработки углеводородных ресурсов, необходимо использовать в практическом плане, в системной увязке всех смежных производств, уже функционирующих или проектируемых с тем, чтобы в пределах нефтехимического кластера было организовано производство широкого ассортимента товарной продукции. Такой путь развития возможен в том случае, если кардинально изменится отношение к нефтегазовым ресурсам, как основе выработки уникальных видов

товаров, воспроизводство которых из других видов ресурсов практически невозможно.

Развитие собственной разветвленной базы нефтегазопереработки и нефтехимии необходимо, во-первых, в связи с ростом своих потребностей в исходных ресурсах углеводородов, во-вторых, вследствие того, что конечная продукция этих производств – от индивидуальных углеводородов до полимерных материалов представляет собой достаточно выгодную статью экспорта, о чем свидетельствует постоянно растущий спрос на нее на мировых рынках. На мировых рынках нефтехимической продукции цены на синтетические волокна достигают высоких котировок: на полиэфирные волокна 2500-3100 долларов за одну тонну, на полиамидную текстильную нить – 4600-5200 долларов за одну тонну. Ванадий, содержащийся в нефти месторождений Бузачи, оценивается на уровне 25 тысяч долларов за одну тонну. Столь впечатляющие ценовые уровни на продукцию, полученную при переработке нефтегазовых ресурсов, позволяют утверждать, что при комплексном и рациональном их использовании не только увеличатся доходы, но и изменится соотношение добывающих и перерабатывающих отраслей экономики страны.

Литература

- 1 Надилов К., Алшанов Р. А., Егоров О. И. О срочных мерах кардинального повышения эффективности нефтегазовой отрасли // Нефть и газ, 2020 – № 2 (116) – С. 7-9.
- 2 Егоров О. И. Проблемы функционирования нефтегазового комплекса в условиях форсмажорных обстоятельств // Нефть и газ, 2020 – № 3-4 (117) – С. 107-116.
- 3 Портер М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов / пер. с англ. И. Минервина – М.: Альпина Паблшер, 2011 – 454 с.
- 4 Инновационные кластеры наноиндустрии. Под ред. Г. Л. Азоева – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012 – С. 106.
- 5 Егоров О. И. Нефтепереработка и нефтехимия в Казахстане: приоритеты развития // Нефть и газ, 2014 – № 5 (80) – С. 43-54.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В РАЙОНЕ ПРИЛЕЖАЮЩЕЙ К ТЕРРИТОРИИ ОБЛАСТНОГО ЦЕНТРА МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ

В настоящее время несмотря на многочисленные исследования Каспия до сих пор существуют районы моря, степень изученности и покрытия данными прямых наблюдений которых крайне мала. Возникает целый ряд вопросов фундаментального и прикладного характера, требующих регионального подхода к изучению состояния почвы в прибрежных зонах Каспийского моря. Данная ситуация особенно усугубилась в последние три десятилетия, когда наблюдалось резкое сокращение числа научных исследований по этой проблеме [1]. Одним из таких районов является восточное побережье Среднего Каспия, а именно – акватория моря в районе областного центра Мангистауской области, г. Актау, и его пригородных территорий. Кроме того, порт Актау является единственным портом Казахстана, используемым для международных перевозок сырой нефти и нефтепродуктов. В этой связи исследования акватории Каспия и прибрежной зоны областного центра являются актуальными и своевременными [2].

Материалы и методы исследований

Прибрежная зона Каспийского моря. В конце мая 2018 года были проведены работы по мониторингу морской части по разрезу 1 (станции 14-17) и полевые исследования в прибрежной зоне напротив этих станций в районе поселка С. Шапагатова. Полевые исследования проведены маршрутным методом. Были заложены 4 исследовательские площадки (ИП-1, ИП-2, ИП-3 и ИП-4 (фоновая)), для мониторинга состояния почвы в районе пригородной территории г. Актау напротив гидрологических станций ГС-14-ГС-17 (рис.).

Отбор почвенных проб. Пробы отбирали по общепринятой в почвоведении методике. На исследовательских площадках пробы почв отбирали проботорборником методом конверта с глубины 0-20 сантиметров. Метод представляет отбор смешанной пробы из расчета 1 проба на 100 квадратных метров (площадка 10 × 10 метров). Смешанный образец состоял из 5 почвенных проб,

взятых конвертом из 5 точек. Отбирался средний образец весом 300-400 граммов. В целом пробы представляют собой смешанные образцы из 20 точек, то есть по 5 точек на 4 исследовательские площадки.

Определения гумуса в почве. Для исследования почвенных образцов использовали следующие методы: цвет определяли по шкале Манселла, гранулометрический состав – по Качинскому, гумус (ОВ) – по Тюрину, валовый азот – по Кьельдалю, подвижные соединения фосфора и калия – по Чирикову (для карбонатных почв – по Мачигину) [3]. Определение количества гумуса в почве выполняли по методу Никитина с колориметрическим окончанием по Орлову–Гриндель, основанном на монокромном озолении органических соединений почвы.

Определение тяжелых металлов в почве. Проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с плазменной атомизацией с использованием ААС МГА-915М (Люмекс, Россия) в аккредитованной лаборатории Департамента экологии Мангистауской области, согласно методике (М-МВИ-80-80-2008) [1]. По причине того, что валовое содержание определяемых тяжелых металлов в почве было высоким, определены подвижные формы следующих элементов Pb, Ni, Cr, Hg, V, Cu, Fe, Zn [2]. Определенные концентрации тяжелых металлов сравнивали с предельно-допустимыми концентрациями.

Методы геоинформационных технологий (ГИТ). Картографический материал района исследований выполняли с применением космоснимков и с использованием программ ГИС (Google Maps, SASPlanet). Редактирование карт-схем, а также диаграммы и графики выполнены с использованием программ CorelDraw 11 и Paint [3].

Статистическая обработка результатов. Полученные данные обработаны в среде аналитического программного интерфейса Statistica 10. Выбор метода анализа с помощью статистики критерия Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis ANOVA) определяли малым объемом

выборки исследований с разными законами распределения. Статистика критерия Краскела-Уоллиса в основном схожа с параметрическим однофакторным дисперсионным анализом, но этот критерий основан на рангах, а не на средних значениях [4].

Результаты и обсуждение

Прибрежная зона. Физико-химические характеристики почв. В почвенном покрове поселка Акшукыр и по мере удаления от него в сторону аэропорта наибольшие распространение получили бурые пустынные почвы. По глубине залегания верхнего засоленного горизонта почвы относятся к солончаковым или солончаковым [5]. Содержание гумуса в верхнем горизонте этих почв изменяется от 1,18 до 2,62 %. Ниже по профилю оно снижается до 0,42-0,97 %. Содержание биогенных элементов невысокое. Валовый фосфор в поверхностных горизонтах содержится в количестве 515,17-2004 мг/кг. Содержание карбонатов – в пределах 1,77-3,11 %. Содержание общего азота изменяется в пределах 0,26-0,39 % [3]. Как правило, чем тяжелее гранулометрический состав, тем выше емкость обмена. Величина емкости обмена колеблется от 9,62 до 32,15 мг-экв/100 г почвы. В почвенно-поглощающем комплексе наблюдается стабильное преобладание обменного магния (40-80 % от емкости обмена) [6]. Реакция водных суспензий в почвах слабощелочная или близка к нейтральной (рН 6,85-7,41). Физико-химические свойства почв по результатам мониторинга приведены в таблице 1.

Почвенный покров на всех исследовательских площадках, кроме ИП-4, подвержен сильным нарушениям непосредственно на территории частных застроек и на прилегающих участках.

Содержание тяжелых металлов в почвах исследовательских площадок. Май 2019 года. Зарегистрировано превышение содержания меди в почвах на трех площадках: ИП-1 (1,06 ПДК), ИП-2 (1,56 ПДК), ИП-3 (1,2 ПДК), но на фоновой (ИП-4) значение было ниже ПДК (0,7). Превышение содержания

Таблица 1

Физико-химические свойства почвы исследовательских площадок

Физико-химические характеристики почвы	Исследовательские площадки (мониторинг состояния почвы)			
	ИП-1	ИП-2	ИП-3	ИП-4 (фон)
Гумус, %	1,18	1,39	1,47	2,62
Азот общий, %	0,26	0,34	0,39	0,27
Фосфор (валовый), мг/кг	1660,3	472,5	515,17	2004
Карбонаты, %	3,11	1,77	1,82	2,75
Емкость обмена, мг-экв/100 гр	9,62	22,85	24,15	32,15
Обменный кальций, мг-экв/100 гр	1,5	4	5	1,3
Обменный магний, мг-экв/100 гр	7,11	17	18,45	11,7
Обменный натрий, мг-экв/100 гр	0,61	0,93	0,97	16,13
Сумма солей	0,57	1,06	1,3	0,2
pH	7,39	7,1	7,41	6,85

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в почве площадок исследования, мг/кг

Дата отбора проб почвы	Н _{о.проб} , см	Тяжелые металлы и их содержание в почвах, мг/кг						
		Cu	Ni	Zn	As	Cd	Cr	Pb
ПДК, мг/кг		3	4	23	2	5	6	32
ИП-1. Координаты: N43°47'55,63". E52°02'01,76"								
Май 2018 г.	0-20	3,2	3,6	12,4	2,9	3,6	4,3	15,9
ИП-2. Координаты: N43°47'55,54". E51°03'15,02"								
Май 2018 г.	0-20	4,7	5,3	19,7	4,9	9,4	5,3	36,17
ИП-3. Координаты: N43°47'56,80". E51°04'50,66"								
	0-20	3,6	3,8	6,9	4,2	4,1	3,5	14,1
ИП-4 (Фон). Координаты: N43°53'22,34". E51°04'46,75"								
Май 2018 г.	0-20	2,1	2,5	8,5	7,3	3,7	2,8	6,3
Mean ± SD								
Май 2018. ИП-1 (n = 3)		2,96 ± 0,51	3,72 ± 4,36	11,3 ± 2,71	2,11 ± 0,41	2,54 ± 1,75	3,85 ± 0,71	15,1 ± 13,7
Май 2018. ИП-2 (n = 3)		4,16 ± 1,04	5,11 ± 3,27	16,1 ± 3,73	3,6 ± 0,73	8,45 ± 2,05	5,11 ± 1,03	34,9 ± 10,2
Май 2018. ИП-3 (n = 3)		2,93 ± 0,1	2,56 ± 3,16	6,13 ± 4,49	3,69 ± 0,85	2,81 ± 3,65	2,99 ± 1,78	12,7 ± 11,6
Май 2018. ИП-4 (фон) (n = 3)		1,83 ± 1,09	2,45 ± 1,5	7,86 ± 5,19	7,11 ± 0,97	2,91 ± 3,81	2,41 ± 1,93	6,15 ± 13,1

Таблица 3

Среднее содержание тяжелых металлов, мышьяка для слоя 0-20 см в почве исследуемого района на ИП-1, ИП-2, ИП-3 и ИП-4 (фоновая) и результаты статистической обработки в среде Statistica 10

Вещество	Площадки исследований в районе мониторинга почвы				Критерий Kruskal-Wallis ANOVA	Сумма рангов и средний ранг
	ИП-1 (n = 4)	ИП-2 (n = 4)	ИП-3 (n = 4)	ИП-4 (фоновая)		
Cu	2,96 ± 0,51	4,16 ± 1,04	2,93 ± 0,1	1,83 ± 1,09	0,047	33,5 (11,1)
Ni	3,72 ± 4,36	5,11 ± 3,27	2,56 ± 3,16	2,45 ± 1,5	0,084	25,5 (8,5)
Zn	11,3 ± 2,71	16,1 ± 3,73	6,13 ± 4,49	7,86 ± 5,19	0,256	27 (9)
As	2,11 ± 0,41	3,6 ± 0,73	3,69 ± 0,85	7,11 ± 0,97	0,042	22 (7,5)
Cd	2,54 ± 1,75	8,45 ± 2,05	2,81 ± 3,65	2,91 ± 3,81	0,842	29 (8,33)
Cr	3,85 ± 0,71	5,11 ± 1,03	2,99 ± 1,78	2,41 ± 1,93	0,135	23,5 (9,83)
Pb	15,1 ± 13,7	34,9 ± 10,2	12,7 ± 11,6	6,15 ± 13,1	0,532	22 (7,33)



меди в почвах объясняется в основном выбросами транспорта, задействованного при строительстве частного сектора и перевозке материалов.

Превышение содержания никеля на ИП-2 (1,32 ПДК) связано с влиянием на почву различных емкостей из-под красок, а также транспорта, работающего на мазуте (тракторная техника).

Превышения значений ПДК по цинку не зафиксировано.

Наблюдается превышение металлоида мышьяка на ИП-1 (1,45 ПДК), на ИП-2 (2,45), на ИП-3 (2,1 ПДК), а наибольшее – на фоновой ИП-4 (3,65 ПДК).

Такое положение объясняется тем, что повышенное содержание мышьяка в Мангистауской области носит природный характер и также связано с естественными процессами накопления и миграции.

Превышение норм по кадмию зафиксировано на ИП-2 (1,88 ПДК), это связано с работой дизельного транспорта в районе склада и транспортировки строительных и дорожных материалов.

Концентрация хрома значения ПДК не превышает на всех исследовательских площадках.

По свинцу превышение ПДК установлено также на ИП-2, что объясняется влиянием выхлопных газов транспорта и тракторной техники и автогрейдеров [7].

Содержание меди, никеля, цинка, мышьяка, кадмия, хрома и свинца показало, что почва ИП-2 (район открытого склада дорожно-строительных материалов, у автомагистрали) подвержена наибольшему загрязнению, наименьшее загрязнение почвы зафиксировано на фоновой ИП-4 (табл. 2).

Статистическая обработка результатов исследований

В таблице 3, составленной по данным таблицы 6, представлены результаты анализа данных исследований в среде Statistica 10.

Обработка данных анализа содержания тяжелых металлов и металлоида мышьяка в почвах исследуемых площадок в среде Statistica 10 показала, что критерий Краскела-Уоллиса статистически значим только для меди (0,047) ($p < 0,05$) и мышьяка (0,042) ($p < 0,05$). Из таблицы 3 видно, что наивысшими ранговыми суммами относительно содержания меди и кадмия характеризуется выборки по ИП-2 (33,5) и (29) соответственно. Эти вещества вносят максимальный вклад в различия по содержанию этих элементов между всеми группами [8].

Выводы

Содержание гумуса в верхнем горизонте почв исследуемых площадок изменяется от 1,18 до 2,62 %. Ниже по профилю оно снижается до 0,42-0,97 %. Содержание биогенных элементов невысокое. Валовый фосфор в поверхностных горизонтах содержится в количестве 515,17-2004 мг/кг. Содержание карбонатов регистрируется в пределах 1,77-3,11 %. Содержание общего азота изменяется в пределах 0,26-0,39 %.

Почвы на обследованной территории отличаются низким содержанием органического вещества, щелочной реакцией почвенных растворов, засолением и слабой устойчивостью к антропогенным воздействиям [9]. Превышение содержания меди в почвах на ИП-1 (1,06 ПДК), ИП-2 (1,56 ПДК), ИП-3 (1,2 ПДК), при том, что на фоновой ИП-4 оно менее значения ПДК, объясняется выбросами транспорта, задействованного при строительстве и перевозке материалов.

Наблюдается превышение концентрации металлоида мышьяка на ИП-1 (1,45 ПДК), на ИП-2 (2,45), на ИП-3 (2,1 ПДК), а наибольшее – на фоновой ИП-4 (3,65 ПДК). Такое положение объясняется тем, что повышенное содержание мышьяка в Мангистауской области носит природный характер и также связано с

естественными процессами накопления и миграции.

Уровень содержания меди, никеля, цинка, мышьяка, кадмия, хрома и свинца ИП-2 (район открытого склада дорожно-строительных материалов, у автомагистрали) свидетельствует о том, что здесь почва подверглась наибольшему загрязнению, наименьшее загрязнение почвы зарегистрировано на фоновой ИП-4.

Обработка данных анализа содержания тяжелых металлов и металлоида мышьяка в почвах исследуемых площадок в среде Statistica 10 показала, что критерий Краскела-Уоллиса статистически значим только для меди (0,047) ($p < 0,05$) и мышьяка (0,042) ($p < 0,05$) [10].

Литература

- 1 О состоянии экологической обстановки Мангистауской области и источниках его загрязнения. Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Мангистауской области – Актау, 2011. – 62 с.
- 2 Крошенко А. Н., Постнов А. А., Островская Е. В. Международный экологический мониторинг Каспийского моря (Государственный океанографический институт, Каспийский НИЦ) // Астраханский вестник экологического образования. – 2018 – № 4 (46). – С. 60-69.
- 3 Бадалова А. Н. Роль спутниковой информации в задачах экологического мониторинга прибрежной зоны Каспийского моря // Исследование земли из космоса – Издательство Российской академии наук – 2012 – № 2. – С. 62-69.
- 4 Vieira L. R., Morgado F., Nogueira A. J. A., Soares A. M.V.M., Guilhermino L. Integrated multivariate approach of ecological and ecotoxicological parameters in coastal environmental monitoring studies. – 2018 – Ecological Indicators. 95. – P. 1128-1142.
- 5 Научное обоснование комплексного исследования компонентов окружающей среды прибрежной зоны Каспия и техногенных объектов: отчет о НИР – № ГР 0112РК2173 / ГУ «Комитет науки Министерства образования и науки РК»: рук. Кенжетев Г. Ж. – Актау, 2013. – 95 с.
- 6 Liu S., Zhang Y., Bi S., Zhang X., Li X., Lin M., Hu G. Heavy metals distribution and environmental quality assessment for sediments off the southern coast of the Shandong Peninsula // China Mar. Pollut. Bull. – 100 – 2015 – P. 483-488.
- 7 Кенжетев Г. Ж., Тайжанова Л. С., Сырлыбекқызы С., Койбакова С. Е. Экологические аспекты составления карты загрязненности прибрежной зоны Каспия // Международный научный журнал «Поиск» – 2013 – № 4(1) – С. 90-97.
- 8 Кенжетев Г. Ж. Оценка воздействия нефтяных промыслов на загрязнение почвы в прибрежной зоне Каспия // Международный научный журнал «Поиск» – 2013 – № 4(1) – С. 85-90.
- 9 Xiaohu Wen, Jian Lu, Jun Wu, Yichen Lin, Yongming Luo. Influence of coastal groundwater salinization on the distribution and risks of heavy metals // Science of the Tot. Environ. 652 – 2019 – P. 267-277.
- 10 Yifei Zhao, Min Xu, Qing Liu, Zaifeng Wang, Lin Zhao, Ye Chen. 2018. Study of heavy metal pollution, ecological risk and source apportionment in the surface water and sediments of the Jiangsu coastal region, China: A case study of the Sheyang Estuary. Marine Pollution Bulletin. 137, 601-609.

ҚАР ТАЗАЛАУҒА АРНАЛҒАН ЖАҢА ЖҰМЫС МҮШЕСІН НЕГІЗДЕУ

Қардың жиі жерге түсуі әсіресе көптеген көлік шоғырланған қала жағдайында шешімін күттірмейтін мәселелердің бірі болып табылады. Қардың көп түсуі жолдарда көлік қозғалысының қиындауына, кептелістердің туындауына әкеліп соқтырады, сонымен қоса қардың астындағы мұздың қатып қалу әсерінен жол көлік оқиғасына алып келеді.

Бұл мәселенің шешімі – «дәстүрлі» әдіс, яғни көшелердегі қарды қала сыртына шығарып, арнайы жерлерде жинақтау. Қарды жинаудың бұл технологиясының кемшіліктері бар: біріншіден, қарды қала сыртына тасымалдау үлкен шығынды талап етеді; екіншіден, қар толық ерігенге дейін зиянды заттарды жинақтай береді, ал ол зиянды заттар қар ерігенде топыраққа, жер асты немесе жер үсті суларына енеді. Сонымен қоса көптеген қар үйінділері еріген кезде сулар тасып, жақын мандағы ауылдарға зақымын тигізуі мүмкін.

DM-30 тиегіш негізінде DM-30S қар тазалағышы жасалған. Берілген қар тазалағыш арқылы тығыз, ылғалды және сығылған қарды тазалауға мүмкіндік бар. Шнек роторлы құрылғы қарды 240° лактыруға мүмкіндік береді. Қар тазалау биіктігі 3,2 м дейін жетеді, ол қарды тиегішке жүктеуге көмектеседі (сурет 1).

Ультрадыбысты технологиялардың дамуы қазіргі таңда жаңа материалдарды, жаңа бөлшектерді ойлап табуға мүмкіндік береді.

Ультрадыбыс толқындарын қазіргі таңда өте оңай болып табылады. Небәрі бөлшектерді белгілі бір жиілікпен вибрациялау қажет.

Берілген қондырғыларды жаңа бір жұмыс органына қосып, біз қыс мезгілінде қатқан мұзды және қарды тазалап, сонымен қоса оны автогудронатор көмегімен сұйықтыққа немесе бұға айналдырып, жол бойындағы кәрізге құю мүмкіндігі бар.

Көлік құралдарын азайту және қарды тазалау мен шығару жұмыстарының өнімділігін арттыру мақсатында автогудронатор базасында қарды ерітуге арналған машинаның конструкциясы ұсынылады (сурет 2), ол көлік жолдарының құрылысы мен жөнделуі кезінде битумды тасымалдау мен жылыту үшін қолданылады, осы машиналар қысқы уақытта тұрып қалады. Автогудронатордың жылыту жүйесі жылудан оқшауланған цистернадан, және оның ішінде орнатылған фланецтегі құбырдан тұрады, онда материалды 200 °С дейін материалдың жылытылуын қамтамасыз ететін стационарлы оттықтар орнатылған, ол цистернаға қарды тиеп ерітілуін қамтамасыз етеді. Осы уақытта шығын битумды жұмыс температурасына дейін жеткізілуіне қарағанда аз болады. Битумдарды, мазутты, қарамайды және басқа да битумды тұтқыр материалды таратқыштарды гудронаторлар деп те атайды.

Сонымен қатар, жыл сайын су тапшылығы өзекті тапсырмалардың бірі болып танылады және көптеген елдер су

тапшылығынан әр түрлі жаңа технологияларды ойлап табуға.

Жетілген мемлекеттер қайта өңдеуді қолға алып жатыр, және берілген тақырып, өте өзекті болып саналады.

Соның негізінде біз автогудронатор негізіндегі, ультрадыбыспен жабдықталған шнек – роторлы жұмыс мүшесін қолдану ұсынылады.

Автогудронаторға жиналған суды фильтрлар орнату арқылы қайта өңдеп, су ретінде алуға немесе асфальт бетіндегі кәріз жүйесіне ағызып жіберуге болады (сурет 6).

Құрылғыны ойлап табу үшін біз ультрадыбысты лампалы генераторды қолдану ұсындық, себебі ол құрылысы бойынша оңай және шыға берісінде 50кГц-тен аса ультрадыбыс толқындарын береді (сурет 3).

Тәжірибе жүзінде ультрадыбыстың мұзды бұзуы сурет 4 келтірілген.

Жаңа жұмыс мүшесін екі түрде жасауды ұсынамыз. Бірінші түрі – ультрадыбысты шнекті – роторлы жұмыс мүшесінің басына орнату (сурет 5).

Екінші нұсқа, ультрадыбысты жұмыс мүшелерінің арасына орналастыру арқылы қар астындағы мұзды еріту (сурет 6).

Жаңа құрылымды іске асырар алдында оның моделі жасалды. Модель бойынша тербеліс амплитудасы, резонансты жиілік пен пьезоэлементтегі кернеу анықталды.

Ультрадыбысты есептеу барысында ең қиын жүйе ол пьезоэлементті жобалау болып табылады. Пьезоэлементті жобалау автоматты solid works бағдарламасында жасалды.

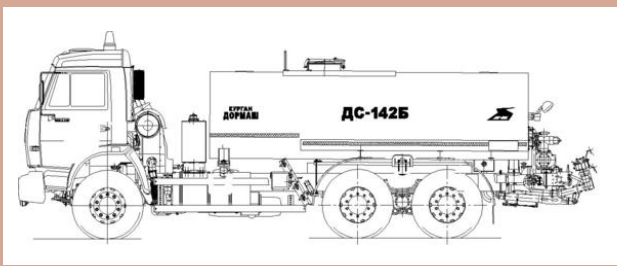
Шнек – роторлы ультрадыбыс құрылғысы сурет 7 келтірілген.

Қар қалыңдығына байланысты амплитуда мен жиіліктің байланысы сурет 8 келтірілген.

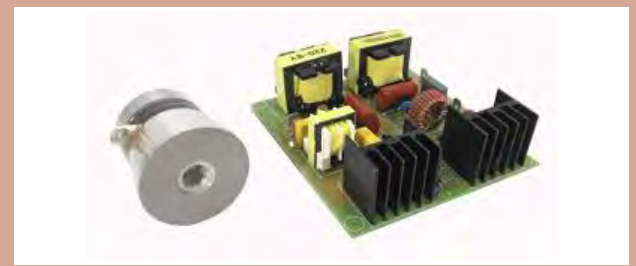
Берілген құрылғыны қолдана отырып, біз қар астындағы мұзды еріте отырып, қолайсыз жағдайды алдын алуымызға мүмкіндік бар.



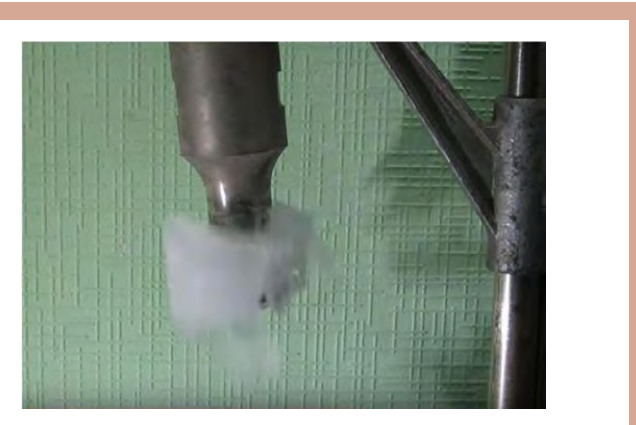
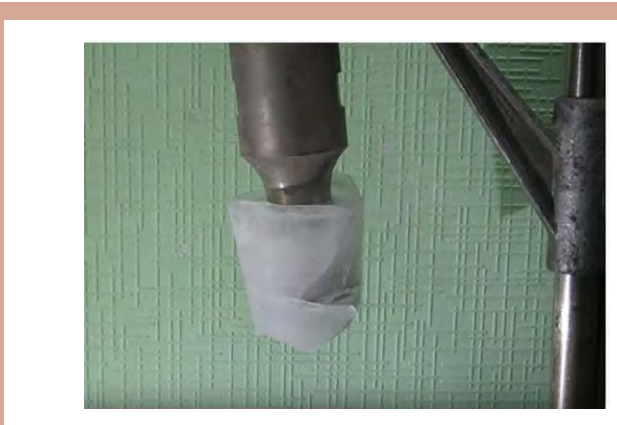
Сурет 1 – Шнек-роторлы қар тазалағыш



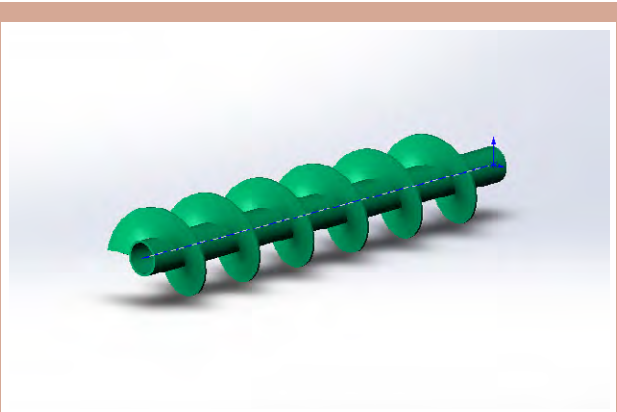
Сурет 2 - Автогудранатор



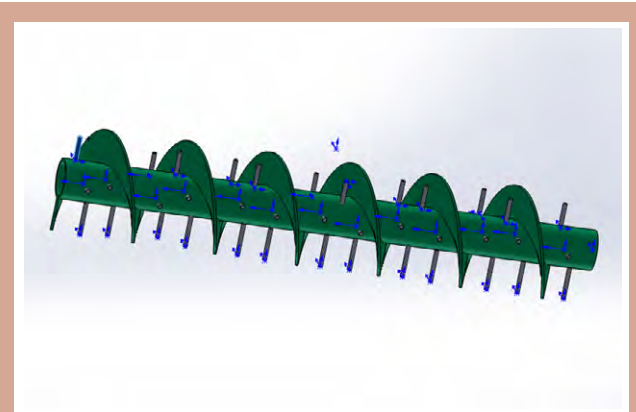
Сурет 3 – Ультрадыбысты толқын генераторы



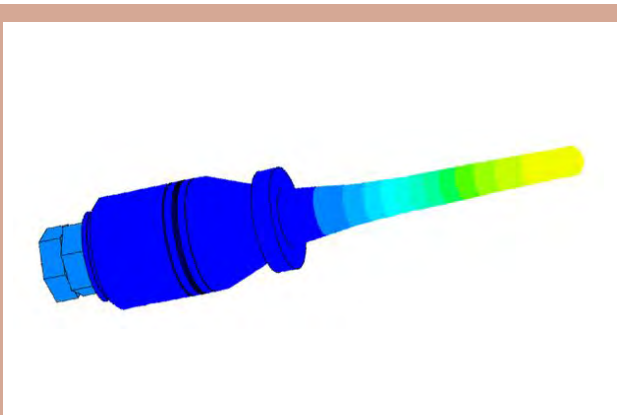
Сурет 4 – Мұздың бұзылуы



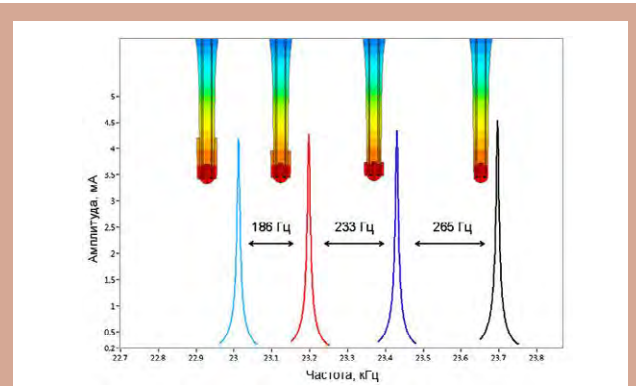
Сурет 5 – Ультрадыбыс қырларында орналасқан жаңа жұмыс мүшесі



Сурет 6 – Мұзды ерітуге арналған ультрадыбысты шнек – роторлы қар тазалағыш



Сурет 7 – Шнек-роторлы ультрадыбыс құрылғысы



Сурет 8 – Қар қалыңдығына байланысты ультрадыбыстың жиілігі



ВНИИЦВЕТМЕТ В ГОДОВЩИНУ СВОЕГО ЮБИЛЕЯ

Годом создания института «ВНИИцветмет» считается 1950 год, когда решением Совета Министров СССР в центре Рудного Алтая в г. Усть-Каменогорске был организован Алтайский филиал Государственного научно-исследовательского института цветных металлов – «Алтайгинцветмет». Он был создан для дальнейшего развития свинцово-цинковой промышленности Казахстана и ускорения разработки и внедрения в цветную металлургию новых, более прогрессивных технологических процессов и оборудования.

Чуть позже путем слияния Алтайгинцветмета и научно-исследовательского горнорудного института свинцовой промышленности (НИГРИС) был образован Всесоюзный научно-исследовательский горно-металлургический институт цветных металлов – ВНИИцветмет, как головной НИИ свинцово-цинковой подотрасли Министерства цветной металлургии СССР. Его главными задачами стали научно-техническая поддержка свинцовых и цинковых предприятий по всей большой стране – от Украины до Дальнего Востока, развитие их технологического базиса и совершенствование основного производственного оборудования.

В состав института почти сразу вошла уникальная опытно-производственная база – Опытный свинцовый завод, включавший обогатительную фабрику, плавильный, гидрометаллургический и экспериментально-механический цехи.

Впоследствии после распада СССР ВНИИцветмет был переименован в Восточный научно-исследовательский горно-металлургический институт цветных металлов, таким образом, сохранив широко известную аббревиатуру.

В 1993 году постановлением Кабинета Министров Республики Казахстан ВНИИцветмет был включен в состав республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (РГП «НЦ КПМС РК»), первым генеральным директором которого стал заслуженный ученый-металлург, доктор технических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан Жанторе Нурланович Абишев.

В 1999 году РГП «НЦ КПМС РК» возглавил доктор технических наук, академик НАН РК, дважды лауреат Государственной премии Республики Казахстан Абдуракул Алдашевич Жарменов.

Неоценимый вклад в становление и развитие института внесли первый директор Алтайгинцветмета, а затем ВНИИцветмета Б. К. Никифоров; директора ВНИИцветмета последующих лет – А. П. Снуриков, Л. С. Гецкин, А. П. Сычев, Н. Н. Ушаков; директора Опытного свинцового завода Л. П. Ушков, В. Г. Фельдман, Г. А. Тропман.

Велики заслуги в развитии института и заместителей директоров С. Л. Иофина (1956-1975), Л. С. Гребенщикова (1976-1983), Г. И. Иванова (1977-1990), В. П. Савраева (1983-1993), А. В. Боева (1983-1992), В. В. Квитки (1992-2000), А. Ф. Сапрыгина (1993-2005).

На смену заслуженным кадрам пришли новые руководители ВНИИцветмета: И. В. Старцев – директор, лауреат Государственной премии Республики Казахстан в области науки и техники им. аль-Фараби и его заместители А. И. Ананин, к. т. н., академик Международной академии информатизации (МАИН), член-корреспондент Международной инженерной академии (МИА) и В. А. Шумский, к. т. н., член-корреспондент МИА, лауреат Государственной премии Республики Казахстан в области науки и техники им. аль-Фараби.

По мере становления и развития ВНИИцветмета профессиональнее и квалифицированнее становились его сотрудники. Коллектив института превратился в сплоченную команду ученых и инженерно-технических работников, владеющих опытом проведения научных исследований, промышленных испытаний, разработки и освоения новой техники и технологий и внедрения их на отечественных и зарубежных предприятиях горно-металлургического комплекса.

ВНИИцветмет всегда был «кузницей кадров» для горно-металлургического комплекса СССР, а затем СНГ и Республики Казахстан. Помимо сотен научных и инженерно-технических работников, выросших до специалистов высокой квалификации и принесших институту заслуженную известность, в его стенах было подготовлено 3 академика, 9 докторов и 106 кандидатов технических наук. Более 20 работников ВНИИцветмета стали лауреатами Ленинской и Государственной премий СССР, премий Совета Министров СССР, Государственной премии Республики Казахстан в области науки и техники им. аль-Фараби и премии Академии минеральных ресурсов Республики Казахстан им. академиков Е. А. Букетова и Ш. Е. Есенова.

Целый ряд сотрудников института был удостоен орденов и медалей СССР и Республики Казахстан, а также ведомственных наград министерств (медали «За заслуги в разведке недр», нагрудных знаков «Отличник разведки недр», «Почетный разведчик недр РК», «За заслуги в развитии науки в Республике Казахстан», «Қазақстан мұнайына 100 жыл», «Еңбек даңқы», «Кенші даңқы»). Пятеро из них стали полными кавалерами почетных знаков «Еңбек даңқы» – «Трудовая слава» (Г. И. Иванов, Л. Б. Кушакова и В. А. Шумский) и «Кенші даңқы» – «Горняцкая слава» (А. И. Ананин, С. А. Мусурманкулов). Девять удостоились почетных званий «Заслуженный металлург» и «Заслуженный изобретатель» Республики Казахстан.

ВНИИцветмет был награжден орденом Трудового Красного Знамени, удостоен Ленинской почетной юбилейной грамоты и занесен в Золотую книгу Почета Казахской ССР, 410 его разработок были отмечены медалями Выставки достижений народного хозяйства СССР, так что имя ВНИИцветмета было широко известно в научной среде и на производстве.

И сегодня ВНИИцветмет сохраняет статус ведущего отраслевого института Республики Казахстан. За последние три десятка лет его услугами пользовались не только ведущие компании горно-металлургического комплекса Казахстана («Корпорация «Казахмыс», «Казцинк», «ТНК «Казхром» и другие), но и такие крупные зарубежные компании, как Teck Cominco (Канада), «УГМК-Холдинг», «Мечел», «Алроса» и «Полиметалл» (Россия), Votorantim Metais (Бразилия), Jiangxi Copper Corporation и Zhuzhou Smelter Group (Китай). Институт участвовал в пятилетней программе сотрудничества с японскими организациями NEDO, MMAJ и компанией «Mitsui Mining & Smelting», неоднократно номинировался на различные международные награды, а в 2012 году удостоен Международного знака качества The HIGHEST HALLMARK («Высшая проба»).

На многих предприятиях горно-металлургического комплекса Казахстана и стран СНГ использовались и в настоящее время используются технологии и оборудование, разработанные ВНИИцветметом. В их числе можно упомянуть Жайремский карьер, Тишинский, Орловский и Малеевский рудники, Риддерскую, Николаевскую и Жезкентскую обогатительные фабрики, редкометалльный цех и цех пылеулавливания на УК СЦК (ныне УК МК ТОО «Казцинк») и Шымкентском свинцовом заводе, Жезказганский медеплавильный завод, реализующий плавку концентратов в рудотермических печах, Алмалыкский, Риддерский и Балхашский цинковые заводы, крупнейший в отечественной практике вельцкомплекс для переработки холодных шлаков на Риддерском цинковом заводе, цех разделки аккумуляторного лома на Риддерском свинцовом заводе и многие другие объекты.

Наиболее известной разработкой института стал процесс КИВЦЭТ, предназначенный для плавки медно-цинковых концентратов и различных свинецсодержащих материалов. Первая опытно-промышленная установка КИВЦЭТ для плавки медно-цинковых концентратов на штейн была построена в конце 1970-х годов на Иртышском медеплавильном заводе в поселке Глубокое Восточно-Казахстанской области. Это была небольшая установка производительностью до 15 000 тонн штейна в год, предназначенная для отработки технологии в условиях промышленного производства. Однако по причине высокой конкуренции с другими передовыми процессами медной плавки, такими как, например,

«финская» взвешенная плавка (ныне взвешенная плавка Оутотек) и отечественная плавка в жидкой ванне (ныне плавка Ванюкова), медный КИВЦЭТ не нашел спроса на внутреннем и мировом рынке. Поэтому все последующие КИВЦЭТ установки были предназначены для плавки свинцового сырья. Всего было построено шесть промышленных свинцовоплавильных комплексов КИВЦЭТ на свинцовых заводах по всему миру, включая:

– 1984 год. Комплекс КИВЦЭТ на свинцовом заводе Karachipampa боливийской государственной компании Enaf Comibol в г. Потоси (Боливия) проектной производительностью 25 тысяч тонн свинца в год;

– 1985 год. Комплекс КИВЦЭТ на свинцовом заводе «УК СЦК» (ныне УК МК ТОО «Казцинк») в Усть-Каменогорске (Казахстан) проектной производительностью 48 тысяч тонн свинца в год. Проработал 12 лет и был остановлен в 1997 году по причинам экономического характера;

– 1986 год. Комплекс КИВЦЭТ на свинцовом заводе Portovesme компании Samim (ныне Portovesme S. r. l.) в г. Портоскузо (Сардиния, Италия). Проектная производительность – 80 тысяч тонн свинца в год. Комплекс модернизирован в 2012 году под переработку свинцового сырья низкого качества (~30 % свинца в шихте);

– 1997 год. Комплекс КИВЦЭТ на свинцовом заводе Trail Operation компании Cominco (ныне группа компаний Teck). Это был первый в мире комплекс для плавки окисленного свинецсодержащего сырья низкого качества (20-30 % свинца в шихте), на 75-80 % состоящего из кеков цинкового производства. Испытания по плавке такого сырья в КИВЦЭТ-установке компания проводила в Усть-Каменогорске в 1992-1993 годах. Проектная производительность комплекса в Трейле – 120 тысяч тонн свинца в год;

– 2012 год. Новый комплекс КИВЦЭТ на свинцовом заводе компании Jiangxi Copper Corporation в промышленной зоне Хуко (провинция Цзянси, Китай). Проектная производительность комплекса при переработке свинцового сырья низкого качества (~30 % свинца в шихте) – 100 тысяч тонн свинца в год;

– 2013 год. Новый комплекс КИВЦЭТ на свинцовом заводе компании Zhuzhou Smelter Group в г. Чжу-Чжоу (провинция Хунань, Китай). Проектная производительность комплекса при переработке свинцового сырья низкого качества (~30 % свинца в шихте) – 120 тысяч тонн свинца в год.

Все упомянутые выше комплексы КИВЦЭТ, за исключением Усть-Каменогорского, построены на основе лицензионных соглашений и являются действующими. Тем самым, суммарная проектная мощность действующих комплексов КИВЦЭТ составляет 445 тысяч тонн свинца в год, а это 9,5 % от 4,68 миллиона тонн мирового производства первичного свинца в 2018 году (по данным Международной группы по исследованию свинца и цинка – ILZSG).

В процессе освоения комплексов были достигнуты, а в ряде случаев и превышены практически все проектные показатели, что подтвердило уникальную способность КИВЦЭТ-процесса перерабатывать самое низкокачественное свинецсодержащее сырье. Это стало возможным благодаря многочисленным исследованиям и опытным испытаниям, результатами которых явилась разработка новых технических решений. Только в 1993-2013 годах на эти решения было получено 17 патентов Республики Казахстан и 12 патентов зарубежных стран, включая Австралию, Европейский Союз, Индию, Канаду, Финляндию, Китай (2), Мексику (2), Россию (2), Бразилию, Чили.



Рис. 1 – Комплекс КИВЦЭТ на заводе Karachipamba, Боливия



Рис. 2 – Комплекс КИВЦЭТ на заводе Portovesme S. r. l., Италия



Рис. 3 – Комплекс КИВЦЭТ на заводе Zhuzhou Smelter Group, Китай



Рис. 4 – Медный завод ТОО «KAZ Minerals Aktogay»



Рис. 5 – Медный завод ТОО «Медная компания «Коунрад»



Рис. 6 – Катодная медь из окисленных руд месторождения «Алмалы»



Рис. 7 – Кучное выщелачивание руды месторождения «Аяк-Коджан»

За промышленную реализацию данных разработок, внесших значительный вклад в инновационное развитие страны и поднявших престиж Казахстана на мировом рынке технологий, трем сотрудникам ВНИИцветмета в декабре 2015 года Указом Президента Республики Казахстан № 125 была присуждена Государственная премия Республики Казахстан в области науки и техники им. аль-Фараби. Лауреатами Государственной премии стали директор института И. В. Старцев, главный научный сотрудник, к. т. н., академик Международной академии минеральных ресурсов Н. Н. Ушаков и заместитель директора, к. т. н., член-корреспондент Международной инженерной академии В. А. Шумский.

Находясь в условиях жесткой конкуренции, ВНИИцветмет успешно адаптируется к изменяющимся потребностям горно-металлургического комплекса Республики Казахстан. Так, институт стал пионером в деле продвижения в современных гидрометаллургических технологий переработки медьсодержащего минерального сырья. В частности, технологии кучного выщелачивания окисленных медных руд и рудных отвалов с последующей переработкой медных продуктовых растворов способом жидкостной экстракции и электролитического осаждения меди (за рубежом такую технологию обозначают как HL-SX-EW).

Исследования по применению технологии HL-SX-EW для переработки окисленных и смешанных медных руд месторождений Казахстана являются одним из основных направлений деятельности ВНИИцветмета с конца 1990-х годов. За этот период были опробованы медные руды двух месторождений в Армении и Грузии и более 20 месторождений Казахстана, включая «Актогай», «Коунрад», «Бенкала», «Нурказган», «Шатыркуль», «Карчига», «Таскора», «Борлы», «Аяк-Коджан», «Бозшаколь», «Байтемир», «Бесчоку», «Жезказган», «Вавилонское», «Ай», «Коксай», «Алмалы», «Шагала» и другие.

Результаты целого ряда разработок легли в основу металлургических проектов по кучному выщелачиванию руд, которые доведены до промышленного внедрения. Наиболее значимым результатом исследований и разработок ВНИИцветмета в этой области является запущенное в декабре 2015 года гидрометаллургическое производство компании KAZ Minerals, перерабатывающее окисленные медные руды месторождения «Актогай» и выпускающее 25 тысяч тонн катодной меди в год.

ТОО «Медная компания «Коунрад» с конца 2012 года успешно ведет выщелачивание меди из исторически накопленных отвалов окисленных и сульфидных забалансовых руд месторождения «Коунрад», ежегодно производя 13,8-14,1 тысячи тонн катодной меди.

Кучное выщелачивание окисленных медных руд после дробления с получением катодной меди из продуктовых растворов промышленно освоено также на месторождениях «Аяк-Коджан» (ТОО «Eurasia Copper Operating», 3000 тонн, 2014 год) и «Алмалы» (ТОО «Sary-Arka Copper Processing», 9000 тонн, 2018 год).

В результате гидрометаллургическое производство меди в Казахстане с применением технологии кучного выщелачивания и переработки растворов по технологии SX-EW в 2019 году достигло порядка 50 тысяч тонн, что составило около 12 % от общего ее производства в Республике Казахстан.

Еще одним новым и очень востребованным в последние годы направлением деятельности института стало проектирование производственных объектов горно-металлургиче-

ского комплекса, осуществляемое на основе соответствующих разрешительных документов, регламентирующих этот вид деятельности. Институт имеет лицензии на проектную деятельность I категории и на выполнение работ и оказание услуг в области охраны окружающей среды, а также аттестат на право проведения работ в области промышленной безопасности.

Вот лишь некоторые из проектов, выполненных институтом в последние годы:

- рабочий проект мини-завода по производству промышленных взрывчатых веществ и базисный склад взрывчатых материалов производственной базы «Жанатас»;
- план горных работ Богутинского месторождения вольфрам-медных руд производительностью 3,3 миллиона тонн руды в год;
- рабочий проект технологического комплекса по переработке и извлечению золота на месторождении «Аулие»;
- рабочая документация на строительство ремонтно-механического цеха, гидрометаллургического цеха № 2, дробильно-агломерационного комплекса № 3 и насосных станций № 3 и № 4 в рамках расширения золотоизвлекающего производства ТОО «RG Gold» по переработке руд месторождения «Райгородок»;
- проект реконструкции Балхашского цинкового завода для переработки некондиционных медных концентратов.

В целом же институт имеет все разрешительные документы (государственные лицензии, аттестаты и свидетельства аккредитации), необходимые для выполнения работ и оказания услуг в сфере научно-технического сопровождения предприятий ГК РК, в том числе Свидетельство об аккредитации в качестве субъекта научной и научно-технической деятельности, выданное Комитетом по науке Министерства науки и образования Республики Казахстан.

В составе ВНИИцветмета работают 10 лабораторий, выполняющих технологические исследования и разработки, их аналитическое и метрологическое сопровождение и 4 отдела, занимающихся разработкой проектов строительства промышленных объектов и нормативно-технической документации в области экологии и промышленной безопасности, а также ряд вспомогательных отделов и служб, обеспечивающих жизнедеятельность института. При институте действуют испытательный центр по сертификационным испытаниям продукции цветной металлургии и метрологическая служба по аттестации методик выполнения измерений, аккредитованные на техническую компетентность Национальным центром аккредитации Комитета по техническому регулированию и метрологии Республики Казахстан, а также Межгосударственный технический комитет по стандартизации МТК 504 «Цинк, свинец».

Сегодня ВНИИцветмет по-прежнему является одной из ведущих научно-исследовательских организаций Республики Казахстан, занимающихся решением вопросов добычи, обогащения и металлургической переработки природного и техногенного минерального сырья тяжелых цветных и благородных металлов, известным далеко за пределами нашей страны. Наличие высококвалифицированных кадров и современного исследовательского оборудования позволяет ему не только решать текущие проблемы предприятий ГК, но и заниматься новыми технологическими разработками.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Пакет направляемых для публикации материалов должен содержать:

1. Сопроводительное письмо в редакцию журнала от организации, где выполнена данная работа, с просьбой опубликовать статью.
2. Экспертное заключение о возможности опубликования.
3. Рецензию ведущего специалиста в области тематики, освещаемой в работе.
4. Рукопись статьи в бумажном или электронном варианте (файлу со статьей присваивается имя по фамилии первого автора (пример: статья Аймбетовой)).
5. Резюме статьи на казахском, русском и английском языках.
6. Сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, полное название учреждения, в котором выполнена работа, полное название учреждения, где работают авторы, адрес, телефон, e-mail).

Требования к рукописям

Текст объемом 5 полных страниц формата А-4 на казахском, или русском, или английском языках должен быть набран в редакторе Microsoft Word. Шрифт – Times New Roman, кегль – 12, межстрочный интервал – 1. Выравнивание текста по ширине. Без расстановки переносов и нумерации страниц. Размеры полей: верхнее и нижнее – 2 см, правое – 1 см, левое – 3 см. Формулы и уравнения оформляются в редакторе формул, рисунки – в графическом редакторе.

При написании статьи необходимо придерживаться следующего плана:

- УДК;
- Ф.И.О. автора;
- название статьи (прописными буквами в середине строки без точки, аббревиатура не допускается);
- пустая строка;
- текст статьи.

Физические единицы и обозначения в статье должны быть приведены в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Не допускается сокращения слов, кроме обозначений метрических мер, а также общепринятых сокращений.

Список цитируемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008. Ссылки на литературу в тексте статьи обозначаются порядковым номером в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Иностранные фамилии и термины в тексте допускается приводить на языке статьи, а в списке литературы – на языке оригинала.

Каждая таблица числовых данных должна иметь порядковый номер, обозначенный арабскими цифрами, и заголовок, поясняющий ее содержание. Номер таблицы следует размещать справа, а заголовок, выделенный жирным шрифтом, – по центру. В верхней части граф обязательно указываются названия величин и их размерность.

Не допускается изложение одних и тех же данных в таблице и на рисунке.

Рисунки и чертежи выполняются в графическом редакторе (размером не более 18 × 24 см) и приводятся отдельными файлами в формате JPEG. В тексте статьи подпись рисунков осуществляется внизу по центру, номер рисунка со словом «Рис.» – курсивом, название рисунка – жирным шрифтом. При ссылках слова «таблица» и «рисунок» следует писать полностью с указанием их номеров, пример: «... в таблице 1 ...», «... на рисунке 3 ...», «... (таблица 2)» и т. д.

Фотоматериал (растровые изображения) необходимо предоставить с окончательным разрешением 300 dpi в 100 %-м размере (ширина: 1 колонки – 85 мм, 2 колонок – 175 мм). Не допускается масштабирование растровых элементов менее 90 и более 110 %. Для сканирования принимаются материалы без дефектов (разрывов, выцветания и т.д.).

Формулы и уравнения оформляются в редакторе формул. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку и нумеровать по порядку в пределах всей статьи арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должна быть оставлена одна свободная строка. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после математических знаков («=», «+», «-», «×», «:» или других), которые в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «×».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, соблюдая последовательность их приведения в формуле.

Рукописи, не удовлетворяющие настоящим правилам, возвращаются авторам для исправлений. Датой поступления рукописи считается день ее получения в исправленном виде. Корректурa автору для просмотра не высылается.

В случае отклонения статьи редакция оставляет за собой право не возвращать ее автору.

Научные статьи направляются в РГП «НЦ КИМС РК»

Адрес: 050036, г. Алматы, ул. Жандосова, 67

Тел.: (727) 259 00 70 (внутр. 136)

Факс: (727) 259 00 75

e-mail: industrykz@cmrp.kz, industrykz@mail.ru

Журнал введен в «Перечень научных изданий, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК для публикации основных результатов научной деятельности» по специальностям «Науки о Земле и географические науки», «Технические науки и технологии» (приказ №1082 от 10.07.2012)

Т Е Н Д Е Р Т Е Х Н О Л О Г И Й

Научные статьи направляются
в РГП «НЦ КПМС РК»

Адрес: 050036, г. Алматы,
ул. Жандосова, 67
тел.: 8 (727) 259 00 70 (внутр. 136)
факс: 8 (727) 259 00 75
e-mail: industrykz@mail.ru,
industrykz@emrp.ru

SPIRULINA PLATENSIS-ХИТОЗАН-ЦЕОЛИТ КОМПОЗИТІ КӨМЕГІМЕН Cr^{3+} ИОНДАРЫН СУЛЫ ЕРІТІНДІЛЕРДЕН БӨЛУ

• Изучена возможность извлечения из воды ионов Cr^{3+} с помощью композита *Spirulina platensis*-хитозан-цеолит. Для получения композита поверхность цеолита обрабатывается катионным полимер-хитозаном, на который иммобилизованы клетки *Spirulina platensis*. Степень иммобилизации составила 78 %. Адсорбция ионов Cr^{3+} на поверхности композита обработаны в рамках моделей Ленгмюра и Фрейндлиха и показано, что значение максимальной адсорбции равно 15,9 мг/г, а постоянная $1/n$ находится в пределах 0,1-1. Адсорбция обоснована взаимодействием ионов Cr^{3+} с карбоксильными, гидроксильными, фосфатными и аминными группами поверхности клеточной поверхности водорослей *Spirulina platensis* по механизму ионного обмена, электростатического и донорно-акцепторного взаимодействия. Установлено, что степень извлечения в оптимальных отношениях ионов Cr^{3+} и композитов достигает 98,1-99,8 %.

• The possibility of removal Cr^{3+} ions from water using the *Spirulina platensis*-chitosan-zeolite composite was studied. To obtain the composite, the zeolite surface is treated with a cationic polymer-chitosan, on which *Spirulina platensis* cells are immobilized. The degree of immobilization was 78 %. The adsorption of Cr^{3+} ions on the composite surface was processed using the Langmuir and Freundlich models and it was shown that the maximum adsorption value is 15.9 mg/g, and the $1/n$ constant is in the range of 0.1-1. Adsorption is justified by the interaction of Cr^{3+} ions with carboxyl, hydroxyl, phosphate, and amine groups on the cell surface of *Spirulina platensis* algae by the mechanism of ion exchange, electrostatic, and donor-acceptor interactions. It was revealed that the removal rate in the optimal ratio of Cr^{3+} ions and composites reaches 98.1-99.8 %.

• *Spirulina platensis*-хитозан-цеолит композиті көмегімен Cr^{3+} иондарын судан бөліп алу мүмкіндігі зерттелді. Композитті алу үшін цеолит беті катионды полимер - хитозанмен өңделіп, оған *Spirulina platensis* жасушалары иммобильденді. Иммобилизация дәрежесі 78 % болды. Композит бетіндегі Cr^{3+} иондарының адсорбциясы Ленгмюр мен Фрейндлих модельдері шеңберінде өңделіп, максималды адсорбция мәні 15,9 мг/г тең, ал $1/n$ тұрақтысы 0,1-1 аралығында жататындығы көрсетілді. Адсорбция *Spirulina platensis* балдырлар жасуша бетінің карбоксил, гидроксил, фосфат және амин функционалды топтарының Cr^{3+} иондарымен электростатикалық, ион алмасу және донорлы-акцепторлық әрекеттесулерімен түсіндірілді. Cr^{3+} иондары мен композиттің оңтайлы қатынастарында бөліну дәрежесі 98,1-99,8 %-ға жететіндігі анықталды.

Қазіргі таңда қоршаған орта суларының улы металдармен ластануы әлемдік мәселелердің бірі. Ауыр металдар адам ағзасына физиологиялық және неврологиялық нұқсан келтіретіні анықталып, олар қауіптілігі жоғары болып есептелінді [1, 2]. Осындай токсикалық әсері жоғары металдардың бірі хром. Хром табиғатта тотығудың екі тұрақты жағдайында, яғни Cr^{3+} және Cr^{6+} түрінде кездеседі. Ағын сулардағы үш валентті хромның шекті рауалы концентрациясы $5 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$, ал алты валентті хром үшін $0,05 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ шамасын құрайды [3]. Cr^{3+} тірі ағза үшін қажетті элемент болғанымен, марганец оксидтерінің қатысуымен Cr^{3+} катионы Cr^{6+} -ға дейін оңай тотығады. Ал Cr^{6+} канцерогенді, мутагенді, жоғары ерігіштігінің нәтижесінде ластағыш улы зат болып есептеледі [4].

Металл иондарын судан бөліп алудың бірнеше әдістері белгілі: адсорбция, тұнбаға түсіру, ион алмасу, комплекс түзу, коагулянттармен өңдеу және т. б. Бұлардың ішінде адсорбция әдісі аса тиімді болып келеді, өйткені көптеген қатты материалдарды адсорбент ретінде қолдануға болады. Соңғы жылдары адсорбент ретінде микроағза жасушаларын қолдануға арналған зерттеулер қарқынды дамып келе жатыр [5-8]. Себебі, микроағза жасушаларының көпшілігі теріс зарядқа ие болады, бұл металл иондарына қатысты жасушалардың үлкен адсорбциялық қабілетін тудырады. Бірақ бұл әдістің қолдануын тежеп отырған жайт – жасушалар бетінің лиофильдігі, яғни оларды металл иондарының адсорбциясынан кейін судан бөліп алудың қиындығы. Бұл мәселені шешудің тиімді жолы –

жасушаларды суда ерімейтін қатты заттар мен материалдар бөлшектерінің бетіне отырғызу. Осындай тасушылардың бірі – табиғи минерал цеолит. Жасушаларды отырғызу үшін оның ыңғайлылығы – жоғары кеуектілігі [9].

Бірақ жасушаларды цеолит бетіне иммобильдеу үшін оны полимермен немесе беттік активті заттармен алдын ала өңдеу қажет. Көптеген полимерлердің ішінде хитозан цеолит минералы үшін керемет модификатор бола алады, өйткені оның амин (-NH₂) және гидроксил (-OH) топтары әртүрлі комплекстер түзуге бейім [10]. Хитозан негізіндегі материалдар нитраттарды, гумин қышқылдарын, бояулар мен ауыр металл иондарын бөлуде әртүрлі цеолиттерді өңдеуде қолданылды [11-13]. Сонымен қатар хитозанның кремнеземді құрылымға енуі инертті атмосферада термиялық өңдеу кезінде полимердің эрекетін күрт өзгертетіні анықталды. Алынған композиттің сулы ерітінділерден Zn²⁺, Cu²⁺, Fe³⁺, Cd²⁺, Pb²⁺ катиондарын адсорбциялау қабілеті зерттелді [14]. Ал магнетиттің хитозан қатысында синтезделуі магнетиттің кристалдық құрылымына әсер етпейтіндігі анықталған. Бірақ термиялық талдау деректері хитозан/магнетит құрамындағы хитозанның массалық концентрациясы 4,6 %-ын көрсетті [15]. Хитозанмен қапталған перлит бөлшектері бетіндегі Cu²⁺, Co²⁺ және Ni²⁺ иондарының салыстырмалы адсорбциясы зерттелді [16].

Кейбір жұмыстарда [17-19] ағынды суларды тазартуда магниттік тасымалдаушыларға иммобилизацияланған микроағзалар қолданылған, яғни микроағза жасушаларын қатты бетке иммобильдеу, олардың сорбциялық қабілетін арттырумен қатар, жалпы процестің тез орындалып, уақытты үнемдеуге көмектесетіні анықталды.

Осыған орай жұмыстың мақсаты – *Spirulina platensis* балдыр жасушаларын хитозанмен өңделген цеолит бетіне иммобильдеп, алынған күрделі құрамды биосорбент бетінде Cr³⁺ иондары адсорбциясының ерекшеліктерін анықтау болды.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Зерттеу нысаны ретінде *Spirulina platensis* балдыр жасушалары қолданылды. Оларды 298 К температурада жарықтандырылған термостатта өсірілді (g / L): NaNO₃ – 2,5; K₂HPO₄ – 0,5; NaHCO₃ – 10; NaCl – 1; MgSO₄ · 7H₂O – 0,2; CaCl₂ · 2H₂O – 0,02; FeSO₄ · 7H₂O – 0,01. Өскеннен соң центрифугада қоректік ортадан бөліп алып, екі рет сумен шаяды [20]. Тәжірибе олардың физика-химиялық қасиеттерін өзгертпей жүргізілді. Жасуша бөлшектерінің өлшемі – 2,8 мкм. Жасуша концентрациясын анықтау үшін алдымен Горяев камерасында олардың меншікті көлемдегі саны анықталды, ол 13,6 · 10⁴ тең.

Жасушалардың тасушысы ретінде Шаңқанай кен орнының цеолиті пайдаланылды. Табиғи цеолит бөлшектері ұсақталып, оның 50 г ұнтағы 250 мл 15 % (w/w) H₂SO₄ араластырылып, 4 сағат бойы су моншасында 373 К температурада қайнатылды. Содан кейін минерал тазартылған сумен жуылып, суспензия рН 0,1M NaOH көмегімен 7-ге дейін жеткізілді. Тазартылған цеолит 2 сағат бойы 473 К кептірілді.

Цеолит бетіне балдыр жасушаларын берік иммобильдеу үшін минерал бөлшектері хитозан (Sigma Aldrich, АҚШ) ерітіндісімен алдын-ала өңделді.

Жасуша концентрациясын анықтау үшін алдымен Горяев камерасында олардың меншікті көлемдегі саны анықталып, жасуша концентрациясы мен оптикалық тығыздық арасындағы байланыс табылды. 440 нм сәуле ұзындығында суспензияның оптикалық тығыздығын өлшеу арқылы цеолит бетімен байланыспайтын жасуша мөлшері (с2) анықталды.

Cr(NO₃)₃ · 9H₂O тұзынан 1 · 10⁻² M ерітіндісі дайындалып, одан зерттеуге қажет (0,1-1) · 10⁻² моль/л концентрация аралығында ерітінді сұйылтылып әзірленді. Осы

концентрацияда ерітінділерді композит бетіне құйып, бір тәуліктен соң бөлініп алынды. Cr³⁺ ионының концентрациясы Agilent 240FS (АҚШ) атомды-адсорбциялық спектрофотометрінде анықталды. Адсорбция мәні келесі формула бойынша есептелді:

$$A = [(C_1 - C_2)V] / m, \quad (1)$$

мұндағы C₁ және C₂ – Cr³⁺ ионының бастапқы және адсорбциядан кейінгі концентрациялары, моль/л; V – ерітінді көлемі, л; m – цеолит массасы, г.

Нәтижелер және оларды талдау

Табиғаты жағынан жасушалар лиофильді жүйе болғандықтан, иммобильдеуді талап етеді. Ал теріс зарядты бетті катиондық полимер – хитозанмен өңдеу қатты бетке оң заряд беріп, оған теріс зарядталған жасушалардың иммобильденуін жеңілдетеді. Хитозанмен өңделген цеолит үлгілеріне 1-10 мл аралығындағы көлемде *Spirulina platensis* балдыр жасушаларын құйылып, 4 сағат уақытқа қалдырылды. 1 суретте 0,001 негіз-моль/л хитозан ерітіндісімен өңделген цеолит бетіндегі *Spirulina platensis* балдыр жасушаларының иммобильдену қисығы берілген. Иммобильдену қисығы кәдімгі адсорбция изотермасы тәрізді, өңделген минерал бетіндегі *Spirulina platensis* балдыр жасушаларының иммобильдену дәрежесі 78 % құрайтындығы көрініп тұр. Цеолиттің мұндай жоғары сорбциялық қабілетін, біріншіден, жасушалар мен өңделген беттің өзара электростатикалық тартылуымен, екіншіден, беттің жоғары кеуектілігімен түсіндіруге болады.

Хитозан макромолекулалары тізбектерінде оң зарядтың тығыз болуына байланысты ол цеолит пен жасуша беттерімен электростатикалық әрекеттесулерге түсіп, тасымалдаушы мен жасуша арасын көпірше ретінде байланыстырады деп болжауға болады.

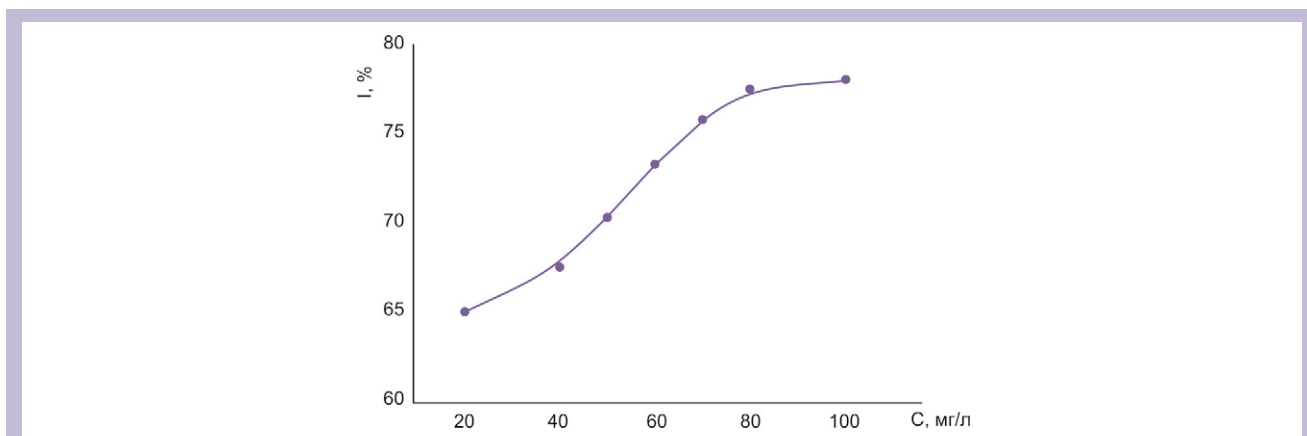
2 суретте *Spirulina platensis*-хитозан-цеолит композит бетінде Cr³⁺ иондарының адсорбциясы зерттелді. Адсорбция нәтижелері Ленгмюр және Фрейндлих теориялары бойынша өңделді. Ленгмюр бойынша композит бетіндегі Cr³⁺ иондарының максималды адсорбциясының мәні 15,9 мг/г тең болды. Бұл мән Cr³⁺ иондарының вермикулит бетіндегі адсорбциясы 15,1 мг/г мәнінен артық [21], ал Cr³⁺ иондарының *Chlorella coloniales* бетіндегі 9,48 мг/г [22] және *Chlorella* spp. бетіндегі 9,62 мг/г [23] адсорбциясынан әлдеқайда жоғары. Фрейндлих бойынша адсорбент бетінің гетерогенділігімен байланысты эмпирикалық тұрақты n мәні 0,4-ке тең. Қолайлы болу үшін оның мәні 0 < n < 1 аралығында болуы қажет, ал n > 1 жағдайы адсорбцияның қолайсыздығын білдіреді. Егер n = 0 болса, адсорбция процесі қайтымсыз [24]. Cr³⁺ иондарының композит бетіндегі адсорбциясы жағдайында n мәні 0-1 аралығында жатыр және бұл жайт теріс зарядталған *Spirulina platensis* балдыр жасушалары бетіне Cr³⁺ иондарының жақсы адсорбцияланғандығын көрсетеді. Бұл адсорбция үдерісінде Cr³⁺ иондары композит бетіндегі *Spirulina platensis* балдыр жасушаларының құрамындағы гидроксил, карбоксил, фосфат топтарымен суда ерімейтін гидроксид, тұздар, ал амин топтарымен комплексті қосылыстар түзетіндігімен түсіндіріледі. Олай болса адсорбция электростатикалық әрекеттесулерге, ион алмасуға және донорлы-акцепторлы байланыстарға негізделеді.

1 кестеде Ленгмюр бойынша R² (түзету коэффициенті) мәні Фрейндлих бойынша алынған мәнге қарағанда жоғары болып отыр. Бұдан Cr³⁺ иондарының композит бетіндегі адсорбциясын сипаттау үшін Ленгмюр моделінің ыңғайлы болғанын болжауға болады.

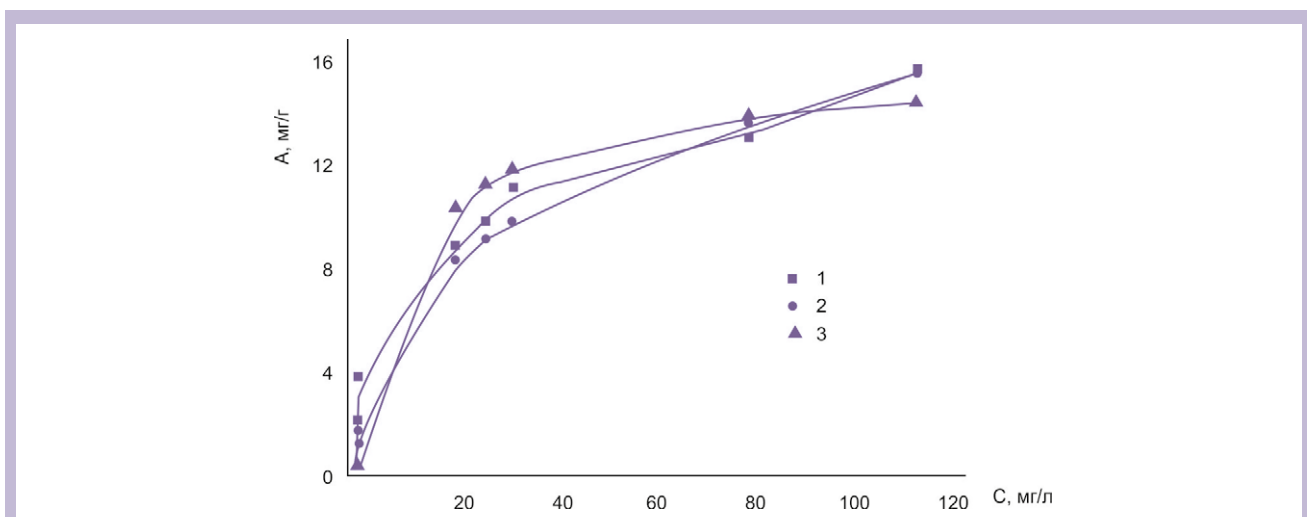
1 кесте

Spirulina platensis-хитозан-цеолит композиті бетіндегі Cr^{3+} иондары адсорбциясының Фрейндлих және Ленгмюр бойынша есептелген параметрлері

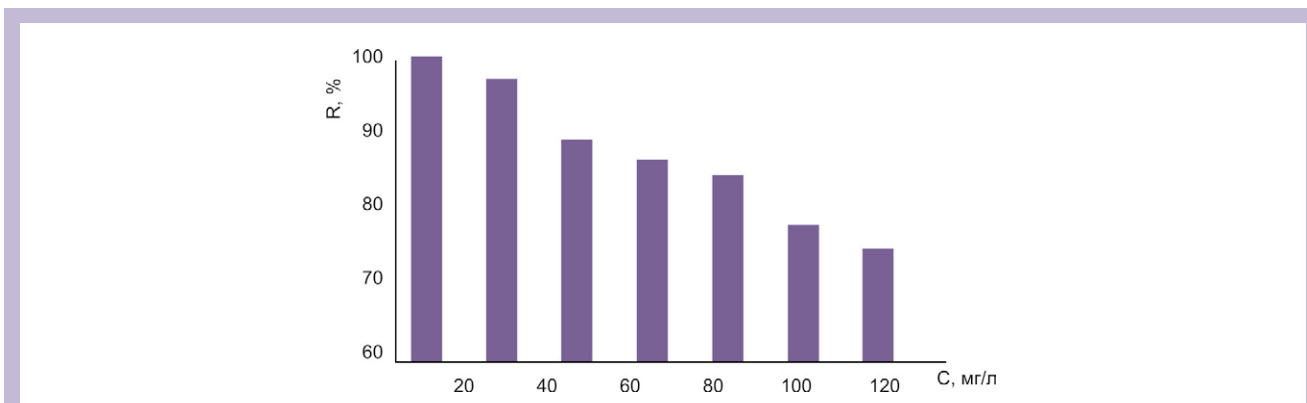
Адсорбент	Т, К	Ленгмюр бойынша			Фрейндлих бойынша		
		b, л/мг	A_{max} , мг/г	R^2	1/n	K_f , мг/г	R^2
<i>Spirulina platensis</i> - хитозан-цеолит	298	0,097	15,9	0,95	0,4	2,8	0,91



1 сурет – *Spirulina platensis* балдыр жасушаларының хитозанмен өңделген цеолит бөлшектері бетіндегі иммобильдену қисығы. $C = 13,6 \cdot 10^4$ жасуша/мл



1 – тәжірибе; 2 – Фрейндлих; 3 – Ленгмюр бойынша мәндер. $T = 298 \text{ К}$, $m_{(\text{цеолит})} = 1 \text{ г}$, $m_{(\text{Spirulina platensis})} = 0,125 \text{ г}$
2 сурет – *Spirulina platensis*-хитозан-цеолит композиті бетіндегі Cr^{3+} иондарының адсорбция изотермасы



3 сурет – Cr^{3+} иондарының *Spirulina platensis*-хитозан-цеолит композиті көмегімен судан бөліну дәрежесі

Ерітіндіден Cr^{3+} иондарын толығымен бөліп алу үшін оларды байланыстыруға жеткілікті мөлшерде жасушаларды енгізу қажет. Шынында да, 3 суреттен көрініп тұрғандай, ерітіндідегі Cr^{3+} иондарының бастапқы концентрациясында, металл иондарының бөліну дәрежесі 98,1-99,8 % құрайды. Бұл модификацияланған глиноземді адсорбенттермен ауыз және ағынды сулардан Pb^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} иондарының бөліну дәрежелерімен 89-93 % салыстырғанда біршама жоғары [25]. Алайда, ерітіндідегі Cr^{3+} иондарының концентрациясының жоғарылауымен (балдыр массасы тұрақты) бөліну дәрежесі 72,9 %-ға дейін төмендейді. Ерітіндідегі Cr^{3+} иондарының бастапқы концентрациясында металл иондары мен жасуша бетінің ауданы арасындағы қатынас оңтайлы болады. Ал Cr^{3+} иондарының концентрациясының жоғарылауымен олардың өзара әрекеттесуге қажетті функционалды топтардың тапшылығынан бөліну дәрежесі кемиді.

Қорытынды

Жұмыста сулы ерітінділерден Cr^{3+} иондарын бөліп алу үшін *Spirulina platensis*-хитозан-цеолит композитін алу мүмкіндігі зерттелді. Ол үшін цеолит бетіне катиондық полимер иммобильденіп, өңделген бетке балдыр жасушалары отырғызылды. Хитозанның цеолит бетімен байланысуы оның оң зарядты амин топтарымен цеолиттің теріс зарядты силикат топтарымен электростатикалық әрекеттесуімен түсіндірілді. Ал өңделген цеолит бетінде *Spirulina platensis* балдыр жасушаларының иммобильденуі хитозанның оң зарядты функционал топтары мен жасуша бетінің аниондық топтарының өзара электростатикалық әрекеттесуімен негізделді. Cr^{3+} иондарының композит бетіндегі максималды адсорбциясы 15,9 мг/г құрайды. Адсорбция нәтижелері Фрейндлих және Ленгмюр модельдері шеңберінде өңделді. Cr^{3+} иондары мен композиттің оңтайлы қатынастарында бөліну дәрежесі 98,1-99,8 %-ға жететіндігі анықталды.

Алғыс

Жұмыс ҚР Білім және Ғылым Министрлігі қаржыландырылған (2018-2021): № BR05236419 «Жоғары эффективті кең спектрлі практикалық қолданым мүмкіндігі бар функционалданған органикалық заттар мен материалдарды құру» бағдарлама аясында жүргізілді.

Әдебиеттер

- Dahiya S., Tripathi R. M., Hegde A. G. Biosorption of Heavy Metals and Radionuclide from Aqueous Solutions by Pre-treated Arca Shell Biomass // *Journal of Hazardous Materials*. – 2008 – Vol. 150 – P. 376-86. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.04.134>
- Pillai S. S., Mullassery M. D., Fernandez N. B., Girija N., Geetha P., Koshy M. Biosorption of Cr (VI) from Aqueous Solution by Chemically Modified Potato Starch: Equilibrium and Kinetic Studies // *Ecotoxicology and Environmental Safety* – 2013 – Vol. 92 – P. 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.01.020>
- Ertugay N., Bayhan Y. K. Biosorption of Cr (VI) from Aqueous Solutions by Biomass of *Agaricus Bisporus* // *Journal of Hazardous Materials*. – 2008 – Vol. 154 – P. 432-439. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.10.070>
- Chauhan D., Jaiswal M., Nalini S. Removal of Cadmium and Hexavalent Chromium from Electroplating Wastewater Using Thiocarbamoyl Chitosans // *Carbohydrate Polymers* – 2012 – Vol. 88. – P. 670-675. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.01.014>
- Aryal M., Kyriakides M. L. Bioremoval of heavy metals by bacterial biomass // *J. Environ. Monit. Assess.* – 2015 – Vol. 187 – P. 4173. doi 10.1007/s10661-014-4173-z
- Ayangbenro A. S., Babalola O. O. A new strategy for heavy metal polluted environments: A review of microbial biosorbents // *J. Environ. Res. Public Health* – 2017 – Vol. 14 – P. 94. doi:10.3390/ijerph14010094
- Barakat M. A. New trends in removing heavy metals from industrial wastewater // *J. Arabian of Chemistry* – 2011 – Vol. 4. – P. 361-377. doi:10.1016/j.arabjc.2010.07.019
- Mustapha M. U., Halimoon N. Microorganisms and biosorption of heavy metals in the environment: A Review paper // *J. Microb. Biochem. Technol.* – 2015 – Vol. 7. – P. 5. <http://dx.doi.org/10.4172/1948-5948.1000219>
- Elaiopoulos K., Perraki Th., Grigoropoulou E. Monitoring the effect of hydrothermal treatments on the structure of a natural zeolite through a combined XRD, FTIR, XRF, SEM and N2-porosimetry analysis // *Microporous and Mesoporous Materials* – 2010 – Vol. 134. – P. 29-43. doi:10.1016/j.micromeso.2010.05.004
- Wan Ngh W. S., Fatinathan S. Pb (II) Biosorption Using Chitosan and Chitosan Derivatives Beads: Equilibrium, Ion Exchange and Mechanism Studies // *Journal of Environmental Sciences* – 2010 – Vol. 22. – P. 338-346. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2007.09.004>
- Arora M., Eddy N. K., Mumford K. A., Baba Y., Perera J. M., Stevens G. W. Surface modification of natural zeolite by chitosan and its use for nitrate removal in cold regions // *Cold Regions Science and Technology* – 2010. – Vol. 62. – P. 92-97. doi:10.1016/j.coldregions.2010.03.002
- Lin J., Zhan Y. Adsorption of humic acid from aqueous solution onto unmodified and surfactant-modified chitosan/zeolite composites // *Journal Chemical Engineering* – 2012. – Vol. 200-202 – P. 202-213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccej.2012.06.039>
- Kolodynska D., Halasa P., Fransub M., Hubicka Z. Zeolite properties improvement by chitosan modification – Sorption studies // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. – 2017. – Vol. 52. – P. 187-196. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2017.03.043>
- Budnyak T. M., Yanovska E. S., Kolodyńska D., Sternik D., Pylypchuk I. V., Ischenko M. V., Tertykh V. A. Preparation and properties of organomineral adsorbent obtained by sol-gel technology // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* – 2016 – Vol. 125. – P. 1335-1351.
- Pylypchuk I. V., Kolodyńska D., Koziol M., Gorbyk P. P. Gd-DTPA adsorption on chitosan/magnetite nanocomposites // *Nanoscale Research Letters* – 2016 – Vol. 11:168 DOI 10.1186/s11671-016-1363-3
- Swayampakula K., Boddub V. M., Nadavala S. K., Abburi K. Competitive adsorption of Cu (II), Co (II) and Ni (II) from their binary and tertiary aqueous solutions using chitosan-coated perlite beads as biosorbent // *Journal of Hazardous Materials* – 2009 – Vol. 170. – P. 680-689 doi:10.1016/j.jhazmat.2009.05.106
- Потапова Л. В., Владимцева И. В., Колотова О. В. Современные наукоемкие технологии – 2005. № 9. – С. 69-70.
- Magner E. Immobilisation of enzymes on mesoporous silicate materials // *Chem. Soc. REV.* – 2013 – Vol. 42 (15) – P. 6213-6222. doi: 10.1039/c2cs35450k.
- Groboillot A., Boadi D. K., Poncelet D., Neufeld R. J. Immobilization of cells for application in the food industry // *Crit. Rev. Biotechnol.* – 1994 – Vol. 14(2). – P. 75-107. doi: 10.3109/07388559409086963.
- Aksu Z., Acikel U., Kutsal T. Investigation of Simultaneous Biosorption of Copper (II) and Chromium (VI) on Dried *Chlorella Vulgaris* from Binary Metal Mixtures: Application of Multicomponent Adsorption Isotherms // *Separation Science and Technology* – 2006 – Vol. 34 (3) – P. 1-524. <https://doi.org/10.1081/SS-100100663>
- Lakhbayeva Zh., Kurmangazhy G., Tazhibayeva S., Artykova D., Musabekov K. Possibility of water purification from Cu^{2+} , Pb^{2+} and Cr^{3+} by using vermiculite // *Journal of Chemical Technology and Metallurgy* – 2019. – Vol. 54(3). – P. 600-606.
- Yaghmaeian K., Jaafari J. Optimization of heavy metal biosorption onto freshwater algae (*Chlorella coloniales*) algae cells using response surface methodology (RSM) // *Chemosphere* – 2018. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.205>
- Akhtar N., Iqbal M., Zafar S. J., Iqbal J. Biosorption characteristics of uni-cellular greenalga *Chlorella sorokiniana* immobilized in loofaspongeforre-removal of Cr (III) // *J. Environ. Sci.* – 2008 – P. 231-239. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60036-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60036-4)
- Asnaoui H., Khalis M., Laaziri A., Elbougarrani O. Decontamination of a solution of chromium IV by marine algae (*ulva-lactuca*) // *IJIRAE* – 2014 – Vol. 6. ISSN: 2349-2163 <http://ijirae.com>
- Mahmoud M. E., Osman M. M., Hafez O. F., Elmelegy E. Removal and preconcentration of lead (II), copper (II), chromium (III) and iron (III) from wastewaters by surface developed alumina adsorbents with immobilized 1-nitroso-2-naphthol // *Journal of Hazardous Materials*. – 2010 – Vol. 173, 1-3, 15, 349-357 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.08.089>

ТАБИҒИ ДИАТОМИТ НЕГІЗІНДЕ СОРБЕНТТЕР АЛУ

• Получены сорбенты на основе природного диатомитового минерала Мугалджарского района. Рассматриваются три способа получения сорбентов на основе диатомита. В результате среди трех способов получения сорбентов наиболее эффективный был выбран в зависимости от пористости сорбентов. То есть в первом способе пористость образца находится в диапазоне 0,34-0,97 мкм, во втором способе размер пор находится в диапазоне 0,29-2,31 мкм, а в третьем способе размер пор составляет 0,36-0,45 мкм. На основании полученных результатов был установлен второй способ модификации образца с широким диапазоном пористости от 0,29 до 2,31 мкм при температурах 600-900 °С. Для получения подробной информации об образцах были изучены физико-химические методы: оптический микроскоп, элементный анализ, ИК-спектроскопия.

• Ұсынылып отырған жұмыста Мұгалжар өңірінің табиғи диатомит минералы негізінде модифицирленген диатомит негізіндегі сорбенттер алынды. Мақалада диатомит негізіндегі сорбенттер алудың үш әдісі қарастырылды. Нәтижесінде, алынған сорбенттерді алудың үш әдісінің ішінде, сорбенттердің кеуек өлшемдеріне қарай, тиімдісі таңдалды. Яғни, бірінші әдіс барысында үлгінің кеуек өлшемдері 0,34-0,97 мкм аралығында, екінші әдіс барысында кеуек өлшемдері 0,29-2,31 мкм аралығында жатса, ал үшінші әдісті таңдау кезінде кеуек өлшемдері 0,36-0,45 мкм арасында болды. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, үлгіні модифицирлеудің екінші әдісі кеуектілік өлшемінің 0,29-2,31 мкм кең ауқымды диапазоны 600-900°С температура арасында орнықтырылды. Үлгілер туралы толық ақпарат алу үшін физика-химиялық әдістермен зерттелінді: оптикалық микроскоп, элементтік талдау, ИҚ-спектроскопия әдісі.

• In the proposed work, sorbents based on diatomite modified on the basis of natural diatomite mineral of Mugalzhar region were obtained. The article considers three methods of obtaining diatomite based sorbents. That is, in the first method the porosity of the sample is in the range of 0.34-0.97 microns, in the second method the pore size is in the range of 0.29-2.31 microns, and in the third method, and when choosing the third method the pore size is 0.36-0.45 μm. Based on the obtained results, the second method of modification of the sample was set with a wide range of porosity measurements from 0.29 to 2.31 microns at a temperature of 600-900 °C. To obtain detailed information about the samples were studied by physicochemical methods: optical microscope, elemental analysis, IR-spectroscopy.

Диатомит – бұл диатомдардың қалдықтарынан, теңіздерде немесе көлдерде пайда болған табиғи материал. Диатомит өнімдері әртүрлі тәсілдермен қолданылады: органикалық заттарды нығайту, қатайту, қатты беттер арасындағы адгезияны азайту, адгезияны жоғарылату, тұтқырлықты арттыру, беттік-белсенді заттардың әсері, гидрофобты эффект, адсорбент, катализаторлар [1].

Опал-кристоболит жыныстарына диатомиттерді, кремнийлі тау жыныстарын, ұсақ кеуекті шөгінді тау жыныстарын, обсидиандарды, перлиттерді, спонголиттерді, радиоляриттерді жатқызуға болады. Диатомиттердің құрамын шамамен аморфты кремний диоксиді 70 %-ды құрайды [2].

1978 жылы Близнаков пен Гочева және 1980 жылы Робертсон диатомиттерді ИҚ-спектроскопиясы және дифференциалды термиялық талдау арқылы зерттеген және аморфты кремний диоксиді диатомиттің негізгі құрамдас бөлігі екенін анықтаған [3].

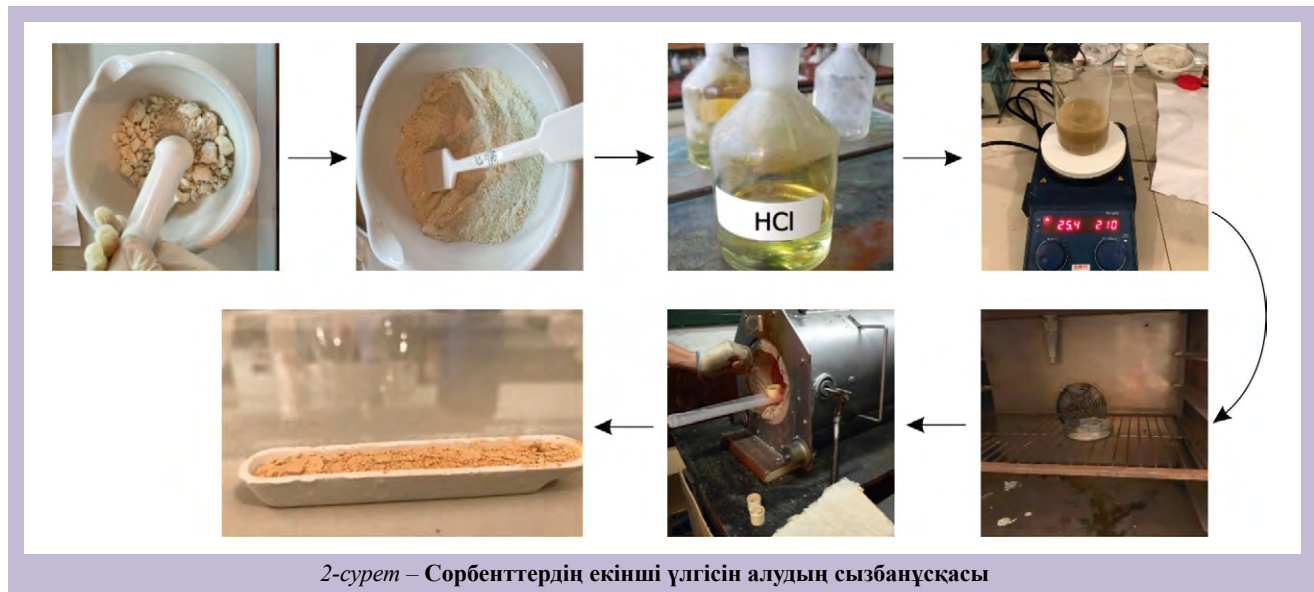
Диатомиттің қолданылу аясы өте кең. Мәселен, ғалымдардың бірі оны құрылыс саласында толтырғыш есебінде материалдың беріктік сипаттамаларын төмендетпей [4], тек орташа тығыздығын төмендетуге қолданса, енді бірі цементке арналған байланыстырғыштарды жасауда [5] қолданған. Сонымен қатар, диатомит шикізатының едәуір бөлігі сорбенттер мен сүзгілерді өндіруде қолданылады [6].

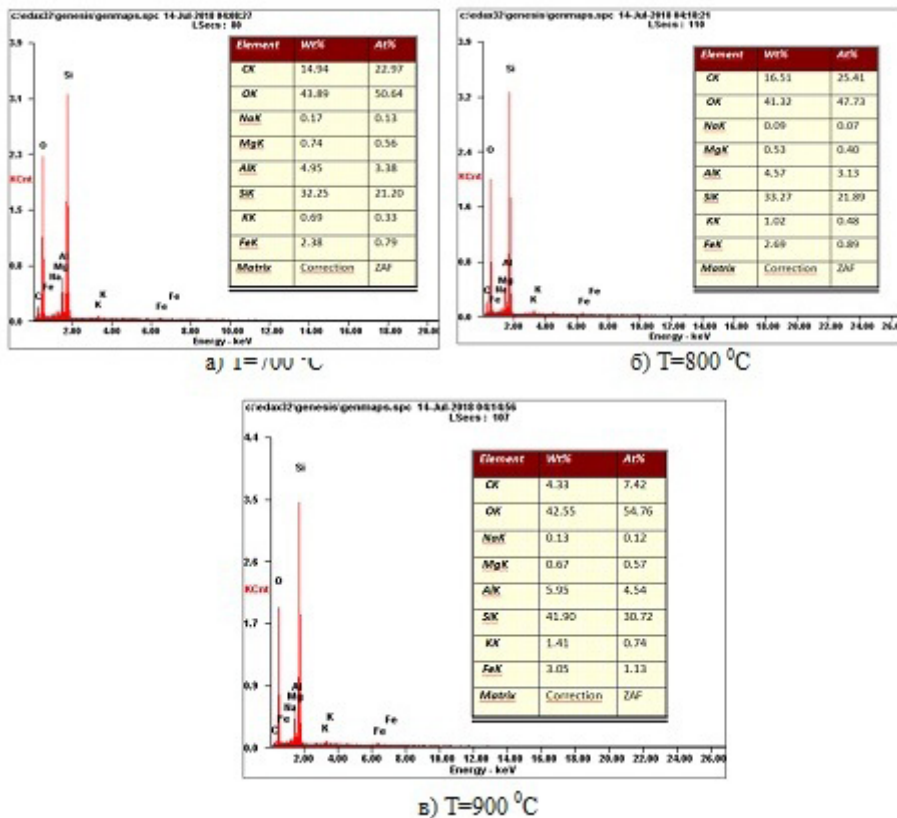
Өнеркәсіптік ағынды суларды тазартудың әртүрлі жолдары бар, солардың ішінде ең келешегі зор болып табылатыны табиғи минералдарды адсорбенттер ретінде пайдалану. Ағынды суларды тазарту үшін табиғи минералдарды қолдану экологиялық жағынан да, экономикалық жағынан да қолайлы, бірақ көбінесе мұндай материалдардың қажетті сорбциялық қасиеттері жоқ, сондықтан оларды модифицирлеу қажеттігі туындайды [7].

Табиғи минералдарды модифицирлеу нәтижесінде бастапқы шикізат пен синтетикалық сорбенттердің пайдалы қасиет-

Модифицирленген сорбенттердің кеуектерінің мөлшері

№	Атауы	T, °C	Кеуек мөлшері, мкм
1	Бастапқы диатомит	–	0,37-0,64
2	Диатомит негізіндегі модифицирленген сорбенттер (0,5 М HCl + H ₂ O)	Қыздырусыз	0,17-2,11
3	Диатомит негізіндегі модифицирленген сорбенттер (0,5 М HCl, t = 3 ч)	600	1,72-1,93
4	Диатомит негізіндегі модифицирленген сорбенттер (0,5 М HCl, t = 3 ч)	700	1,52-1,65
5	Диатомит негізіндегі модифицирленген сорбенттер (0,5 М HCl, t = 3 ч)	800	1,87-2,27
6	Диатомит негізіндегі модифицирленген сорбенттер (0,5 М HCl, t = 3 h)	900	0,29-2,31





5-сурет – Әртүрлі температураларда өңделген диатомит негізіндегі үлгілердің элементтік талдауы

терін қамтитын бірегей құрылымы бар сорбенттер алынады. Табиғи сорбциялық материалдар арасында диатомит ерекше қызығушылық тудырады.

Табиғи диатомиттің меншікті беті, әдетте, 39 м²/г жоғары емес, бұл оған тиімді сорбент болуға мүмкіндік бермейді. Сондықтан, меншікті бетті ұлғайту және беттік сипаттамаларды жақсарту үшін оны модифицирлеу қажет [7].

Тәжірибелік бөлім

Әр түрлі мақсаттар үшін сазды минералдар бетінің сипаттамаларын өзгертудің бірнеше жолы бар, солардың бірі қышқылды өңдеу болып табылады, ол әдетте минералдың беткі қасиеттерін жақсарту үшін қолданылады. Қышқылды өңдеудің мақсаты ингибиторлар болып табылатын карбонат топтары сияқты қоспаларды жою. Сонымен қоса, карбонаттар диатомиттің табиғи кеуектерін толтыра алады. Осылайша, карбонаттарды жоюға байланысты тағы бір қызығушылық осы блокталған тесіктерді ашу және диатомит бетінің меншікті ауданын ұлғайту болып табылады. Себебі адсорбенттің өнімділігі меншікті бетпен тікелей байланысты.

Диатомиттің құрамында монтмориллонит, каолинит минералдары бар болғандықтан, судың артығын және бөгде ластаушы аморфты заттарды жою мақсатында 900 °C температурада қыздыру және қышқылды өңдеу әдістері таңдалынды.

Ұсынылған жұмыста кеуекті сорбенттерді алудың нақты әдістемесін зерттеу мақсатында тұз қышқылымен өңдеудің әсері және диатомит үлгілерін кальцинирлеу зерттелді.

Осы мақсат үшін диатомит үлгілері әртүрлі жағдайларда өңделді. Диатомит негізінде сорбенттің бірінші үлгісін

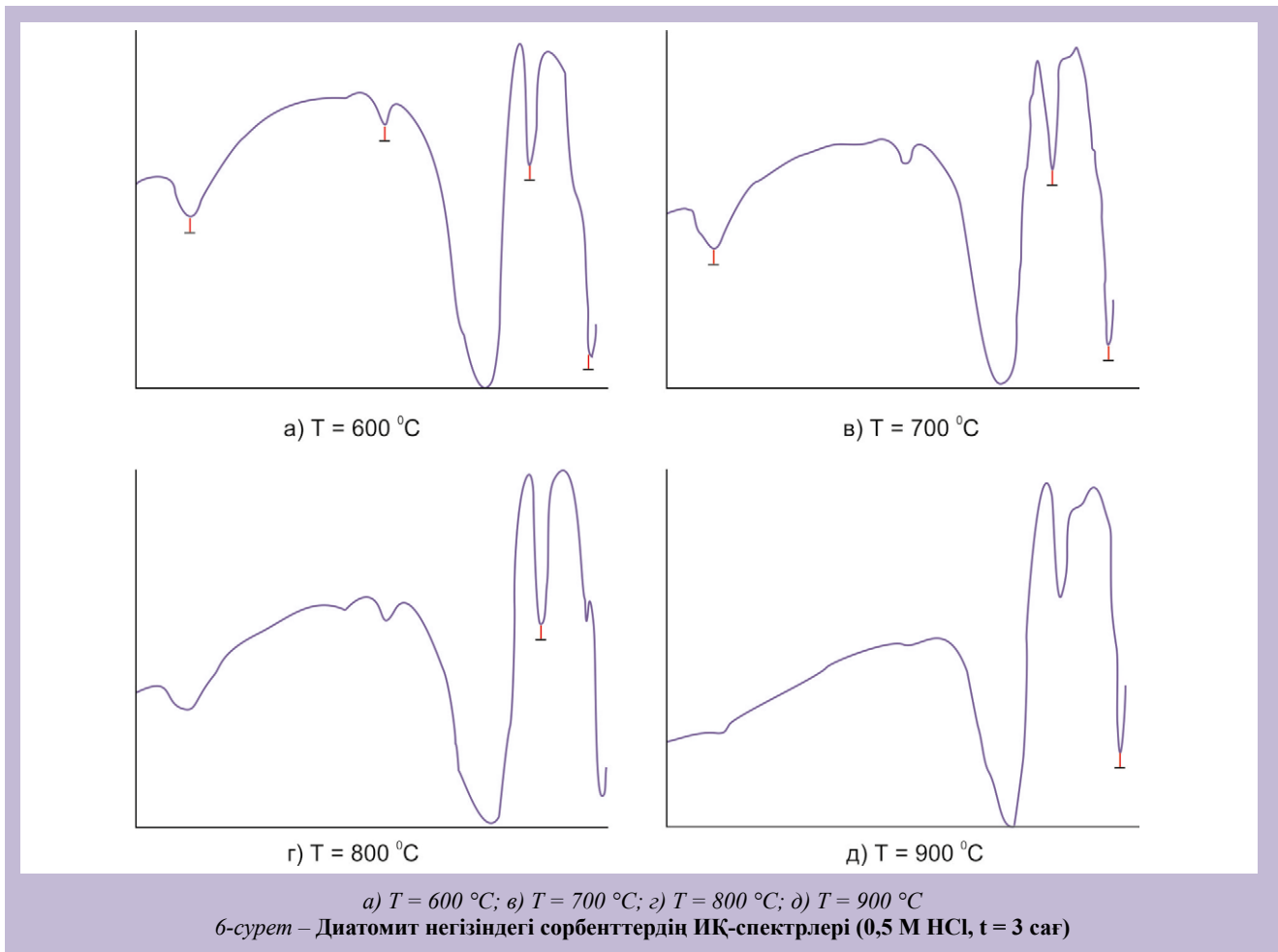
дайындау үшін алдын ала ұсақталған диатомит минералы тұз қышқылымен модифицирленді. Қышқылмен өңдеу бөлме температурасында 0,5 М HCl ерітіндісімен жүргізілді. 10 грамм диатомит 50 мл қышқыл ерітіндісімен араластырылып, магнитті араластырғышта араластырылды. Содан кейін алынған суспензия сүзіліп, алынған тұнба бейтарап ортаға дейін дистильденген сумен шайылды және 100 °C-та 5 сағат бойы кептірілді (1-сурет).

Табиғи диатомиттің екінші үлгісі ұсақталып, 0,5 М тұз қышқылымен өңделді, ол магнитті араластырғышта араластырылып, сүзілді және бейтарап ортаға дейін дистильденген сумен жуылды, кейін 100 °C кезінде 5 сағат бойы кептірілді. Диатомиттің кептірілген үлгісі қалыпты атмосфералық қысым кезінде 900 °C муфельді пеште кальцинирленді (2-сурет).

Сорбенттерді алудың үш әдісіне сүйене отырып, 2-суретте бейнеленген екінші әдіс таңдалды. Бірінші әдісті таңдау кезінде үлгінің кеуектілігі 0,34-0,97 мкм диапазонында, екіншісін таңдау кезінде 0,29-2,31, ал үшінші әдісті таңдау кезінде 0,36-0,45 мкм диапазонында болды. Осылайша кеуектілік мәндеріне сүйене отырып, үлгіні модифицирлеудің екінші әдісі кеуектілік өлшемінің кең ауқымды диапазонын қамтығандықтан, сорбенттер алудың оңтайлы әдісі болып таңдалды (кесте).

Зерттеулер нәтижелері бойынша 0,5 М HCl-мен модифицирленген сорбенттердің кеуекті құрылымы 0,29-2,31 мкм дейінгі диапазонда 600-900 °C температура аралығында өңдегенде алынатындығы анықталды.

Үлгілердің элементтік құрылымы. Элементтік талдау EDAX (AMETEC Materials Analysis Division, USA) әдісімен жүргізілді.



4-6 суреттерде үлгілердің элементтік талдау нәтижелері келтірілген.

EDAX мәліметтері бойынша, барлық үлгілерде C, O, Mg, Al, Si, K, Fe сияқты элементтердің бар екенін көруге болады.

Модифицирленген сорбенттердің бетінде функционалды топтардың болуын сапалы бағалау ИҚ-Фурье-спектроскопия әдісімен зерттелді (6-сурет).

ИҚ-Фурье-спектроскопия әдісі әртүрлі наноматериалдардың беттік топтарын зерттеу үшін кеңінен қолданылады. Алынған ИҚ-спектрлерде химиялық байланыстар үлгісі мен функционалды топтарын сәйкестендіруге болатын жағдайлармен тереңдігі (ауданы) бойынша шындар тіркеледі. Спектрлерде бар шындар, әдетте, функционалды топтардың түрлі типтерінің өзара әрекеттесуімен байланысты.

ИҚ спектрлерінің нәтижесі бойынша $3452,04 \text{ см}^{-1}$ кезіндегі жұтылу жолағы COOH валентті тербелісіне сәйкес келеді. Сутектік байланыстар түзілген кезде, жиіліктер төмендейді, ал жолақтар кеңейеді. $471,19 \text{ см}^{-1}$ кезіндегі жұтылу жолақтары иодорганикалық қосылыстарға тән, ал $800,11 \text{ см}^{-1}$ кезіндегі жұтылу жолақтары В-Ф валентті борорганикалық қосылыстарға тән. Сонымен қатар, $470,86$ және $471,29 \text{ см}^{-1}$ сәйкес келетін жұтылу жолақтары С-І валентті иодорганикалық қосылыстарға тән, олардың қарқындылықтары күшті болып келеді.

Қорытынды

Зерттеулер нәтижесін қорытындылай келе, диатомит негізіндегі сорбенттер алудың үш әдісі қарастырылып, соның ішінде ең тиімді әдісі болып екіншісі таңдалды. Екінші әдіс бойынша,

алынған сорбенттердің кеуек өлшемдері $0,29-2,31 \text{ мкм}$ аралығында жататындығы анықталды.

Әдебиеттер

- Zhaolun W., Yuxiang Y., Xuping Q., Jianbo Z., Yaru C. and Linxi N., 2005. Decolouring mechanism of zhejiang diatomite. application to printing and dyeing wastewater. Environ. Chem. Lett., 3: 33-37.
- Мешков А. В., Никифоров Е. А., Сенюк Н. А., Субботин Р. К., Маневич В. Е. Диатомит – кремнеземсодержащий материал для стекольной промышленности // Стекло и керамика, 2012 – № 5 – С. 34-39.
- Bliznakov G. and Gocheva E., 1978. Physicochemical properties of some Bulgarian Kieselguhrs: II. Adsorption properties of some Bulgarian Kieselguhrs. Izv. Khim., 11: 142-152.
- Pimraksa K., Chindapasirt P. Lightweight bricks made of diatomaceous earth, lime and gypsum. Ceramics International. 2009; 35(1):471-478. DOI: 10.1016/j.ceramint.2008.01.013.
- Staněk T., Nečas R., Boháč M., Zedulová A., Rybová A. Properties of mixtures of cement with various raw materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018; 379:012010. DOI: 10.1088/1757-899X/379/1/012010.
- Anil U. E., Al E., Kayaci K., Kara F. Fabricating of diatomite based ceramic water filter by a novel casting method // Advances in Science and Technology. 2014. Vol. 91. Pp. 48-53. DOI: 10.4028/www.scientific.net/ast.91.48.
- Korzhybayeva K. B., Tazhibayeva S. M., Musabekov K. B., Dekany I., Burkitbaev M. M., Zhubanova A. A., Orazymbetova A. B. Composite Biosorbents of Metal Ions Based on Yeast Cells and Diatomite. Eurasian Chemico-Technological Journal. Al-Farabi Kazakh National University – Vol. 15. – № 3. – 2013. – P. 233-239.

POLYMER CEMENT COMPOSITION ON THE BASIS OF ROCK-SAWING WASTES OF LIMESTONE-SHELL

• В статье изложены исследования процессов и технология изготовления новых полимерцементных композиции из отходов добычи стенового камня известняка-ракушечника. На основе проводимых исследований разработаны высокоэффективные технологии, приоритетом которых является применения более дешевого заполнителя, открывающие новые возможности для карьеров по добыче полезных ископаемых в реализации отходов известняка-ракушечника, скопившейся в большом количестве, а также сокращения отвалов отходов карьерных хозяйств.

• Бұл мақалада әктас-ұлтас қабырға тастарын өндіру қалдықтарынан жаңа полимерцементті композицияны дайындау процестері мен технологиясы туралы зерттеулер келтірілген. Жүргізілген зерттеулер негізінде тиімділігі жоғары технологиялар әзірленді, олардың басымдығы көп мөлшерде жиналған әктас-ұлтас қалдықтарын жүзеге асыруда пайдалы қазбаларды өндіру бойынша карьерлер үшін жаңа мүмкіндіктер ашатын әктас-ұлтас негізіндегі арзан толтырғышты қолдану, сондай-ақ карьерлік шаруашылықтар қалдықтар үйінділерінің көлемін азайту.

• This article sets forth the research of processes and technology of making of new polymercement composition from wastes of extraction of a wall stone of limestone-shell. On the basis of carried out researches highly effective technologies which priority is application of cheaper filler, opening new possibilities for open-cast quarries on extraction of minerals in realization of a waste of limestone-shell which has accumulated in a considerable quantity, and also reduction of waste dumps of open-cast quarries.

The development of the construction industry involves the expansion of the range of products, including the same functional purpose. From wall materials in recent years, the volume of production and use of building products such as aerated concrete, foam concrete, porous bricks in foreign and domestic countries has a steady upward trend, and they are widely used for the construction of walls, along with ceramic bricks, aerated concrete and hollow blocks of heavy concrete. To one of the existing advantages of production technology, resulting in more than a hundred enterprises in Kazakhstan for their production [1]. At present more than 20 billion tons

of various wastes - overburden rocks, slags, other secondary raw materials - have been accumulated in Kazakhstan as a result of intensive works on mining. These wastes contribute to the pollution of underground and surface waters, adversely affect the state of land resources, accelerate erosive processes, pollute the air, deformations of host rocks and land surface.

Manufacture of artificial stone materials, obtained as a result of hardening of rationally selected, homogeneously mixed and compacted mixture of binder, aggregates from waste mining wall stone, gate valves and additives, is an urgent task of modern construction production.

Table 1

Chemical composition of the limestone-shell sample of the Zhetybai fields

Mineral	Oxidecontent, %	Mineral	Oxidecontent, %
Na ₂ O	0.11	CaO	53.39
MgO	2.02	TiO ₂	< 0.01
Al ₂ O ₃	0.03	MnO	0.03
SiO ₂	0.43	Fe ₂ O ₅	0.24
P ₂ O ₅	< 0.01	other	0.01
K ₂ O	< 0.01	Ignition losses	43.74

Table2

Contains of polymer-cement composition

Source material		Mass, %
1.	Whitecement	7-8
2.	Specifiedfiller	68-73
3.	Specified water solution of polymer	15-18
4.	Whitespirit	0.5-1
5.	Specified curing booster	0.7-1.2

Table3

Properties of the obtained polymer cement products based on the proposed polymer cement composition

№	Composition at ratio of components, masses %	Proposed polymer cement composition based on polyacrylamide			
1	Whitecement	8	7	8	7
2	Limestone sifting shell ground	73	68	73	68
3	0.15 % aqueous solution	18	15	18	15
	Polyacrylamide	0.028	0.023	0.028	0.023
	Water	Others			
6	Whitespirit	0.5	1	0.5	1
7	1 % aqueous solution of aluminum salts AeCe ₃	0.7	1.2	-	-
	Including hydrochloric acid HCl	0.007	0.0012	-	-
	Aluminum powder	0.0007	0.00012	-	-
	Water	Others			
8	Compressive strength limit, kgf/cm ² 15.5-21.5	31-34	28-33	28-24	22-23
9	Water absorption, %	2.8-3.6	2.9-3.5	1.6-0.9	0.9
10	Density, g/cm ³	1.69-1.7	1.7-1.72	1.65-1.6	1.7

Concrete mixtures are classified according to GOST 25192-2012 [2], their classification, quality indicators, purpose, calculations related to the selection of concrete composition, and other issues are detailed and regulated by the relevant GOST, TU and SNiP [2, 3].

Literature review and problem statement

Recommendations on the use of saw limestone as aggregates in concrete were made by a number of authors

[4]. Speaking about the use of «thermal» concrete in the construction indicates the possibility of using as an aggregate shell strength of 10-50 kg/cm².

Prior to that, limestone of high strength was used in concretes, because obtaining high quality concretes on a low strength aggregate has caused doubt.

The strength of concrete (with a normal weight of 1.9 t/m²) at the age of 28 days with cement consumption of 225-300 kg per m³ activity 300 kg/cm² obtained within 35-50 kg/cm²



Fig. 1 – Production area

with the use of aggregates in the form of crushed stone from the shell 15-25 kg/cm². On limestones with $R_1 = 100$ kg/cm² under the same conditions and volume weight of 2.1 t/m³ obtained the strength of concrete 125 kg/cm².

Practical use of plasticized concrete and mortars on dense aggregates has now reached wide application. As for concretes on porous aggregates, the research is still far from being completed. Sulfite and alcohol bard (SAB) (a group of plasticizers – peptizers) and air additive were used as plasticizers. It was assumed that, while maintaining a constant cement consumption and mobility of concrete mixture, the strength of concrete with an additive SAB, in an amount of 0.15-0.3 % of the weight of cement, compared with concretes without additives can be increased by 10-15 % or more [5].

Inventions related to the industry of construction materials containing additional additives with the possibility of use for the production of polymer cement tiles for various purposes and wall materials are known [13].

Concretes based on high-strength limestone, their application area is much wider. Using limestone, with a lump strength of 50-100 kg/cm² can be obtained concrete grades 15-30 with cement consumption 120-160 kg/m³. This material, having high performance characteristics, is quite suitable for the construction of monolithic walls of buildings.

With increasing cement consumption up to 250-280 kg/m³ strength of concrete increases to 50 kg/cm². Large blocks can already be made of such concrete.

The effectiveness of the use of limestone waste in concrete has been studied by a number of authors [6-8].

They studied the use of limestone-copper sand as an aggregate for cement mortars and concretes, and also determined that the copper sand even with a high content of dusty fractions, all other things being equal, gives the mortars a higher strength.

In this paper, the results of studies of obtaining a building material based on Portland cement mineral additives from the waste mining of limestone-cucumber.

It is shown that most of the developed fields of saw limestone produce stones of low strength. We offer a new method of using low strength limestone waste to produce a building material, the strength of which significantly exceeds the original strength of the aggregate. All this makes it possible to eliminate the natural disadvantages of low-grade

limestones and, making fuller use of their potential, solves the problem of recycling limestone waste.

Research methods and methodology

Fields Zhetybai limestone-shell taken as an experimental site for experimental work and the creation of a new type of building material based on polymer cement composition of limestone-shell and additional ingredients of mineral additives (figure 1) [9].

With the purpose of revealing suitability for reception of new building materials with high performance characteristics, chemical and mineralogical research of a sample of limestone-shell of Zhetybai field has been conducted.

As a result of thermal analysis of the limestone-shell sample, the endothermic decomposition effect of magnesium carbonates $Mg(CO_3)$ and calcium carbonates $Ca(CO_3)$ from 600 to 970 °C was recorded on the DTA curve.

The thermogramon ignition losses value was 43.74 %.

X-ray phase analysis of limestone-cucumber sample was performed on upgraded DRON-3M diffractometer on $CuK\alpha$ -radiation with software.

The X-ray phase analysis data show the presence of $CaCO_3$ calcite and small amounts of $Mg(CO_3)$ magnesite and $CaMg(CO_3)$ dolomite in the sample.

The mineral composition of the limestone used, according to the thermal and X-ray analysis data, is shown in table 1.

According to the results of chemical and mineralogical studies of the sample of limestone-cucumber at Zhetybai field consists of carbonate rocks of $CaCO_3$ calcite with a small amount of impurities. The content of CaO in the sample of the studied limestone-shell was 53.39 % and CO_2 – 43.74 %. Pure calcite is 56% and CO_2 is 44 %.

Based on physical and chemical studies, it was found that this shell limestone material is suitable for the production of various building materials.

Deciphering of thermal analysis diagrams, mineralogical interpretation of their curves and explanation of thermal behavior of the studied model systems were performed according to the methods described in the following works [10-12].

The obtained polymer cement composition on the basis of limestone-shell waste with plasticizing additives allows to solve the problem of obtaining a convenient mixture with

minimum water content and, consequently, a new building material (table 2).

The closest to the invention in terms of technical essence and the result achieved is a polymer cement composition, including the following composition in mass: white cement 17-20, quartz sand ground 10-12, butadiene styrene latex 5.5-6.0, pyrite cigarettes 1.7-2, bricks ground clay 54-61 and water 2 [13].

The purpose of this invention is to reduce cement consumption and improve the quality and physical and mechanical properties of the product.

The goal is achieved by the fact that the polymer cement composition, which includes white cement, filler and aqueous polymer solution, contains additionally white spirit and curing booster – duralumin solution in hydrochloric acid at a ratio of 1:10, diluted with water to 1 % of the concentration. As a filler – ground limestone screening of the shell, and as an aqueous solution of the polymer – 0.15 % – polyacrylamide solution at the following ratio of components, mass. %:

Obtaining construction products based on the proposed polymer cement composition is achieved as follows. For preparation of polymer binding composition 0,15 % 1 water solution of polyacrylamide is used. Preparation of the solution is diluted immediately before entering the filler with cement. In the prepared volume of aqueous solution of polyacrylamide aqueous solution of aluminum chloride salts as well as white spirit in the above mentioned proportions is added and actively mixed by shaking in an intermediate container.

Aqueous solution of aluminum chloride is obtained as a result of complete dissolution of duraluminous scrap in hydrochloric acid with subsequent dilution by water to 1% concentration. The required amount of acid is determined by the formula:

$$V = (450M) / (pC), \quad (1)$$

where V – acid volume, m³; M – aluminum mass, kg; p – acid density, kg/m³; C – acid concentrations, %.

The resulting polymer binder is introduced into a pre-prepared mixture of filler and cement and thoroughly mixed. After that, the resulting polymer cement composition is poured into the mold. Mixing of the filler and cement is prepared in advance.

The properties of the obtained polymer-cement products based on the proposed polymer-cement composition are given in table 3 below.

As can be seen from the table, the proposed invention in comparison with the known invention [13] sufficiently provides an increase in the properties of building materials in terms of strength and water permeability at a significantly lower consumption of cement in 2 times, polymer in 3 times less. Besides, it allows to dispose of waste from the quarry [14].

Conclusions

– a rational chemical and mineralogical composition of the sample of limestone-shell from the Zhetybai field of Area No.3 suitable for obtaining new building materials with high performance characteristics was established experimentally;

– a solution of polymer cement composition for production of building materials with the following ratios of components

has been established: white cement (portland cement or decorative cement) – 7-8%, filler (limestone-shell waste) – 68-73 %, aqueous polymer solution (0.15 % polyacrylamide solution) – 15-18 %, white spirit – 0.5-1 %, curing booster (solution of duralumin in hydrochloric acid, in ratio 1 : 10, diluted with water to 1 % concentration) – 0.7-1.2 %;

– the offered building material, provides convenience and mobility of the mixture, increase in strength and water permeability, with a much smaller consumption of cement in 2 times, polymer in 3 times, allows the rational use of waste quarry.

References

- Xu G. L., Shen W. G., Huo X. J., Yang Z. F., Wang J., Zhang W. S. et al. (2018). Investigation on the properties of porous concrete as road base material. *Construction and Building Materials*, 158 (15), 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.151>.
- ГОСТ РФ 25192-2012. Бетоны. Классификация и общие технические требования. – Введ. 2013-07-01. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2012. – 4 с.
- СНИП РК 5.03-34-2005. Бетонные и железобетонные конструкции. – Введ. 2006-06-01. – М.: ФГУП. 2005. – 20 с.
- Liu R., Chi Y., Chen S. et al. Influence of Pore Structure Characteristics on the Mechanical and Durability Behavior of Pervious Concrete Material Based on Image Analysis. *Int J Concr Struct Mater* 14, 29 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40069-020-00404-1>.
- Букаев Е. З., Серикбаева А. К. Перспективность применений серы, нефтепромышленности для получения строительных материалов // Развитие науки и техники в освоении недр Казахстана: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию академика Ш. Есенова. – Актау, 2017. – 274-278 с.
- Duran-Herrera A., De-Leon-Esquivel J., Bentz D. P., Valdez-Tamez P. Self-compacting concretes using fly ash and fine limestone powder: Shrinkage and surface electrical resistivity of equivalent mortars // *Construction and Building Materials*, 2019. – Vol. 199 – P. 50-62.
- Busari A., Dahunsi B., Akinmusuru J. Sustainable concrete for rigid pavement construction using de-hydroxylated Kaolinic clay: Mechanical and microstructural properties // *Construction and Building Materials* – 2019 – Vol. 211 – P. 408-415.
- Aruova L. B., Dauzhanov N. T. Energy and Resource Saving Technologies of Building Materials Production Using Solar Energy // *MOJ Civil Engineering* – Vol. 3, Is. 3, 2017 – P. 1-7.
- Патент 4370 РК. Полимерцементная композиция / Г. Ж. Кенжетаяев, А. К. Серикбаева, Е. З. Букаев, А. М. Айтимова, А. Н. Боранбаева, Ш. К. Баймукашева; опубл. 25.10.2019 – Бюл. № 43. – 3 с.
- Wagner M. *Thermal Analysis in Practice: Fundamental Aspects*. Hanser Fachbuchverlag, 2018. – 349 p.
- Аюпов Д. А., Фахрутдинова В. Х., Макаров Д. Б. Физико-химические методы исследования строительных материалов. Инструментальный анализ. Учебное пособие. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – 166 с.
- Ham B. M., MaHam A. *Analytical Chemistry: A Chemist and Laboratory Technician's Toolkit*. John Wiley & Sons, Inc., 2016. – 680 p.
- А. с. 1004304. СССР. Полимерцементная композиция / В. Ф. Волошин, Б. Б. Вейнер, В. П. Ронин, Э. И. Зарецер. Опубликовано 15.03.1983. Бюллетень № 10. – 3 с.
- Букаев Е. З., Кенжетаяев Г. Ж., Серикбаева А. К., Муталибова Г. К. Разработка нового материала на основе полимерцементной композиции для производства бетонных блоков // Международная научно-практическая конференция «Global Science – 2019 – Орск, Россия. 2020. – 341-345 с.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ-ДИАГРАММНЫЙ АНАЛИЗ ФАЗОВОГО СОСТАВА КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩЕГО ФЕРРОСПЛАВА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Mn–Ca–Si–Al

• Работа посвящена исследованию фазового состава кальцийсодержащего ферросплава на основе системы Mn–Ca–Si–Al при помощи метода термодинамически-диаграммного анализа. Методом триангуляции была произведена разбивка тройных систем на элементарные треугольники сосуществующих фаз. Проведенный термодинамически-диаграммный анализ позволил установить квазисистемы в системе Mn–Ca–Si–Al, моделирующие составы образующихся металлических продуктов при выплавке различных в процессе восстановления марганца и кальция из отвальных марганцевых шлаков, а также кремния и алюминия из золы высокозольного угля.

• Жұмыс термодинамикалық диаграммалық талдау әдісін қолдана отырып, Mn–Ca–Si–Al жүйесі негізінде құрамында кальций бар ферроқорытпаның фазалық құрамын зерттеуге арналған. Триангуляция әдісімен үштік жүйелер қатар болатын фазалардың қарапайым үйбұрыштарына бөлінді. Термодинамикалық-диаграммалық талдау Mn–Ca–Si–Al жүйесіндегі квазисистемаларды анықтауға мүмкіндік берді, марганец пен кальцийді қалпына келтіру процесінде әр түрлі балқыту кезінде пайда болатын металл өнімдерінің құрамын, сондай-ақ күлділігі жоғары көмір күлінен кремний мен алюминийді модельдеуге мүмкіндік берді.

• The work is devoted to the study of the phase composition of a calcium-containing ferroalloy based on the Mn–Ca–Si–Al system using the method of thermodynamic diagrammatic analysis. The triangulation method was used to split the ternary systems into elementary triangles of coexisting phases. The carried out thermodynamic diagrammatic analysis made it possible to establish quasi-systems in the Mn–Ca–Si–Al system that simulate the compositions of the formed metal products during the smelting of various manganese and calcium from the waste manganese slags, as well as silicon and aluminum from the ash of high-ash coal.

Термодинамически-диаграммный анализ (ТДА) позволяет получить диаграмму фазовых соотношений, каждая элементарная подсистема которой является независимой. Последнюю можно рассматривать как квазисистему. Разработанный и развитый в Химико-металлургическом институте им. Ж. Абишева термодинамически-диаграммный анализ сложных систем, зарекомендовал себя, как наиболее простой и при этом точный метод изучения фазовых закономерностей, в сравнении с классическими термодинамическими исследованиями металлургических процессов.

Исходные шихтовые материалы, используемые для выплавки кальцийсодержащего ферросплава, состоят в основном из оксидов кремния, кальция, алюминия, марганца (марганцевый шлак рафинированного ферромарганца) и твердого углерода – восстановитель (высокозольный уголь). Поэтому для выяснения фазовых закономерностей в металлических системах с участием металлического кальция, в настоящей работе осуществлены теоретические исследования по построению диаграммы фазового строения системы

Mn–Ca–Si–Al как моделирующий состав конечного сплава.

Топографически четырехкомпонентная система Mn–Ca–Si–Al представляет собой тетраэдр, на вершинах которого располагаются чистые химические элементы: марганец, кремний, алюминий и кальций; на ребрах которого двойные соединения, а на гранях тройные.

Разбивка тройных систем на элементарные треугольники сосуществующих фаз – триангуляция. При этом использован принцип минимизации свободной энергии Гиббса. Значений энергии Гиббса (ΔG_{298}) всех соединений, образующихся между компонентами системы, взяты из справочных данных [1-4]. В случае отсутствия значений стандартной энергии Гиббса, для любого соединения при любой температуре ее можно определить, используя известное уравнение Гиббса-Гельмгольца при

известных ΔH^0 и ΔS^0 (индекс Т указывает на температурную зависимость) [4]:

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - T\Delta S_T^0 \quad (1)$$

По уравнению Хиза были определены относительные объемы квазисистем. Критерием месторасположения заданного состава расплавов в одну из квазисистем, являются положительные величины n-го количества вторичных компонентов, определенного политопы, рассчитанных по уравнению Хиза.

Перечень и количество частных подсистем четырехкомпонентной системы Mn–Ca–Si–Al приведен в таблице 1.

Диаграмма фазовых равновесий в системе Mn–Si была предметом исследований во многих работах. В наиболее полном и достоверном варианте она представлена в [1, 2]. В этой системе имеются четыре твердых раствора кремния на основе аллотропных форм марганца (α -Mn), (β -Mn), (γ -Mn) и (δ -Mn), две фазы с областью гомогенности R-фаза и V-фаза, а также силициды: Mn_9Si_2 , Mn_3Si , Mn_3Si_2 , Mn_3Si_3 , $MnSi$, $Mn_{1,75-x}Si$ и $Mn_{11}Si_{19}$ ($Mn_{1,72}Si$), конгруэнтно из всех силицидов марганца плавится только Mn_3Si_3 и $MnSi$.

Диаграмма состояния системы Mn–Al рассмотрена в работе [2]. В этой системе обнаружен и идентифицирован ряд фаз. В работах [5-6] отмечают, что в системе Mn–Al существуют три фазы с более низким содержанием алюминия, чем в MnAl. Состав одной из этих фаз близок к стехиометрическому Mn_2Al . В данной системе конгруэнтно плавящихся соединений не установлено. Далее применяя геометрические закономерности диаграмм состояния, была осуществлена разбивка системы Mn–Si–Al на треугольники равновесных вторичных компонентов Mn_3Si_3 и $MnSi$ (рис. 1).

В системе Ca–Mn марганец и кальций не образуют соединений. Поэтому триангуляция подсистемы Mn–Al–Ca

Таблица 1

Перечень и количество частных систем в четырехкомпонентной системе Mn–Ca–Si–Al

компонентов	Число		Системы
	компонентов	СИСТЕМ	
1		4	Mn; Ca; Si; Al
2		6	Mn–Si; Mn–Al; Mn–Ca; Al–Si; Si–Ca; Al–Ca
3		4	Mn–Si–Al; Mn–Si–Ca; Mn–Al–Ca; Al–Ca–Si
4		1	Mn–Ca–Si–Al

Таблица 2

Элементарные треугольники

Трехкомпонентные системы			
Mn–Si–Al	Mn–Si–Ca	Mn–Al–Ca	Si–Al–Ca
Элементарные треугольники			
1. Mn–Mn ₅ Si ₃ –Al 2. MnSi–Mn ₅ Si ₃ –Al 3. MnSi–Si–Al	4. Mn–CaSi–Ca 5. Mn–CaSi–CaSi ₂ 6. Mn–CaSi ₂ –Mn ₂ Si ₅ 7. MnSi–Mn ₅ Si ₃ –CaSi ₂ 8. MnSi–CaSi ₂ –Si	9. Mn–Al ₂ Ca–Al 10. Mn–Al ₂ Ca–Ca	11. Al–CaSi ₂ –Si 12. Al–Al ₂ Ca–CaSi ₂ 13. CaSi ₂ –Al ₂ Ca–CaSi 14. Al ₂ Ca–CaSi–Ca

Таблица 3

Координаты фаз для четырехкомпонентной системы Mn–Ca–Si–Al

№	Соединения	Координаты, масс. %			
		Mn	Ca	Al	Si
1	Mn	100	0	0	0
2	Ca	0	100	0	0
3	Al	0	0	100	0
4	Si	0	0	0	100
5	MnSi	66,27	0	0	33,37
6	Mn ₅ Si ₃	76,6	0	0	23,4
7	CaSi	0	58,82	0	41,18
8	CaSi ₂	0	41,67	0	58,33
9	Al ₂ Ca	0	42,56	57,44	0

Таблица 4

Перечень тетраэдров системы Fe–Ca–Si–Al

№ тетраэдра	Тетраэдры	Элементарные объемы
1	Al–CaSi ₂ –Si–MnSi	0,161255
2	Al–CaSi ₂ –MnSi–Mn ₅ Si ₃	0,025136
3	Al–Mn ₅ Si ₃ –CaSi ₂ –Mn	0,570813
4	Mn–Ca–CaSi–Al ₂ Ca	0,138125
5	Mn–CaSi ₂ –Al ₂ Ca–CaSi	0,057524
6	Mn–CaSi ₂ –Al ₂ Ca–Mn ₅ Si ₃	0,032705
7	Mn ₅ Si ₃ –CaSi ₂ –Al ₂ Ca–MnSi	0,014438
	Сумма	1

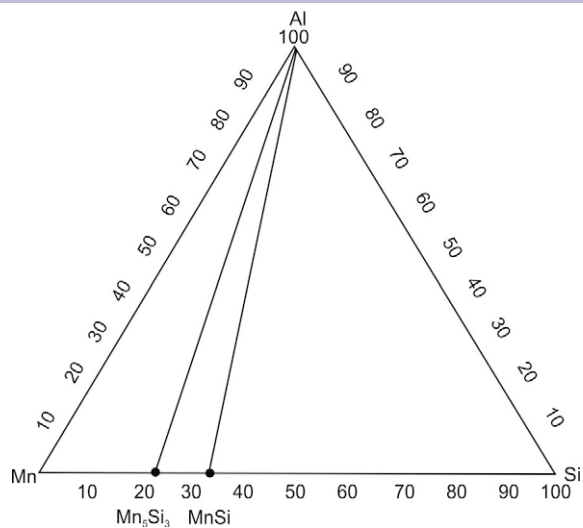


Рис. 1 – Конгруэнтные соединения системы Mn-Si-Al

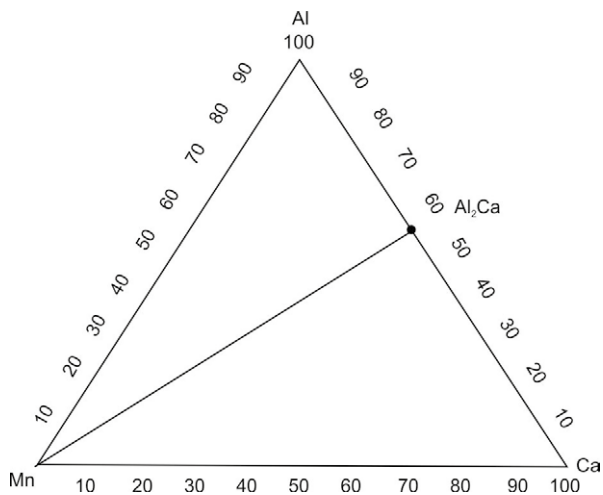


Рис. 2 – Конгруэнтные соединения системы Mn-Al-Ca

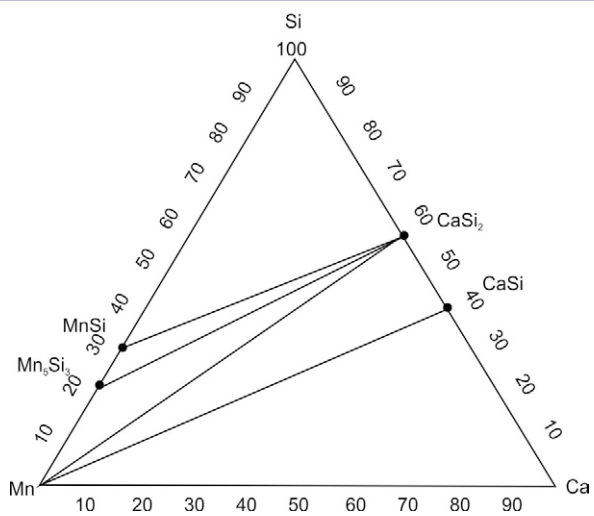


Рис. 3 – Конгруэнтные соединения системы Mn-Si-Ca

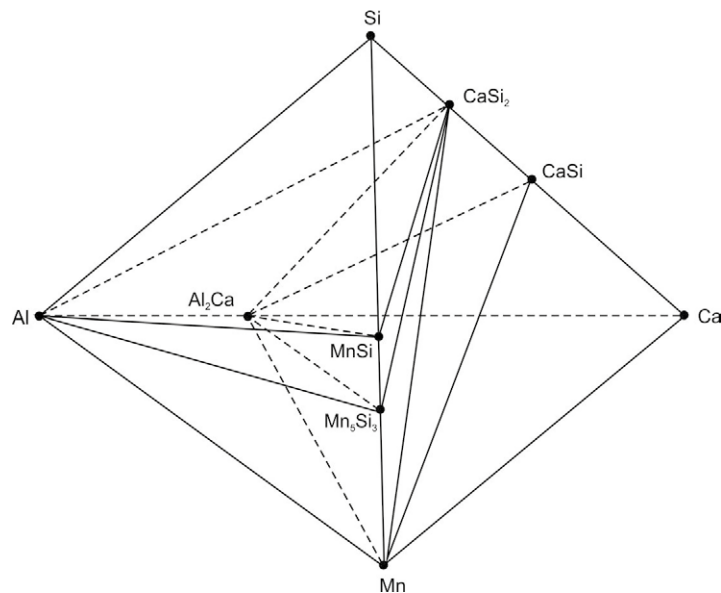


Рис. 4 – Диаграмма фазового состава конгруэнтных соединений четырехкомпонентной системы Mn–Ca–Si–Al

осуществляется проведением коннод Mn–Al₂Ca (рис. 2) в силу равновесного сосуществования соединений на вершине и противоположной стороне симплекса.

Триангуляция системы Mn–Si–Ca при большей термодинамической прочности силицидов кальция в сравнении с силицидами марганца согласно источнику [5] представлена на рисунке 3.

Внутренние конноды общей системы Mn–Ca–Si–Al проведены исходя из сосуществования силицидов кальция и марганца с алюминидом кальция Al₂Ca. Элементарные треугольники приведены в таблице 2. Координаты фаз для четырехкомпонентной системы Mn–Ca–Si–Al в таблице 3.

В итоге, рассмотрев аналогичным методом фазовые треугольники четырех тройных подсистем, вывели диаграмму фазового состава системы Mn–Ca–Si–Al (рис. 4).

Таким образом, изученные фазовые равновесия четверной металлической системы Mn–Ca–Si–Al, моделирующей составы различных марок кальцийсодержащего ферросплава, позволили установить, что она состоит из 7 элементарных тетраэдров: 1 – Al–CaSi₂–Si–MnSi; 2 – Al–CaSi₂–MnSi–Mn₃Si₃; 3 – Al–Mn₃Si₃–CaSi₂–Mn; 4 – Mn–Ca–CaSi–Al₂Ca; 5 – Mn–CaSi₂–Al₂Ca–CaSi; 6 – Mn–CaSi₂–Al₂Ca–Mn₃Si₃; и 7 – Mn₃Si₃–CaSi₂–Al₂Ca–MnSi.

Разбивка общей системы осуществлена с учетом конгруэнтных соединений. Сумма относительных объемов элементарных тетраэдров в системе Mn–Ca–Si–Al равна единице (1), что подтверждает верность проведенной тетраэдрации (табл. 4).

Таким образом, проведенный термодинамически-диаграммный анализ позволил установить квазисистемы в четырехкомпонентной системе Mn–Ca–Si–Al, моделирующие составы образующихся металлических продуктов при выплавке различных в процессе восстановления марганца и кальция из отвальных марганцевых шлаков, а также кремния и алюминия из золы высокозольного угля.

Анализируя тетраэдры четырехкомпонентной системы Mn–Ca–Si–Al можно заключить, что в системах образуются 7 элементарных тетраэдров.

Балансовое уравнение для тетраэдра Al–Mn₃Si₃–CaSi₂–Mn в системе Mn–Ca–Si–Al можно выразить следующим образом:

$$\text{Mn}_0 = 0,766 \cdot \text{Mn}_3\text{Si}_3 + 1\text{Mn}; \quad (2)$$

$$\text{Ca}_0 = 0,4167 \cdot \text{CaSi}_2; \quad (3)$$

$$\text{Si}_0 = 0,234 \cdot \text{Mn}_3\text{Si}_3 + 0,5833 \cdot \text{CaSi}_2; \quad (4)$$

$$\text{Al}_0 = 1\text{Al}. \quad (5)$$

Таким образом, вышеперечисленный тетраэдр в системе Mn–Ca–Si–Al характеризуют конечный фазовый состав кальцийсодержащего ферросплава полученного из отвального металлургического шлака и высокозольного угля.

Представленные результаты получены в ходе выполнения научно-технической программы № BR05236708 «Научно-технологическое обоснование расширения сырьевой базы ферросплавной отрасли за счет вовлечение в технологические процессы слабококсуемых энергетических углей и техногенных отходов с целью получения новых материалов многоцелевого назначения», в рамках договора на Программно-целевое финансирование на 2018-2020 гг. с КН МОН РК.

Литература

- 1 Глушко В. П. Термодинамические константы веществ. – М.: Академия Наук СССР, 1974 – Ч. 1. Вып. VII – 343 с.
- 2 Глушко В. П. Термодинамические константы веществ. – М.: Академия Наук СССР, 1972 – Ч. 1. Вып. VI – 370 с.
- 3 Глушко В. П. Термодинамические константы веществ. – М.: Академия Наук СССР, 1970 – Ч. 1. Вып. IV – 510 с.
- 4 Глушко В. П. Термодинамические константы веществ. – М.: Академия Наук СССР, 1971 – Вып. VII – 530 с.
- 5 Морачаевский А. С., Сладков И. В. Термодинамические расчеты в металлургии. Справочник – М.: Металлургия, 1985 – 137 с.
- 6 Шанк Ф. Структуры двойных сплавов. Справочник / Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1973 – 760 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ШИХТЫ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ПРОППАНТОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

- Методами математического моделирования рассчитано оптимальное соотношение ошихтованных материалов для получения среднеплотных магниезиальных проппантов.
- Бұл жұмыста математикалық модельдеу әдістерін қолдана отырып, калибрленген материалдардың оңтайлы арақатынасы орташа тығыздықтағы магниезиальқ проппанттарды алу үшін есептелінді.
- In this work, using the methods of mathematical modeling, the optimal ratio of calibrated materials was calculated to obtain medium-density magnesian proppants.

В последнее десятилетие все больший интерес у потребителей вызывают среднеплотные и среднепрочные магниезиальные проппанты, производимые из природного магнийсодержащего сырья на основе серпентинита и каолиновых глин взятых с конкретного месторождения [1, 2]. Наиболее предпочтительным способом регулирования плотности подобных проппантов является варьирование состава исходной шихты с использованием средств вычислительной техники, которые позволяют решать многие производственные задачи методом математического моделирования. Компьютерные модели, построенные на основании фактора случайности, позволяют достаточно полно описать структуру композитного материала, учитывая хаотичный характер распределения структурных элементов в объеме материала, что обосновывает подход к их изучению с позиций теории вероятностей и математической статистики [3, 4].

Планирование экспериментов заключается в выборе возможно меньшего числа опытов, проводимых так, чтобы их результаты давали большую информацию об изучаемом объекте. Построение функциональных моделей экспериментальных зависимостей свойств магниезиальных проппантов от его состава включает в себя этапы определение основного исходного состава смеси, выбор интервалов варьирования факторов, обработку результатов эксперимента с построением математических моделей зависимостей свойств шихтовой смеси и связующих компонентов от выбранных факторов [5, 6].

Наиболее эффективным методом проектирования оптимального соотношения различных компонентов известного фракционного состава и приближения гранулометрического состава смеси к эталонной кривой распределения является метод сложения эмпирических распределений частиц исходных компонентов с возможностью изменения их объемных (или массовых) долей в смеси [7, 8].

Для описания плотных полидисперсных упаковок частиц в ограниченном объеме применяются известные эталонные гранулометрические кривые – Фуллера, Боломея, Гуммеля, Функа-Дингера, Компьютерным моделированием с помощью программы «Грануметрик 5.0» и экспериментальной проверки модельных минеральных смесей установлено, что наибольшей плотностью упаковки отличаются полидисперсные составы, рассчитанные по формуле 1 «идеальных» гранулометрических кривых Функа-Дингера учитывающих коэффициент формы зерен α [9]:

$$\frac{G_{np}}{100} = \alpha + (1 - \alpha) \frac{X^n - D_{min}^n}{D_{max}^n - D_{min}^n}, \quad (1)$$

где G_{np} – проход частиц, %, через сито размером X , мм; D_{max} – наибольшая крупность зерна в смеси, мм; D_{min} – наименьшая крупность зерна в смеси, мм; n – коэффициент распределения.

Коэффициент α оказывает особое влияние на системы с прерывистой гранулометрией. К примеру, для двухфракционных систем значение коэффициента α составляет 0,1. Расчет зернового состава двухфракционной песчаной смеси по уравнению Функа-Дингера с соблюдением данного условия соответствует экспериментально найденным соотношениям фракционного состава модельной двухфракционной смеси.

Для изучения возможного распределения составляющих материала при разном соотношении использовали интегрированную систему программы математического моделирования с получением оптимального состава ошихтованных материалов. Выбор эталонной функции распределения осуществляется на основании теоретически обоснованных методик, базирующихся на теории упаковок дискретных систем или других научных теорий, учитывающих закономерности формирования структуры гранулированных материалов.

Объемные доли компонентов исходного состава V_{oi} вычисляются по формуле 2:

$$V_{oi} = 100 \cdot \left(\frac{M_{oi}}{\rho_i} \right) / \sum_{i=1}^{N_i} \left(\frac{M_{oi}}{\rho_i} \right), \quad (2)$$

где M_{oi} – исходные массовые доли, %; ρ_i – плотность зерен исходных компонентов.

В цикле рассчитываются расхождения между интегральными кривыми проектируемого и эталонного составов по каждому типоразмеру частиц по формуле 3:

$$\Delta A_j = [A_j - A_{kj}], \quad (3)$$

где A_j – полный проход зерна эталонного состава через условное j -е сито, %; A_{kj} – полный проход зерна скорректированного состава через условное j -е сито, %.

Далее определяется наибольшее значение величины расхождения ΔA_{max} путем последовательного сравнения величин ΔA_j . Верхняя граница коридора расхождения кривых расчи-

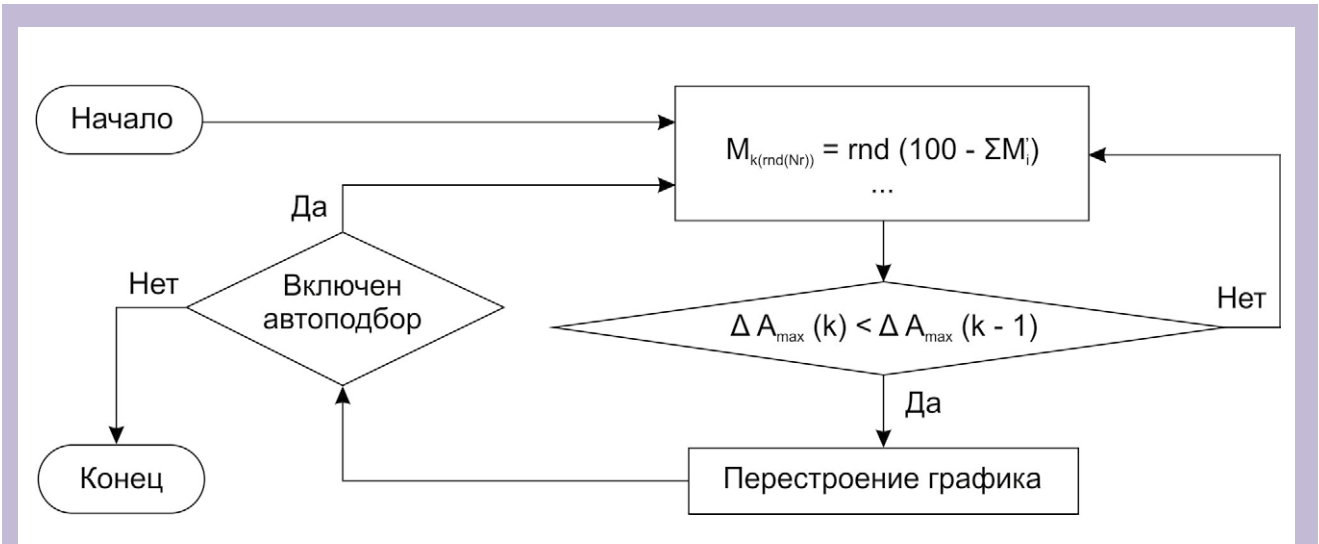


Рис. 1 – Процесс математического моделирования

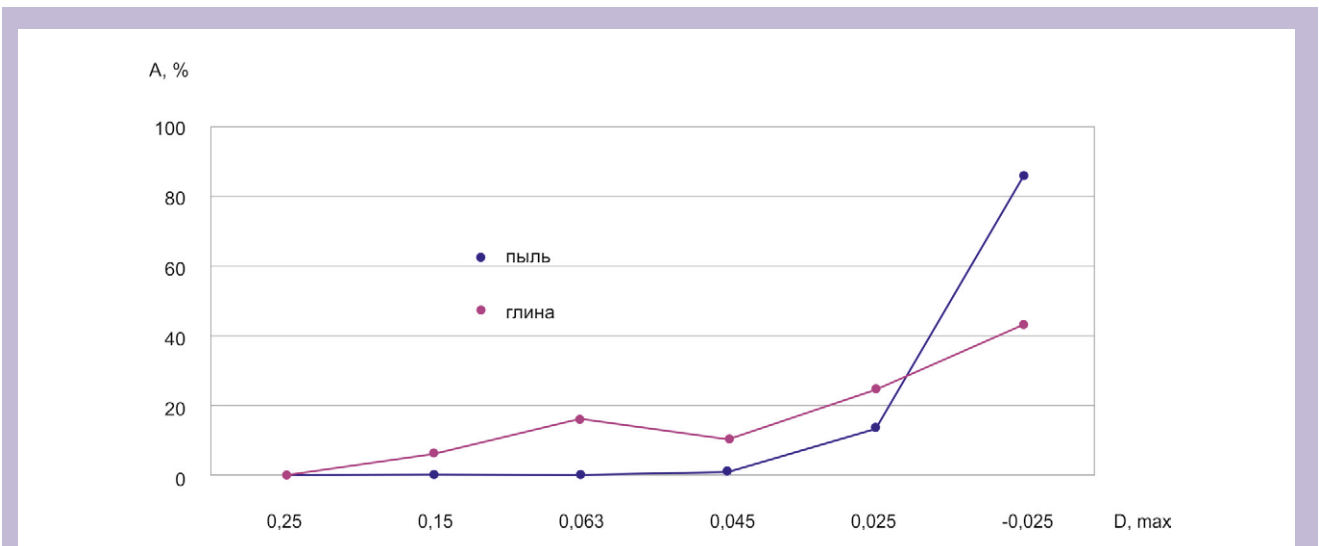


Рис. 2 – Гранулометрический состав пыли рукавного фильтра (серпентинит) и глины месторождения «Кундыбай»

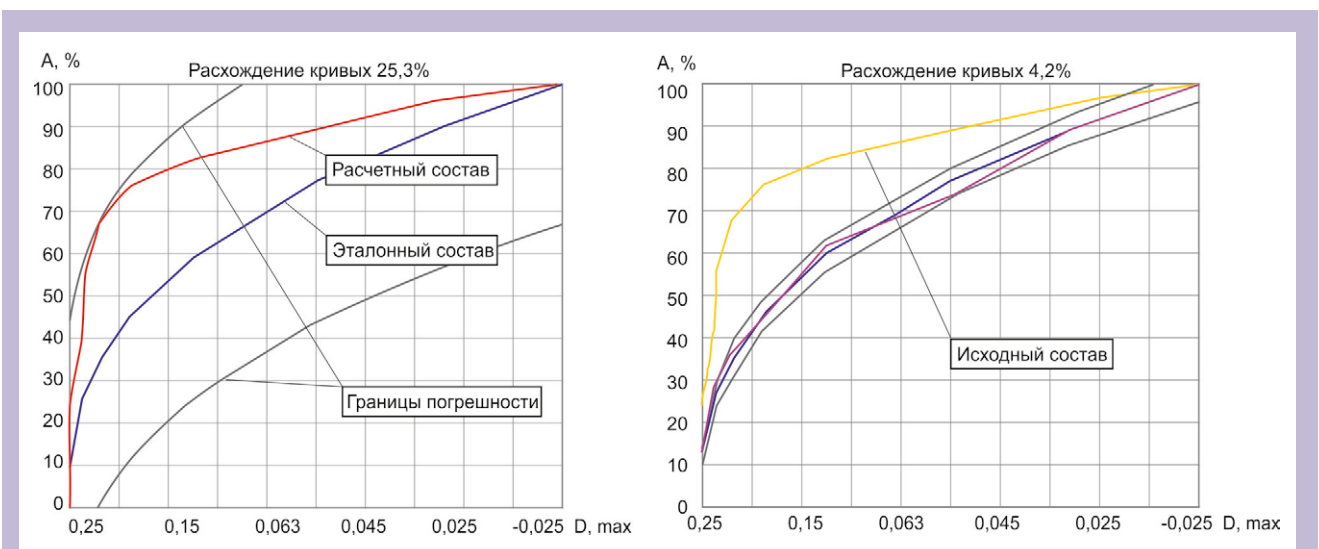
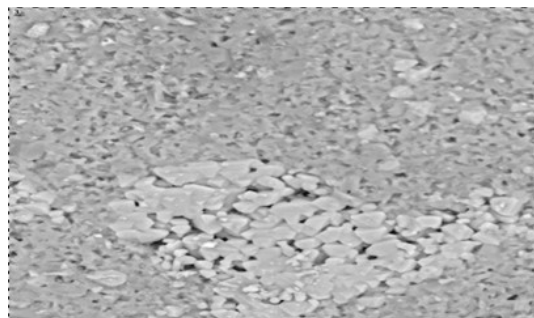


Рис. 3 – Расчетный график гранулометрического суммарного зернового состава шихты



a)



b)

a) 120-кратное увеличение b) 2500-кратное увеличение
Рис. 4 – Внешний вид полученных проппантов

тывается прибавлением величины ΔA_{\max} к ординатам кривой эталонного состава, а нижняя граница коридора расхождения, соответственно, вычитанием величины ΔA_{\max} от ординат кривой эталонного состава.

В целом программирование математического процесса моделирования представлено на рисунке 1.

В качестве основного критерия оптимальности в такой задаче рассматривается величина расхождения рассчитанного гранулометрического состава смеси компонентов и эталонного гранулометрического состава, выраженного оптимальной кривой распределения.

В работе рассмотрена оптимизация состава шихты, предназначенной для получения магниезильных проппантов, из отходов хризотил-асбестового производства АО «Костанайские минералы» – хвостов обогащения Житикаринского месторождения, а именно пылей рукавного фильтра (ПРФ) и каолиновой глины кор выветривания месторождения «Кундыбай».

Для нахождения оптимального соотношения различных компонентов в шихте изучали распределения исходных материалов: ПРФ и глины месторождения «Кундыбай» по крупности. Полученные данные гранулометрического состава исходных материалов приведены на рисунке 2.

Методологическая основа задачи оптимизации сырьевой смеси сводится к критериям выбора эталонного зернового состава с учетом аспектов пространственной упаковки частиц и их влияния на структурную топологию рассматриваемого гранулированного материала. Во время выполнения процедуры автоматического подбора оптимальных пропорций гранулометрического состава шихты подбираются массовые доли исходных компонентов таким образом, чтобы суммарное фракционное распределение смеси приближалось к заданному эталону (рис. 3).

Хорошо видно, что до запуска процедуры автоматического подбора массовых долей исходных компонентов состава смеси, расхождение кривых гранулометрического суммарного зернового состава шихты при случайном выборе (в нашем случае 50 / 50) с оптимальным составом составляет 25,3 % (рис. 3а). После нескольких итераций автоматического подбора оптимального соотношения массовых долей исходных компонентов расхождение кривых составляет 4,2 % (рис. 3б).

Рассчитанный на основе математического моделирования оптимальный состав ошихтованных компонентов для получения магниезильных проппантов из ПРФ и глины месторождения «Кундыбай» составляет 63,3 / 36,7с содержанием 80 % частиц фракции – 0,025. Приготовленная на основании этих параметров шихта подвергалась предварительному отжигу, измельчению обожженного продукта, гранулированию с добавками связующих материалов и окончательному обжигу.

Внешний вид произведенных гранул проппантов, полученный на оптическом и на сканирующем электронном микроскопе PhenomProX приведен на рисунке 4.

На фото видно, что гранулы имеют достаточно сферичную форму и упакованы плотно без каких-либо пор и трещин, что говорит о возможном использовании их в качестве расклинивающих агентов при добыче нефти или газа методом гидравлического разрыва пласта.

Таким образом, с помощью математического моделирования «Грануметрик 5.0» был рассчитан оптимальный состав ошихтованных материалов для получения магниезильных проппантов. При этом учитывались задачи оптимизации сырьевой смеси, аспекты пространственной упаковки частиц и их влияние на структурную топологию рассматриваемого гранулированного материала. На основе математического моделирования процесса шихтовки получено соотношение пыли рукавного фильтра и глины месторождения «Кундыбай» 63,3 / 36,7 с содержанием 80 % частиц фракции – 0,025, что является оптимальным для производства проппантов.

Литература

- 1 Усова З. Ю. Керамический проппант с низкой плотностью // Современные техника и технологии: Труды XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Томск, 18-22 апреля 2011. – Томск: Изд. ТПУ, 2011 – С. 247-248.
- 2 Luscher W. G., Hellmann J. R и др. Strength Enhancement of Aluminosilicate Aggregate through Modified Thermal Treatment // Int. J. Appl. Ceram. Technology, 2006 – Т. 3 – № 2 – С. 157-165.
- 3 Безручко Б. П., Смирнов Д. А. Математическое моделирование и хаотические временные ряды. – Саратов: ГосУНЦ «Колледж», 2005. – ISBN 5-94409-045-6.
- 4 Введение в математическое моделирование. Учебное пособие. Под ред. П. В. Трусова. – М.: Логос, 2004 – ISBN 5-94010-272-7.
- 5 Краснощечков П. С., Петров А. А. Принципы построения моделей. Издание второе, пересмотренное и дополненное – М.: ФАЗИС; ВЦ РАН, 2000 – 412 с. – (Математическое моделирование; Вып. 1). – ISBN 5-7036-0061-8.
- 6 Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2001. – ISBN 5-9221-0120-X.
- 7 Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: Учебник для вузов – 3-е изд., переработанное и дополненное – М.: Высшая школа, 2001. – 343 с. – ISBN 5-06-003860-2.
- 8 Цымбал Б. П. Математическое моделирование сложных систем в металлургии. – Кемерово-Москва: Российские университеты, Кузбассвузиздат – АСТШ, 2006. – ISBN 5-202-00925-9.
- 9 Расчетно-математический инструмент для проектирования зернового состава сырьевой смеси строительного композиционного материала «Granumetric 5.0». – Режим доступа: <https://www.sunspire.ru/products/>.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КАРАМОЛА»

- В работе представлены физико-механические свойства руды месторождения «Карамола». Были определены насыпной вес, угол естественного откоса, плотность, пористость, влажность и коэффициент крепости марганцевой руды. Коэффициент крепости был определен по отношению работы, затраченной на дробление минерального сырья, к площади вновь образованной при дроблении поверхности, которую оценивают суммарным объемом частиц крупностью минус 0,5 мм. Проба руды в соответствии с классификацией горных пород по крепости (шкала М. М. Протодеяконова) относится к категории пород крепкие.
- Ұсынылған жұмыста Қарамола кенорны марганец кенінің физика-механикалық қасиеттері зерттелді. Қарамола кенорны марганец кенінің үйме салмағы, табиғи құлама бұрышы, тығыздығы, кеуектілігі, ылғалдылығы және беріктілік коэффициенті анықталды. Беріктілік коэффициенті ірілігі минус 0,5 мм бөлшектердің жалпы көлемімен бағаланатын минералды шикізатты ұсатуға жұмсалған жұмыстың ұсату кезінде жаңадан пайда болған беттің ауданына жұмсалған жұмысқа қатынасымен анықталды.
- In this paper, the physical and mechanical properties of the ore of the Karamola Deposit are studied. The bulk weight, angle of natural slope, density, porosity, humidity, and strength coefficient of manganese ore from the Karamola Deposit were determined. The strength coefficient was determined in relation to the work spent on crushing mineral raw materials to the area of the newly formed surface during crushing, which is estimated by the total volume of particles with a size of minus 0.5 mm. Ore sample in accordance with the classification of rocks by fortress (scale of M. M. Protodyakonov) it belongs to the category of strong breeds.

Работа выполнена в рамках государственного заказа на реализацию научного и (или) научно-технического проекта по бюджетной программе Министерства образования и науки Республики Казахстан (AP08052565).

Изучение физико-механических свойств горных пород имеет особое значение в технологических процессах горнорудной промышленности, определяет технико-экономические и механические показатели процесса проектирования конструктивных параметров машин во всех отраслях производства горной промышленности – от разведки месторождений полезных ископаемых до их обогащения. Плотность, влажность и насыпной вес руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов рудных месторождений [1, 2].

Физико-механические свойства руды зависят от свойств рудовмещающих пород и степени их насыщенности рудной минерализацией.

В работе представлены результаты исследований физико-механических свойств руды месторождения «Карамола».

Определение плотности (удельного веса)

Для определения истинной плотности используют пикнометрический метод [3, 4]. Он распространяется на минеральные руды, концентраты, окатыши, продукты их переработки и шихтовые материалы.

Пикнометрический метод основан на измерении массы пикнометра, наполненного жидкостью, при замене части этой жидкости навеской определенного материала.

Основной прибор для определения истинной плотности – стеклянный пикнометр вместимостью 50 миллилитров.

Перед испытанием определяют вместимость пикнометра. Для этого предварительно отмытый и высушенный пикнометр заполняют дистиллированной водой до метки, вытирают насухо и определяют массу пикнометра с водой.

От высушенной в сушильном шкафу до постоянной массы представительной пробы отбирают навеску массой примерно 14 граммов (объемом примерно 25 % объема пикнометра) крупностью –0,16 миллиметра и снова взвешивают, после доливают примерно 1/3 объема дистиллированной воды и помещают его в эксикатор на 30 минут для удаления пузырьков воздуха. Затем пикнометр доливают вакуумированной дистиллированной водой до уровня метки, вытирают насухо и еще раз взвешивают.

Плотность определяется по формуле:

$$\delta = \frac{(A - B) \cdot \rho_{\text{ж}}}{(C + A) - (D + B)}, \quad (1)$$

где δ – плотность, г/см³; А – масса пикнометра с навеской, г; В – масса пустого пикнометра, г; С – масса пикнометра с водой, г; D – масса пикнометра с водой и навеской, г; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность воды = 1 г/см³.

Вычисляют среднее арифметическое результатов испытаний трех навесок.

Плотность равна 3,03 г/см³.

Определение насыпного веса (насыпной плотности) на классе крупности –2 + 0 мм

Для определения насыпного веса берут любой тарированный сосуд, объемом А и весом P_0 . Сосуд наполняется материалом с плотностью до краев при встряхивании сосуда (постукиванием дном об стол). Избыток удаляется сверху линейкой или стеклянной палочкой.

Насыпной вес определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{P_1 - P_0}{A}, \quad (2)$$

где Δ – насыпной вес, г/см³; P_0 – вес сосуда, г; P_1 – вес сосуда с рудой, г; А – объем сосуда, см³.

Насыпной вес равен 2,06 г/см³.

Определение угла естественного откоса

На горизонтальную поверхность устанавливают металлический цилиндр без дна, заполняют отобранной пробой. Цилиндр медленно поднимают до полного высыпания пробы.

Угол естественного откоса руды равен:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{2H}{D}, \quad (3)$$

где Н – высота, образовавшегося конуса, м; D – диаметр конуса, м; $\theta = 31^\circ$.

Определение пористости

Пористость определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений плотности и насыпного веса.

Физико-механические свойства марганцевой руды месторождения «Карамола»

Показатели	Единица измерения	Значения
Плотность	г/см ³	3,03
Насыпной вес	г/см ³	2,06
Пористость	%	32
Угол естественного откоса	Градус	31
Влажность	%	0,8
Коэффициент крепости по шкале М. М. Протоdjяконова		17,71

Пористость определяют [5] по формуле:

$$П = \frac{\delta - \Delta}{\delta}, \tag{4}$$

где П – пористость, %; δ – плотность, 3,03 г/см³; Δ – насыпной вес, 2,06 г/см³.

Пористость равна 32%.

Определение влажности

Массовую долю влаги в минеральном сырье обычно определяют высушиванием пробы в сушильном шкафу при температуре (105 ± 5) °С до постоянной массы [6, 7]. Пробу считают высушенной до постоянной массы, если относительное расхождение между двумя последующими взвешиваниями составляет не более 0,05 %.

Подготовку и отбор пробы для определения массовой доли влаги производят в соответствии с общими требованиями.

Навеску для определения массовой доли влаги насыпают ровным слоем в предварительно очищенный и высушенный противень и взвешивают. Затем противень с навеской помещают в нагретый до (105 ± 5) °С сушильный шкаф. По истечении 1 часа противень с навеской вынимают из сушильного шкафа, взвешивают и повторяют высушивание до постоянной массы. Каждое последующее взвешивание производят после высушивания навески в течение 30 минут.

Массовую долю влаги определяют по формуле:

$$W = 100 \% \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m}, \tag{5}$$

где m₁ и m₂ – масса сосуда с навеской соответственно до и после высушивания, г; m – масса сосуда, г; W – влажность, %.

Массовую долю влаги определяют как среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Массовая доля влаги равна 0,8 %.

Определение коэффициента крепости пробы руды по шкале М. М. Протоdjяконова

Для оценки относительной сопротивляемости горных пород разрушению при разведке, добыче и переработке минерального сырья в горной промышленности пользуются коэффициентом и шкалой крепости, предложенным профессором М. М. Протоdjяконовым [3, 5].

Коэффициент крепости в соответствии с действующим ГОСТом 21153.1-75 определяют по отношению работы, затраченной на дробление минерального сырья, к площади вновь образованной при дроблении поверхности, которую оценивают суммарным объемом частиц крупностью –0,5 миллиметра.

Для определения коэффициента крепости горных пород применяют прибор ПОК.

Обработанную пробу раскалывают молотком на твердом основании на мелкие кусочки размером 20-40 миллиметров. На одну навеску подготавливают 6-10 кусочков из расчета, чтоб они разместились на дне испытательного стакана в один слой. Число кусочков должно быть достаточным для 5 навесок.

На дно стального стакана укладывают приготовленные для испытания кусочки в воздушно-сухом состоянии с таким расчетом, чтобы дно было равномерно покрыто одним слоем испытуемой пробы. Затем стакан с навеской устанавливают на металлическую плиту. Дробят навеску, сбрасывая гирию с высоты 0,6 метра. Число сбрасываний может быть различным в зависимости от крепости сырья, чтобы объем мелочи образовавшейся в результате дробления составлял около 20 % навески. После дробления каждую навеску просеивают через сито. Объем образовавшейся мелочи измеряют с помощью объемомера.

Коэффициент крепости минерального сырья определяется по формуле:

$$f = \frac{20 \times n}{h}, \tag{6}$$

где f – коэффициент крепости; 20 – эмпирический числовой коэффициент, обеспечивающий получение общепринятых значений коэффициента крепости, учитывающий затраченную на дробление работу; n – число сбрасываний гири при испытании одной навески; h – высота столбика мелкой фракции после испытания пяти навесок, мм.

Коэффициент крепости пробы руды по М. М. Протоdjяконову составил 17,71.

Проба руды в соответствии с классификацией горных пород по крепости (шкала М. М. Протоdjяконова) относится к категории крепких пород [7].

Полученные данные изучения физико-механических свойств руды месторождения «Карамола» приведены в таблице.

Заключение

Физико-механические свойства на пробе марганцевой руды месторождения «Карамола» определены по методикам и в соответствии действующих ГОСТов.

Определенные физико-механические свойства будут использованы при проектировании обогатительной фабрики по переработке марганцевой руды месторождения «Карамола» (при расчетах оборудования, схем обогащения).

Литература:

- 1 Барон Л. И. Горнотехнологическое породоведение. Предмет и способы исследования – М.: Наука, 1977.
- 2 Танайно А. С. О классификации горных пород по буримости. Каноническое представление показателей свойств горных пород в классификации сопротивляемости их разрушению // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2008. № 6 – С. 86-104.
- 3 Справочник. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования. Под редакцией д. т. н. Остапенко П. Е. – М.: Недра, 1990.
- 4 Митрофанов С. И., Барский Л. А., Самыгин В. Д. Исследования руд на обогатимость. – М.: Недра, 1974.
- 5 ГОСТ 8269.0-97. Определение влажности.
- 6 ГОСТ 21153.1-75 Горные породы. Метод определения коэффициента крепости по Протоdjяконову М. М. – М., 1975.
- 7 Справочник по обогащению руд. Том I. Под редакцией Богданова О.С. – М.: Недра, 1992.

АДСОРБЦИОННАЯ ИММОБИЛИЗАЦИЯ КЛЕТОК МИКРООРГАНИЗМОВ НА МИНЕРАЛЬНЫХ НОСИТЕЛЯХ

- В работе приведены результаты лабораторных работ по определению эффективности адсорбирующей иммобилизации природных минералов в качестве носителей микроорганизмов деструкторов. Консорциум микроорганизмов штаммов *Dietziamaris* был иммобилизован на минералы керамзит и цеолит. Согласно расчетным результатам, высокий показатель сорбционной емкости показал сорбент цеолит.
- Осы жұмыста табиғи минералдардың адсорбциялық иммобилизациясының тиімділігін анықтау бойынша зертханалық жұмыстардың нәтижелері келтірілген. *Dietzia maris* штамдарынан құралған микроорганизмдер консорциумы керамзит және цеолит минералдарына иммобилизацияланды. Есептік нәтижелерге сәйкес, адсорбцияның жақсы көрсеткішін цеолит сорбенті көрсетті.
- This paper presents the results of laboratory work to determine the effectiveness of adsorbing immobilization of natural minerals as carriers of destructor microorganisms. A consortium of microorganisms of *Dietzia maris* strains was immobilized on the minerals haydite and zeolite. According to the calculated results, the zeolite sorbent showed a good adsorption rate.

Проблема ликвидации нефтяного загрязнения с поверхности почвы в настоящее время обладает важное экономическое и экологическое значение в связи с участвующими аварийными ситуациями, особенно в районах добычи углеводородного сырья. В настоящее время среди компаний, которые занимаются переработкой нефтяных отходов наиболее популярным способом является управляемый биологический метод биоремедиации, в основе которого лежат микроорганизмы способные употреблять в качестве источника питания углеводороды нефти. Использование микроорганизмов с иммобилизацией на различных носителях дает возможность удалить нефть и нефтепродукты до фоновых значений при низких эксплуатационных затратах и простоте решений.

Известны разнообразные методы очистки почвы от нефти и нефтепродуктов, в том числе и с применением разнообразных сорбентов искусственного и естественного происхождения. К искусственным относятся сорбенты полиуретана, карбамидных и фенольных смол. К природным сорбентам относятся торф, зола, уголь, цеолит, вермикулит, породы шунгита, керамзит и т. д. [1].

В последнее время в процессах биоремедиации все чаще используют методы иммобилизации. Иммобилизация – это ограничение подвижности, закрепление на носителе с сохранением их жизнеспособности и каталитических функции. Процесс иммобилизации значительно снижает затраты на процессы биоремедиации и повышает эффективность биоочистки [2].

Процесс прикрепления микроорганизмов к твердой поверхности обозначают термином «адсорбция микроорганизмов». Данный подход к изучению взаимодействия микробных клеток с твердыми поверхностями является весьма обещающим и дает хорошие результаты, поскольку метод адсорбции является одним из наиболее простых и доступных способов иммобилизации микробных клеток. Одними из перспективных сорбентов для иммобилизации являются природные минералы – цеолиты и керамзит, обладающие механической прочностью, достаточной проницаемостью субстрата [3, 4]. Также немаловажно, что месторождения данных минералов находятся на территории Казахстана. Однако в настоящее время использованию данных минералов для иммобилизации клеток уделяется недостаточное внимание.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы является исследование сорбционной емкости природных мине-

ралов цеолита и керамзита по отношению к клеткам штаммов *Dietziamaris*.

Методы и объекты исследования

Объектом для проведения эксперимента служит консорциум штаммов *Dietziamaris U2.1*, *Dietziasp U2.6*, *Dietziasp MB3*, *Dietziamaris KU1*, культивированный в сухой питательной среде и на питательном агаре. Взятые для эксперимента сорбенты характеризовались следующими физическими, химическими и биологическими свойствами:

– цеолит (клиноптилолит) – минерал, кристаллы которого пронизаны системой каналов или полостей, обладают хорошо развитой внутренней поверхностью. Такое строение позволяет цеолитам избирательно сорбировать молекулы, например, галогенированных галогенов, компоненты сточных и питьевых вод, то есть играть роль молекулярных сит. В дегидратированном состоянии эти минералы сорбируют аммоний, спирт, нитраты и другие вещества. Размеры каналов достаточны для проникновения в них органических молекул и катионов, а суммарный объем их вместе с порами достигает 50 %. Свойства цеолитов – распространенность, доступность, дешевизна, возможность неоднократного применения. Ионообменная емкость цеолитов – один из основных параметров, характеризующих их сорбционные и технологические свойства. Максимальная ионообменная емкость соответствует полному замещению одного иона другим во всех кристаллических позициях, что соответствует максимальной сорбционной способности цеолита;

– керамзит. Керамзит производится из глины путем высокотемпературного обжига, проводимого на специализированных предприятиях. Наружная поверхность глиняных конгломератов оплавляется, что обеспечивает ее гладкость и специфичную окраску. Образование пористой структуры происходит за счет газов, выделяющихся во время обжига. Гравий и щебень имеют размеры от 5 до 40 миллиметров, а керамзитовый песок представляет собой частицы менее 5 миллиметров. Мелкие дробленые фракции керамзита применяются в системах очистки (фильтрации) воды, а также как подсыпка в террариумах и аквариумах. Подобное использование является одним из свидетельств низких токсических качеств, позволяя поставить керамзиту «5» за экологичность [5].

Данные по адсорбции консорциума микроорганизмов на минеральных носителях

Вид сорбента	$d_{\text{фильтр}}$	$d_{\text{промыв}}$	$d_{\text{исход}}$	$d_{\text{сорб}}$	Концентрация клеток X, мг/мл	Адсорбция на носителе, мг/г
Цеолит	0,036	0,014	1,085	1,035	9,5603	19,6914
Керамзит	0,124	0,019	1,085	0,942	8,961	17,922

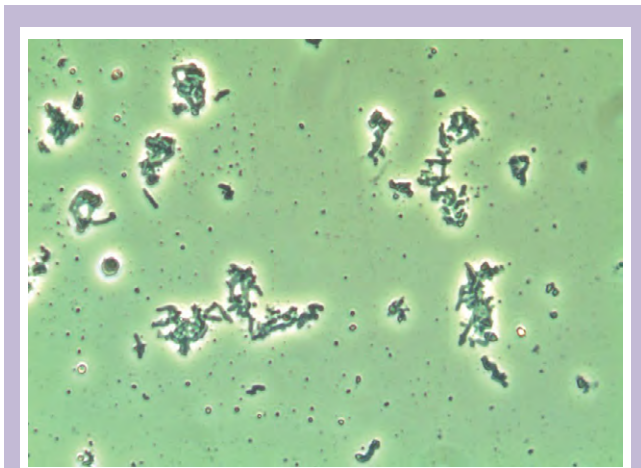


Рис. – Клетки штаммов Dietziamaris на плотной среде

Методика эксперимента

Приготовление носителей. Сорбенты (цеолит, керамзит) навешивали по 1 грамму и помещали в колбы объемом 250 мл.

После добавления 100 мл дистиллированной воды смесь стерилизовали 30 минут при 1 атм.

После процедуры стерилизации происходило высушивание в сушильном шкафу. Консорциум микроорганизмов 3 раза центрифугировали при скорости 4500 оборотов в минуту в течение 5 минут.

Оставшуюся жидкость после центрифуги слили в стерильную колбу и добавили 3 мл калий-фосфатный буферного раствора и 200 мл акриламида (1М раствор).

Измерили плотность суспензий микроорганизмов на спектрофотометре UNICO с использованием кюветов толщиной 0,5 см и длиной волны 540 нм. В одну кювету вводили буферный раствор в качестве контроля, а в другую 0,5 мл подготовленной суспензии и 3,5 мл буферного раствора. Результаты для двух отдельно приготовленных суспензий: $d_{\text{исход}} = 1,085$; $d_2 = 0,431$; $d_{\text{буфер}} = 0$.

Следующим этапом для определения количества сухих клеток в одном миллилитре суспензии три пробирки эппендорф взвешивали на аналитических весах, среднее значение их массы составило $m = 1,1953$.

Далее в пробирки вводили 2 мл суспензии и центрифугировали при 10 тысячах оборотов в минуту. Под силой тяжести клетки осели. Пробирки высушили в термостате при температуре 30 °C до постоянной массы. Также определялась масса пробирки с осадком на аналитических весах. Масса составила 1,1968 гр., оптическая плотность d_2 в 0,431 опт. ед. соответствует 0,41 мг сухих клеток в 1 мл суспензии [6].

Процесс адсорбции проводился в течение 25 минут на 10 мл суспензии с изучаемым адсорбентами (цеолитом, керамзитом) путем перемешивания на шейкере при 100 оборотах в минуту. После перемешивания сорбент отделили с помощью быстродействующего фильтра (красная лента).

Определили оптическую плотность отфильтрованной жидкости $d_{\text{фильтр}}$. После добавления калий-фосфатного буфера повторно фильтровали и также определяли оптическую плотность $d_{\text{промыв}}$.

Далее по формуле определяли адсорбцию клеток на носителе[7]:

$$X = [(d_{\text{сорб}} \cdot 0,41) / dZ] \cdot 10; \tag{1}$$

$$d_{\text{сорб}} = d_{\text{исход}} - (d_{\text{фильтр}} + d_{\text{промыв}}), \tag{2}$$

где $d_{\text{сорб}}$ – оптическая плотность суспензии (при проведении эксперимента с цеолитом, керамзитом); d_2 – оптическая плотность исходной суспензии (опт. ед); $d_{\text{исход}}$ – оптическая плотность, 1,085 опт. ед.; $d_{\text{фильтр}}$ – оптическая плотность профильтрованной суспензии (опт. ед); $d_{\text{промыв}}$ – оптическая плотность, после второй промывки (опт. ед).

В таблице приведены данные по адсорбции клеток консорциума микроорганизмов состоящих из штаммов *Dietziamaris U2.1*, *Dietziasp U2.6*, *Dietziasp MB3*, *Dietziamaris KU1*, иммобилизованных на минеральных носителях цеолита и керамзита.

Выводы

По результатам произведенных сравнительных экспериментов можно утверждать, что хороший показатель адсорбции показал цеолит. Немного низкий показатель у сорбента керамзита: на 1 грамм цеолита приходится 19 мг сухих клеток, а на 1 грамм керамзита 17 мг клеток соответственно.

Эффективность адсорбции зависит от:

- свойств микроорганизма;
- свойств адсорбента;
- химических и физических свойств среды, в которой происходит адсорбция;
- условий, определяющих возможность контакта между бактериальными клетками и частицами адсорбента.

Данный эксперимент показал, что использование сорбента цеолита позволит достичь высоких результатов при биологической ремедиации углеводородов. На основе иммобилизованных на природном цеолите клеток *Dietziamaris* получен эффективный биокатализатор процессов биоремедиации нефтяных углеводородов.

Литература

- 1 Кощеенко К. А. Живые иммобилизованные клетки как биокатализаторы процессов трансформации и биосинтеза органических соединений // Прикладная биохимия и микробиология. – 1981. – Т. 17. – № 4. – С. 477-493.
- 2 Максимова Ю. Г., Коваленко Г. А., Максимов А. Ю. Иммобилизованные нерастущие клетки *Rhodococcus Ruber* как гетерогенные биокатализаторы для процесса гидратации акрилонитрила в акриламид // Катализ в промышленности. – 2008. – № 1. – С. 44-50.
- 3 Дебабов В. Г., Яненко А. С. Биокаталитический гидролиз нитрилов // Обзорный журнал по химии. – 2011. – Т. 1, № 4. – С. 376-394.
- 4 Звягинцева Д. И. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями. – М.: Издательство Московского университета, 1973. – 215 с.
- 5 Квасников Е. И., Ключникова Т. М. Микроорганизмы – деструкторы нефти в водных бассейнах. – М.: Наука, 1986. – 186 с.
- 6 Дядечко В. Н., Нестеров И. И., Толстокурова Л. Е. Способ очистки воды и почвы от нефтяных загрязнений / Патент № 1428809. – 1988. – Бюллетень № 37.
- 7 Kazankarova M. K., Bekjanova A. J., Efremova S. A., Nurtaeva A. K., Nauryzbaev M. K. Treatment of oil-containing waster water using microorganism immobilized on shungite // International Journal of biology and chemistry. – 2013. – № 1. – P. 104-108.

Е. Шабанов
Ш. Кази
Б. Келаманов
Е. Жумагалиев
Р. Толеукадыр
Ж. Саулебек

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПРИ НАГРЕВЕ БРИКЕТИРОВАННОЙ МОНОШИХТЫ ИЗ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ И УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ

- В статье изложены результаты исследований по определению основных физико-химических свойств брикетированной моношихты посредством дифференциально-термического анализа. Проведены расчеты по определению потери массы вещества при нагреве, а также установлены значения энергии активации протекающих процессов.
- Мақалада дифференциалдық-термиялық талдау арқылы брикеттелген моношихтаның негізгі физика-химиялық қасиеттерін анықтау бойынша зерттеу нәтижелері баяндалған. Қыздыру кезінде зат массасының жоғалуын анықтау үшін есептеулер жүргізілді, сонымен қатар процесстердің активтену энергиясының мәні белгіленді.
- The article presents the results of research on the determination of the main physical and chemical properties of briquetted mono-charge by differential thermal analysis. Calculations were made to determine the mass loss of a substance during heating, and the values of the activation energy of the processes were determined.

В Химико-металлургическом институте им. Ж. Абишева на базе руднотермической печи с мощностью трансформатора 200 КВА были проведены укрупненно-лабораторные испытания, направленные на установление возможности применения брикетированной моношихты для выплавки стандартного углеродистого феррохрома. В работе [1] представлены результаты укрупненно-лабораторных испытаний по выплавке высокоуглеродистого феррохрома с использованием брикетов, состоящих из рядовой хромовой руды (0-10 миллиметров) и различных хромсодержащих продуктов, а также углеродистых восстановителей.

Целью настоящей работы является исследование фазовых превращений, протекающих при постепенном нагреве брикетированной моношихты.

Для оптимизации технологических процессов производства высокоуглеродистого феррохрома с использованием брикетированной моношихты необходимо знание кинетических параметров процесса взаимодействия шихтовых материалов при плавке, в частности, энергии активации.

Методика эксперимента

В настоящее время самым часто используемым и распространенным методом термического анализа является дифференциально-термический анализ (ДТА). ДТА при постепенном нагревании исследуемого вещества позволяет выявлять и изучать фазовые превращения и химические реакции по термическим эффектам, сопровождающим эти изменения. Полученные результаты позволяют установить скорость протекания реакций взаимодействия при выплавке РФХ в промышленных печах и выбрать наиболее оптимальный состав шихтовых материалов.

Метод ДТА основан на важнейших свойствах вещества, связанных с его химическим составом и структурой, отражающихся на тепловых изменениях вещества при нагревании. С помощью ДТА, термогравиметрии (ТГ) и дифференциальной термогравиметрии (ДТГ) развиваются новые методы исследования твердофазных реакций при нагреве взаимодействующих веществ с постоянной скоростью. Причиной широкого применения методов неизотермической кинетики является то, что по одному эксперименту можно определить все кинетические константы: $E_{акт}$, A и n . Следует отметить, что надежность проводимого в данной работе кинетического анализа прежде всего

требует повышенной точности измерений и корректную статистическую обработку результатов полученных данных. В литературе описаны различные методики, с помощью которых после обработки данных кривых (ТГ или ДТА) можно определять энергию активации процессов [2-9].

Необходимо отметить, что в данной работе для сравнения результатов были использованы дериватограммы из предыдущих исследований (рис. 2 и 3), которые получены учеными Химико-металлургического института [10].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Термографические исследования проводили на дериватографе Derivatograph Q-1000 фирмы «МОМ» системы F. Paulik, J. Paulik, L. Erdey. В качестве емкости для образца использовали керамический тигель.

Исследования проводились в окислительной атмосфере при температурных интервалах 20-1000 °С и со скоростью нагрева 10 °С/мин. Измерение температуры вели с применением платина-платино-родиевой термопары.

По мере повышения температуры в печи дериватографа, пишущее устройство регистрирует на термограмме все происходящие в пробе физико-химические изменения в виде кривых линий T, TG и DTA. В пробе одновременно измеряются температура (T), изменение веса (TG) и скорость изменения теплосодержания (DTA) исследуемого вещества в зависимости от времени.

В условиях окислительной атмосферы воздуха были получены дериватограммы хромовых брикетов трех разновидностей (рис. 1):

- пыль из газоочистки АктЗФ;
- пыль УПО ДГОК с коксом КНР;
- облой от производства брикетов с коксом КНР.

В результате обработки дериватограмм установлены температуры пиков и температурные интервалы протекания термических эффектов взаимодействия оксида хрома с используемыми восстановителями. На дериватограммах в окислительной атмосфере на кривой ДТА зафиксированы сильные экзотермические эффекты, которые объясняются окислением восстановителя. В инертной атмосфере кривые ДТА имеют слабый экзотермический характер, сменяющиеся сильными эндотермическими пиками. На всех дериватограммах в инертной атмосфере фиксируется эндотермический эффект в интервале температур 530-630 °С.

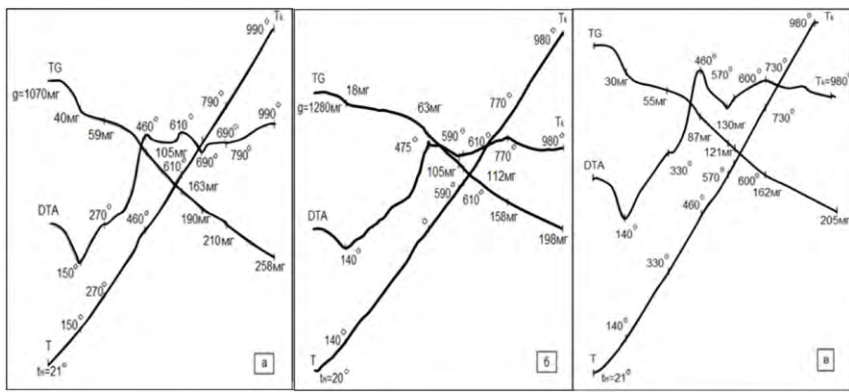


Рис. 1 – Дериватограммы брикетов из пыли газоочистки Акт3Ф (а), брикетов из продукта УПО ДГОК (б) и брикетов из обля (в)

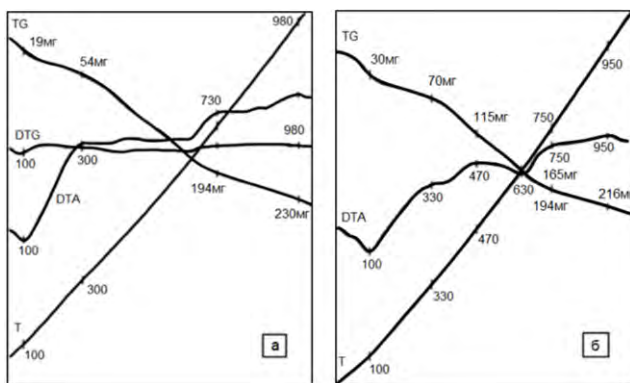


Рис. 2 – Дериватограммы хромовых брикетов с шубаркольским углем (навески 1670 мг и 1980мг), полученных в окислительной атмосфере воздуха (а) и инертной атмосфере азота (б)[10]

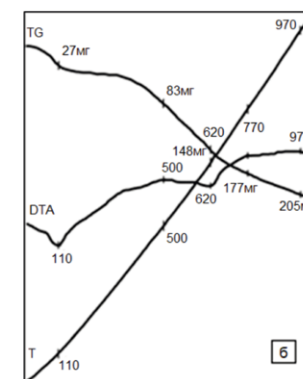
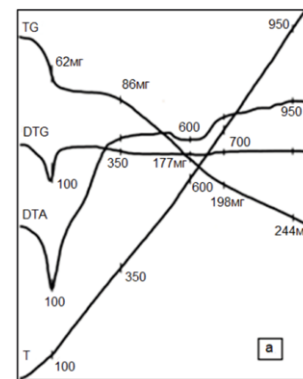


Рис. 3 – Дериватограммы хромовых брикетов с борлинским углем (навески 1400 мг и 1750 мг), полученных в окислительной атмосфере воздуха (а) и в инертной среде (б) [10]

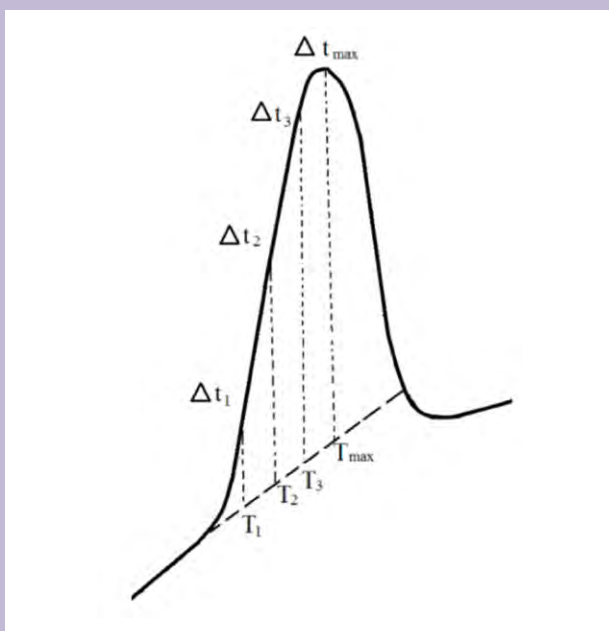
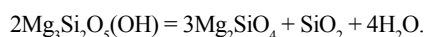


Рис. 4 – Схема определения значений температуры и величины отклонения кривой ДТА от заданного направления

В результате обработки кривой ТГ было установлено, что брикеты с борлинским углем имеют наибольшую суммарную потерю массы, достигающую 12,11 % при 1000 °С. Ниже температуры 750 °С потери массы в брикетах с шубаркольским углем выше, чем в брикетах с борлинским углем, что связано с высоким содержанием летучих компонентов в шубаркольском угле и активным удалением их при низких температурах. Наименьшие потери массы у брикетов с коксом КНР (9,81 %), что возможно объясняется их низкой реакционной способностью.

Первый эндотермический эффект при температуре 90-150 °С отвечает потере адсорбированной воды.

Второй эндотермический эффект на дериватограмме при 640-695 °С соответствует выделению из серпентинов (антигорит и хризотил) «структурной» воды при его разложении с образованием форстерита, кварца и воды по следующей реакции:



SiO₂ присутствует в продукте разложения серпентина в виде аморфного кремнезема.

Следующий за ним экзотермический эффект в интервале 770-820 °С на дериватограммах обусловлен образованием энстатита MgSiO₃ из продуктов разложения серпентина. Этот экзотермический пик весьма различен по величине. Возможно, что процесс дегидратации так быстро сменяется образованием энстатита, что экзотермический пик перекрывается эндотермическим и уменьшается из-за эндоэффекта.

Таблица 1

Распределение потери массы в брикетах в заданных температурных интервалах согласно дериватограммам (рис. 1а, 1б, 1в)

Интервал температуры, °С	Потери массы, мг					
	брикет из облоя		брикет из продукта УПО ДГОК		брикет из пыли газоочистки	
	мг	%	мг	%	мг	%
0-330	55	26,44	43,84	21,88	75,19	28,68
330-570	66	31,73	54,78	27,33	74,03	28,24
570-660	24,1	11,59	25,1	12,52	32,38	12,35
660-850	37,1	17,84	45,04	22,47	44,54	16,99
850-1000	25,8	12,4	31,65	15,79	36,0	13,73
0-1000	208	100	200,41	100	262,14	100
Масса навески	1290	100	1280	100	1070	100

Таблица 2

Кинетические характеристики восстановления окискованных хроморудных материалов углеродом

Материал	Уравнение	Коэффициент корреляции, R	$E_{акт}$, кДж/моль
Брикеты с коксом КНР [10]	$\ln k = -25\,854,2 / T + 8,492$	0,982	214,96
Брикеты с борлинским углем [10]	$\ln k = -28\,359,8 / T + 9,746$	0,994	235,79
Брикеты с шубаркольским углем [10]	$\ln k = -23\,408,4 / T + 7,257$	0,975	194,63
Брикеты из пыли газоочистки АктЗФ и кокса КНР	$\ln k = -29\,465,6 / T + 2,906$	0,995	56,4
Брикеты из продукта УПО ДГОК	$\ln k = -27\,052,9 / T + 2,929$	0,957	51,8
Брикеты из облоя	$\ln k = -14\,175,9 / T + 1,828$	0,96	27,14

В результате обработки кривой ТГ дериватограммы (рис. 1а, 1б, 1в) было установлено, что брикеты из пыли газоочистки имеют наибольшую суммарную потерю массы, достигающую 24,5 % при 1000 °С. Наименьшие потери массы у брикетов из пыли УПО ДГОК и облоя 15,6 и 16,1 % соответственно, что возможно объясняется их низкой реакционной способностью. Результаты определения потери массы в разных температурных интервалах приведены в таблице 1.

На основании определения значений температуры и величины отклонения кривой ДТА от заданного направления, согласно рисунку 4 построены зависимости в координатах $\lg \Delta t - 1/T$ для каждого термического эффекта и по тангенсу угла наклона прямой зависимости $\lg \Delta t - 1/T$ рассчитаны величины $E_{акт}$ процессов, соответствующих пикам на дериватограммах.

На основе построенных графиков рассчитаны величины энергии активации для каждого термического эффекта, которые представлены в таблице 2.

Анализируя расчетные данные энергии активации в таблице 2 можно предположить диффузионный характер торможения реакции восстановления всех исследуемых хроморудных материалов. Судя по величинам энергии активации процесса наиболее высокой восстановимостью обладают брикеты с борлинским углем и комплексным восстановителем. Данное явление можно объяснить следующим.

Введенный в составе брикетов уголь содержит в зольной части кремнезем и глинозем. В некоторых работах считается, что кремнезем ускоряет восстановление оксидов железа и хрома хромовых руд, в других работах утверждается, что он затормаживает процесс твердофазного восстановления, закрывая пути подвода восстановителя к реакционной поверхности между зёрнами хромшпинелидов и восстановителем.

При фронтальном восстановлении оксидов железа и хрома углеродом вокруг зёрен хромшпинелидов хромовых руд образуется металло-шлаковая оболочка. Толщина ее зависит от строения руд, температуры, времени и степени восстановления. Эта оболочка представляет собой металло-шлаковый барьер для развития восстановления по глубине зёрен хромовых руд.

Кремнезем и глинозем, содержащиеся в повышенном количестве в составе золы угля, в процессе восстановления растворяются в тугоплавких и вязких шлакообразующих оксидах – продуктах, появляющихся при восстановлении хромшпинелидов, и в результате на контактной поверхности происходит образование легкоплавких и жидкоподвижных шлаков. Такие шлаки легко разрушают шлаковый диффузионный барьер и оголяют поверхность ядра хромшпинелидов для нового контакта между оксидами железа и хрома с углеродом.

Литература

- 1 Шабанов Е. Ж., Избембетов Д. Д., Байсанов С. О., Шадиев М. Ф. Технология производства высокоуглеродистого феррохрома с использованием моношихтовых брикетов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2018 – Т. 61. № 9 – С. 702-707.
- 2 Пилоян Г. О., Новикова О. С. // Журнал неорганической химии, 1967 – №3 – С. 602-604.
- 3 Зацелин А. Ф., Фотиев А. А., Дмитриев И. А. Об оценке кажущейся энергии активации экзотермических процессов по дериватографическим данным // Журнал неорганической химии, 1973 – № 11. Т. 18 – С. 2883-2885.
- 4 Пилоян Г. О., Новикова О. С. Известия АН СССР. Неорганические материалы, 1966 – № 7 – С. 1298-1301.
- 5 Малышев В. П. и др. Журнал физической химии, 1988 – № 12 – С. 3220-3224.
- 6 Малышев В. П. Вероятностно-детерминированное отображение – Алматы: Гылым, 1994. – 193 с.
- 7 Тиунова Т. Г., Якушев Р. М. и др. Определение энергии активации отверждения эпоксиакрилатных лаковых композиций по данным ДТА // Пластические массы, 1998 – № 8 – С. 28-30.
- 8 Арсентьев П. П., Падерин С. Н. и др. Экспериментальные работы по теории металлургических процессов – М.: Металлургия, 1989 – 288 с.
- 9 Пилоян Г. О. Введение в теорию термического анализа – М.: Наука, 1961.
- 10 Исследования по разработке технологии выплавки высокоуглеродистого феррохрома с применением комплексной брикетированной шихты: отчет о НИР / Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева; рук. Толымбеков М. Ж., Байсанов С. О.; исполн. Абдулабеков Е. Э., Байсанов А. С. – 2007 – 63 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШНИКА МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ

• Данная статья посвящена исследованию химико-минералогического состава образца известняка-ракушника Жетыбайского месторождения Мангистауской области. Проанализированы месторождения, связанные с добычей известняка-ракушника в западной части Казахстана, а также объем отходов известняка-ракушника, образующихся при его добыче. Согласно результатам физико-химических исследований, образец известняка-ракушника, полученный для испытаний, состоит из карбонатных пород кальцита CaCO_3 с небольшим количеством примесей. Таким образом, можно сказать, что содержание CaO в образце исследуемого известняка-ракушника составило 53,39 %, а CO_2 – 43,74 %. Чистый кальцит составляет 56 %, а CO_2 – 44 %. На основании физико-химических исследований можно сделать вывод, что этот известняково-ракушечный материал пригоден для производства портландцемента, извести и других материалов.

• Бұл мақала Маңғыстау облысы Жетібай кенорнындағы әктас-ұлтас сынамасының химиялық-минералогиялық құрамын талдауға және зерттеуге арналған. Қазақстанның батыс бөлігінде әктасты-ұлтас өндіруге байланысты кенорындары, сондай-ақ оны өндіру кезінде пайда болған әктасты-ұлтас қалдықтарының көлемі талданады. Физика-химиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша сынақ үшін алынған әктас-ұлтас сынамасы аз мөлшерінде CaCO_3 карбонатты жыныс кальцитінің қоспаларынан құралатындығы анықталыны. Осылайша, зерттелген әктас-ұлтас үлгісіндегі CaO мөлшері 53,39 %, ал CO_2 – 43,74 % болды деп айта аламыз. Таза кальцит 56 %, ал CO_2 44 % құрайды. Физика-химиялық зерттеулерге сүйене отырып, бұлақтас-ұлтас материалы портландцемент, әк және басқа материалдарды өндіруге жарамды деп қорытынды жасауға болады.

• This article is devoted to the study and analysis of the chemical and mineralogical composition of a sample of limestone-shell of the Zhetybay field in the Mangistau region. The fields associated with the production of limestone-shell in the western part of Kazakhstan, as well as the volume of waste limestone-shell formed during its production, are analyzed. According to the results of physical and chemical studies, the sample of limestone-shell obtained for testing consists of carbonate rocks of calcite CaCO_3 with a small amount of impurities. Thus, we can say that the content of CaO in the sample of the studied limestone-shell was 53,39 %, and CO_2 – 43,74 %. Pure calcite is 56 % and CO_2 is 44 %. Based on physical and chemical studies, it can be concluded that this limestone-shell material is suitable for the production of portland cement, lime and other materials.

В Казахстане имеется большое количество месторождений известняка-ракушечника, пригодных для добычи и изготовления стенового камня. Основные месторождения сосредоточены в западной части Казахстана: «Голубая бухта», «Ералиевское», «Ералиевское-II», «Бейнеуское», «Мангышлакское-II», «Мангышлакское-III», «Южный Жетыбай», «Северный Жетыбай» и другие, имеющие огромные запасы стенового камня, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород» [1].

На многих месторождениях производится промышленная добыча блочного камня с выходом до 60 % делового камня [2]. На месторождении «Жетыбай» проводятся исследования использования отходов добычи, для создания искусственных бетонных и полимерцементных материалов. Повышенная шероховатость отходов добычи известняка обеспечивает получение прочных контактов между цементным камнем и заполнителем в бетоне за счет хорошего сцепления между ними – специфическая адгезия [3, 4].

В настоящее время в Казахстане в результате интенсивных работ по добыче полезных ископаемых накопилось более 20 миллиардов тонн различных отходов – вскрышные породы, шлаков, другого вторичного сырья. Эти отходы способствуют

загрязнению подземных и поверхностных вод, отрицательно влияют на состояние земельных ресурсов, ускоряют эрозийные процессы, загрязняют атмосферный воздух, деформации вмещающих пород и земной поверхности.

Учитывая актуальность данной работы, одной из задач исследования является определение качественного и количественного состава образца известняка-ракушечника путем физико-химических исследований на Участке № 3 на месторождения «Жетыбай» в Мангистауской области. Выявление пригодности известняка-ракушечника месторождения «Жетыбай» для производства портландцемента, извести и других материалов будет способствовать дальнейшему развитию производства строительных материалов на основе отходов добычи известняка-ракушечника, позволит сократить накопленные отходы и улучшить экологическую обстановку.

С помощью рентгенофазового, детермического и химического анализов образца известняка-ракушечника было проведено химико-минералогическое исследование для выявления пригодности для получения новых строительных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. Определение качественного и количественного состава образца известняка-ракушечника осуществляли

Таблица 1

Параметры, устанавливаемые для проведения детермического анализа образца известняка-ракушечника Участка № 3 месторождения «Жетыбай»

Серийный номер дериватографа	123456
Исследуемый образец	Известняк-ракушечник
Номер исследуемого образца	01
Вес исследуемого образца, мг	1,97
Конечная температура и скорость нагрева	1000 °С 10 °С/мин
Пояснение к эксперименту	В атмосфере

Таблица 2

Химический состав образца известняка ракушечника месторождения «Жетыбай»

Минерал	Содержание оксидов, %	Минерал	Содержание оксидов, %
Na ₂ O	0,11	CaO	53,39
MgO	2,02	TiO ₂	<0,01
Al ₂ O ₃	0,03	MnO	0,03
SiO ₂	0,43	Fe ₂ O ₃	0,24
P ₂ O ₅	<0,01	Прочие	0,01
K ₂ O	<0,01	п.п.п.	43,74

Таблица 3

Параметры, устанавливаемые для проведения рентгенофазового анализа образца известняка-ракушечника месторождения «Жетыбай»

Диапазон углов съемки	Нач. угол 10°
	Кон. угол 70°
Шаг сканирования	0,05
Скорость сканирования	2 г/мин
Экспозиция	1,5
Максимальное число импульса	2125

детермическим анализом (DTA). Метод основан на регистрации изменений термохимических и физических параметров вещества, которые могут быть вызваны при его нагревании. Детермический анализ проводился на модернизированной установке Derivatograph Q-1500D фирмы MOM, в которой совмещены различные варианты термического метода анализа, такие как DTA (дифференциально-термический анализ), TG (термогравиметрический) и DTG (дифференциально-термогравиметрический).

Для проведения анализа образца подготовка проходила в следующем порядке:

- исследуемое вещество растиралось в агатовой ступке до состояния пудры;
- навеску исследуемого вещества засыпали в тигель;
- съемку термограмм проводили до 1000 °С со скоростью нагрева 10 °С в минуту (табл. 1).

В качестве эталона в термопаре использовали порошок Al₂O₃.

По результатам детермического анализа образца известняка-ракушечника на кривой DTA зафиксирован эндотермический эффект разложения карбонатов магния и кальция от 600 до 970 °С.

Показатель ППП по термограмме составляет 43,74 %.

Минеральный состав используемого известняка-ракушечника согласно данным детермического и рентгенофазового анализов приведен в таблице 2.

Идентификация компонентов порошковых проб проводилась по морфологии термических кривых и численных значений интенсивностей эндо- и экзотермических эффектов с использованием сопряженных с ними термогравиметрических показаний TG-линий.

На основании кривой TG можно судить о том, каким образом изменялась при нагревании масса образца известняка-ракушечника месторождений «Жетыбай».

Компонентный состав образца определялся путем дифференцирования его термохимических показаний по принадлежностям к каким-либо известным (по справочным данным) образованиям. Сведения по вещественному составу, полученные путем обработки дифференциально-термических кривых (DTA, DTG) и расчетов результатов термогравиметрических измерений (TG), после контроля их данными РФА размещены в сводной таблице 3.

Расшифровка диаграмм термического анализа, минералогическая интерпретация их кривых и объяснение термического поведения изученных модельных систем осуществлялись с использованием литературы [5-7].

Таблица 4

Результаты обработок экспериментальных данных образца известняка-ракушечника месторождения «Жетыбай»

№ / (Alfa1)	Угол	Площадь	Интенсивность	Полушир.	Межплоскостное положение	% макс.	% площади	Площадь интенсивности
1	11,231	20,68	67	0,2843	7,8716	6,91	8,52	0,3082
2	20,372	2,32	15	0,1428	4,3555	1,55	0,96	0,1548
3	23,028	34,69	146	0,2194	3,8588	15,05	14,29	0,2379
4	23,87	3,85	14	0,2476	3,7247	1,44	1,59	0,2684
5	26,54	11,1	50	0,204	3,3556	5,15	4,57	0,2212
6	27,432	15,52	88	0,1623	3,2486	9,07	6,39	0,1761
7	29,378	242,81	970	0,231	3,0377	100	100	0,2504
8	30,65	70,46	293	0,2222	2,9144	30,21	29,02	0,2409
9	31,188	21,96	48	0,4242	2,8653	4,95	9,05	0,4597
10	33,097	4,43	13	0,3233	2,7043	1,34	1,83	0,3505
11	35,966	47,96	191	0,2319	2,4948	19,69	19,75	0,2515
12	37,116	8,33	29	0,261	2,4202	2,99	3,43	0,283
13	39,411	69	268	0,2372	2,2843	27,63	28,42	0,2571
14	40,839	19,01	67	0,26	2,2077	6,91	7,83	0,2819
15	43,16	59,49	220	0,2492	2,0942	22,68	24,5	0,2703
16	44,663	14,65	39	0,3484	2,0272	4,02	6,03	0,3777
17	47,531	63,65	173	0,3398	1,9113	17,84	26,21	0,3682
18	48,542	66,89	235	0,2629	1,8739	24,23	27,55	0,285
19	50,05	15,02	37	0,3733	1,8209	3,81	6,19	0,4047
20	50,646	19,88	40	0,4575	1,8009	4,12	8,19	0,4959
21	56,597	14,85	44	0,3105	1,6248	4,54	6,12	0,3366
22	57,44	41,73	151	0,2544	1,6029	15,57	17,19	0,2758
23	59,492	6,8	19	0,3345	1,5524	1,96	2,8	0,3626
24	60,728	27,72	61	0,4166	1,5238	6,29	11,41	0,4515
25	63,084	12,02	28	0,4015	1,4724	2,89	4,95	0,4352
26	64,695	27,24	82	0,3073	1,4396	8,45	11,22	0,3332
27	65,688	13,24	33	0,3722	1,4202	3,4	5,45	0,4034
28	66,993	4,62	19	0,2199	1,3957	1,96	1,9	0,2385

По термическим поведением образца известняка-ракушечника в термогравиметрических показаниях кривой TG при привнесение тепла в систему идет прямолинейно до 1000 °С. Для этой прямой время составляет 32 минут. Далее отмечается явно выраженные эндотермические процессы от 1000 до 970 °С (время – 13 минут), далее по нарастанию времени в интервале от 970 до 990 °С (время – 21 минута) начинается интенсивное развитие экзотермического процесса, выявленного при нагревании исследуемого образца.

Следующее выражение эндотермического процесса проявляется от 990 до 960 °С (время – 5 минут), далее по нарастанию времени в интервале 960 °С (время – 7 минут) кривая идет прямолинейно. При температуре от 960 до 50 °С (время – 27 минут) наблюдается явно выраженный эндотермический процесс, далее по нарастанию времени в интервале 50 °С (время – 11 минут) термогравиметрические показания идут прямолинейно.

Кривая DTG. В термических поведением образца известняка-ракушечника в дифференциальном термогравиметрическом анализе DTG при привнесении тепла в систему идет прямолинейно до 740 °С (время – 34 минуты). Далее отмечен

явно выраженный эндотермический процесс от 750 до 720 °С (время – 5 минут), далее в интервале от 720 до 780 °С (время – 4 минуты) проявляется экзотермический процесс. При интервале от 780 до 720 °С (время – 4 минуты) проявляется эндотермический процесс. По нарастанию времени при температуре от 720 до 750 °С (время – 7 минут) проявляется экзотермический процесс, далее по нарастанию времени в интервале от 750 °С (время – 20 минут) DTG кривая прямолинейна. В интервале от 750 до 720 °С (время – 8 минут) начинается интенсивное развитие эндотермического процесса, далее в интервале от 720 до 740 °С (время – 5 минут) проявляется переход к экзотермии. При температуре от 740 до 725 °С (время – 3 минуты) проявляется эндотермический процесс, далее в интервале от 725 до 740 °С (время – 10 минут) – экзотермический процесс. При температуре от 740 до 530 °С (время – 4 минуты) проявляется явно выраженный эндотермический процесс, далее по нарастанию времени в интервале от 530 до 590 °С (время – 4 минуты) проявляется экзотермический процесс. При температуре от 590 до 470 °С (время – 10 минут) проявляется эндотермический процесс, далее в интервале от 470 до 600 °С (время – 4 минуты) проявляется интенсивное развитие экзотер-



Рис. 1 – Детермический анализ образца известняка-ракушечника Участка № 3 месторождения «Жетыбай»

мического процесса. По нарастанию времени при температуре от 600 до 260 °С (время – 5 минут) наблюдается явно выраженный эндотермический процесс, далее в интервале от 260 до 680 °С (время – 10 минут) проявляется явно выраженный экзотермический процесс. В интервале от 680 до 410 °С (время – 5 минут) начинается интенсивное развитие эндотермического процесса, в интервале от 410 до 765 °С (время – 5 минут) – явно выраженный экзотермический процесс. При температуре от 765 до 720 °С (время – 4 минуты) происходит развитие эндотермического процесса, в интервале от 720 до 765 °С (время – 7 минут) – экзотермического процесса. При температуре от 765 до 680 °С (время – 9 минут) проявляется эндотермический процесс, далее в интервале от 680 до 755 °С (время – 10 минут) проявляется экзотермический процесс. По нарастанию времени при 755 °С (время – 9 минут) DTG кривая идет прямолинейно.

При дифференциально-термическом анализе ДТА-кривой образца известняка-ракушечника видно, что при привнесении тепла в систему на начальных стадиях эндотермический и экзотермический процессы проходят плавно. В интервале от 500 до 440 °С (время – 13 минут) выражено плавное развитие эндотермического процесса, далее в интервале от 440 до 545 °С (время – 39 минут) проявляется плавное развитие экзотермического процесса. По нарастании времени при температуре от 545 до 400 °С (время – 22 минуты) происходит интенсивное развитие эндотермического процесса, далее в интервале от 400 до 470 °С (время – 6 минут) проявляется интенсивное развитие экзотермического процесса и при температуре от 470 до 0 °С

№03 от 21.01.19 г. известняк ракушечника Жетыбай

Спектр - Текущий_0; Съемка - 21.01.2019 10:30:21; Cu (Alfa 1)

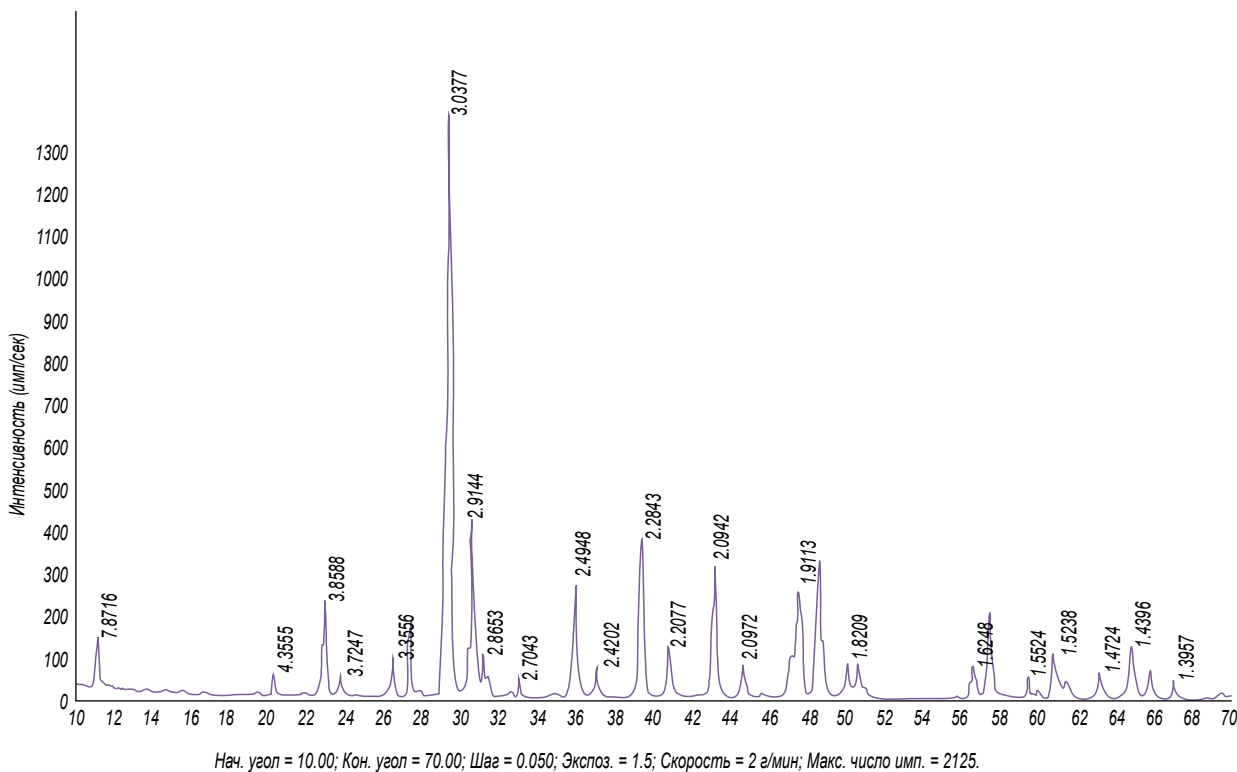


Рис. 2 – Рентгенофазовый анализ образца известняка-ракушечника месторождения «Жетыбай»

(время – 7 минут) проявляется явно выраженный эндотермический процесс. От 0 до 555 °С (время – 5 минут) регистрируется интенсивное развитие экзотермического процесса, далее в интервале от 555 до 470 °С (время – 6 минут) – интенсивное развитие экзотермического процесса и при температуре от 470 до 360 °С (время – 18 минут) – явно выраженный эндотермический процесс.

В результате испытания образца известняка-ракушечника при нарастании температуры до 550 °С на кривой дифференциально-термического анализа DTA зафиксирован эндотермический эффект сопровождающийся выделением теплоты в процессе разложения карбонатов магния $Mg(CO_3)$, далее по нарастанию температуры до 740 °С на кривой дериватографического анализа DTG зафиксирована скорость изменения массы образца путем разложения карбонатов магния $Mg(CO_3)$ с эффектом экзотермии. В термогравиметрических показаниях кривой TG при привнесении тепла в систему при температуре 930 °С зафиксировано изменение массы образца посредством разложения карбонатов доломита $CaMg(CO_3)$ и кальция $Ca(CO_3)$.

Рентгенофазовый анализ образца известняка-ракушечника проводился на модернизированном дифрактометре ДРОН-3М на $SiK\alpha$ -излучении с программным обеспечением (табл. 3).

Пробоподготовка проходила по следующим этапам:

– исследуемое вещество растиралось в агатовой ступке до состояния пудры, затем порошок насыпали в плексиглазовую кювету, предварительно смазанную вазелином и чуть подпрессовали;

– для устранения текстуры излишки порошка срезали лезвием.

На рисунке 2 приведен рентгенофазовый анализ образца известняка-ракушечника.

Данные рентгенофазового анализа свидетельствуют о присутствии в образце кальцита ($CaCO_3$), небольшого количества магнезита ($Mg(CO_3)$) и доломита ($CaMg(CO_3)$).

На рентгенограмме оси Y указана интенсивность имп/сек от 0 до 1300; по оси X угол наклона от 10 до 70°, начальный угол – 10°, конечный угол – 70°; шаг сканирования – 0,05; экспозиция – 1,5; скорость – 2 г/мин; максимальное число импульса – 2125.

Присутствие в образце известняка-ракушечника кальцита – первый пик проявляется при угле 29,378°; межплоскостное положение равно 3,0377, при этом интенсивность составляет 970 имп/сек; площадь охвата – 242,81, что равно 100 %. При этом площадь интенсивности составляет 0,2504.

Второй пик проявления кальцита при угле 39,411°; межплоскостное положение равно 2,2843. При этом интенсивность составляет 268 имп/сек; площадь охвата – 69, что равно 28,42 %. При этом площадь интенсивности – 0,2571.

Третий пик проявления кальцита при угле 43,160°; межплоскостное положение равно 2,0942. При этом интенсивность составляет 220 имп/сек; площадь охвата – 59,49, что равно 24,5 %. При этом площадь интенсивности – 0,2703.

Четвертый пик проявления кальцита при угле 47,531°; межплоскостное положение равно 1,9113. При этом интенсивность составляет 173 имп/сек; площадь охвата – 63,65, что равно 26,21 %. При этом площадь интенсивности – 0,3682.

Пятый пик проявления кальцита при угле 48,542°; межплоскостное положение равно 1,8739. При этом интенсивность составляет 235 имп/сек; площадь охвата – 66,89, что равно 27,55 %. При этом площадь интенсивности – 0,285.

Шестой пик проявления кальцита при угле 50,05°; межплоскостное положение равно 1,8209. При этом интенсивность составляет 37 имп/сек; площадь охвата – 15,02, что равно 6,19 %. При этом площадь интенсивности 0,4047.

Седьмой пик проявления кальцита при угле 56,597°; межплоскостное положение равно 1,6248. При этом интенсивность составляет 44 имп/сек; площадь охвата – 14,85, что равно 6,12 %. При этом площадь интенсивности 0,3366.

Восьмой пик проявления кальцита при угле 57,44°; межплоскостное положение равно 1,6029. При этом интенсивность составляет 151 имп/сек; площадь охвата – 41,73, что равно 17,19 %. При этом площадь интенсивности – 0,2758.

Наличие в образце известняка-ракушечника доломита ($CaMg(CO_3)$) проявляется в двух точках, что свидетельствует его малым количеством. Первый пик проявления доломита при угле 44,663°; межплоскостное положение равно 2,0272 при этом интенсивность составляет 39 имп/сек; площадь охвата – 14,65, что равно 6,03 %. При этом площадь интенсивности – 0,3777.

Второй пик проявления доломита при угле 64,695°; межплоскостное положение равно 1,4396. При этом интенсивность составляет 27,24 имп/сек; площадь охвата – 11,22, что равно 6,03 %. При этом площадь интенсивности – 0,3332.

Присутствие в образце известняка-ракушечника магнезита ($Mg(CO_3)$) очень мало, так как на рентгенограмме проявляется в одной точке при угле 35,966°; межплоскостное положение равно 2,4948. При этом интенсивность составляет 191 имп/сек; площадь охвата – 47,96, что равно 19,75 %. При этом площадь интенсивности – 0,2515.

После обработки экспериментальных данных образца известняка-ракушечника (табл. 4) Участка № 3 месторождения «Жетыбай» выявлено восемь пиков кальцита, два пика доломита и один пик магнезита, что свидетельствует о большом содержании данном образце известняка-ракушечника карбонатных пород кальцита.

Таким образом, можно сказать, что содержание CaO в образце исследованного известняка ракушечника составило 53,39 %, а CO_2 – 43,74 %. Чистый кальцит – 56 %, а CO_2 – 44 %.

На основании физико-химических исследований можно сделать заключение, что данный известняк-ракушечник пригоден для производства портландцемента, извести и других материалов.

Литература

- 1 ГОСТ 4001-2013. Камни стеновые из горных пород. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. – С. 10.
- 2 Букаев Е. З., Серикбаева А. К. Перспективность применений серы, нефтепромышленности для получения строительных материалов // Развитие науки и техники в освоении недр Казахстана: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию академика Ш. Есенова. – Актау, 2017. – С. 274-278.
- 3 Грозав В. И., Муталибова Г. К. Снижение средней плотности бетонов на основе заполнителей из отходов камнепиления известняков-ракушечников // Природообустройство сельскохозяйственных территорий: материалы научно-технической конференции. – М.: МГУП, 2001. – С. 105, 106.
- 4 Грозав В. И., Муталибова Г. К. Влияние водопоглощения пористого известнякового щебня на водопоглощение и водонепроницаемость известнякового бетона // Природообустройство и экологические проблемы водного хозяйства и мелиорации: материалы научно-технической конференции. – М.: МГУП, 1999. – С. 100, 101.
- 5 Wagner M. Thermal Analysis in Practice: Fundamental Aspects. HanserFachbuchverlag, 2018. – P. 349.
- 6 Аюлов Д. А., Фахрутдинова В. Х., Макаров Д. Б. Физико-химические методы исследования строительных материалов. Инструментальный анализ. Учебное пособие. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 166.
- 7 Ham B. M., MaHam A. Analytical Chemistry: A Chemist and Laboratory Technician's Toolkit. John Wiley & Sons, Inc., 2016. – P. 680.

РАЗРАБОТКА ГЕЛЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С АГАР-АГАР ДЛЯ ЛЕЧЕБНО- КОСМЕТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

- Рассматривается получение оптимального состава гелевой композиции, состоящей из смеси воды, глицерина и гелеобразующей добавки агар-агар. Исследования проводились в диапазоне концентрации агар-агара 2-15 %. Качество получаемых композиций оценивалось по показателям pH, электропроводности и вязкости. Из полученных данных следует, что содержание агар-агара в гелевой системе не должно превышать 10 %, а для получения гелевой основы для лечебно-косметических препаратов оптимальным является содержание агар-агара 4-6 %. Наблюдается стабилизация значений вязкости гелевых систем, содержащих глицерин. Показано, что ультразвуковой обработкой можно направленно регулировать состояние и качественное изменение свойств гелевых систем, в частности вязкости.
- Бұл жұмыста су-глицерин қоспасынан және агар-агар гелдік қоспасынан тұратын гель құрамының оңтайлы құрамын алу қарастырылады. Зерттеулер агар-агар концентрациясының 2-15 % диапазонында жүргізілді. Алынған композициялардың сапасы pH, электр өткізгіштік және тұтқырлық көрсеткіштері бойынша бағаланды. Алынған мәліметтерден гель жүйесіндегі агар-агардың мөлшері 10 %-дан аспауы керек, ал емдік және косметикалық препараттар үшін гель негізін алу үшін 4-6 % агар-агар құрамы оңтайлы болып табылады. Глицерин бар гель жүйелерінің тұтқырлық мәндерінің тұрақтануы байқалады. Ультрадыбыстық өңдеу арқылы гель жүйелерінің қасиеттерінің, атап айтқанда тұтқырлықтың жай-күйі мен сапалық өзгеруін мақсатты түрде реттеуге болатындығы көрсетілген.
- In this paper, we consider obtaining the optimal composition of a gel composition consisting of a mixture of water-glycerin and a gel-forming additive agar-agar. Studies were conducted in the range of agar-agar concentrations of 2-15 %. The quality of the resulting compositions was evaluated by pH, electrical conductivity, and viscosity. From the data obtained, it follows that the content of agar-agar in the gel system should not exceed 10 %, and to obtain a gel base for medical and cosmetic preparations, the optimal content of agar-agar is 4-6 %. There is a stabilization of the viscosity values of gel systems containing glycerol. It is shown that ultrasonic treatment can be directed to regulate the state and qualitative changes in the properties of gel systems, in particular the viscosity.

Гелевые растворы с различными гелеобразующими веществами широко используются в фармацевтической и косметической промышленности. Среди них агар-агару уделяется особое внимание, поскольку он богат различными питательными веществами, обеспечивающими смягчение, увлажнение и очищение кожи, имеет противовоспалительное действие – лечит прыщи и другие воспаления на коже [1, 2]. Кроме того, в таких системах агар-агар выступает в качестве защитной капсулы, позволяющей доставить различные активные вещества на заданную глубину в эпидермис или даже дерму кожного покрова.

Сырьем для получения агар-агара чаще всего служит определенный вид красной морской водоросли, в обилии содержащей йод. Кроме того, в состав агар-агара входит приблизительно 20 % воды и около 4 % минеральных солей. Остальные 76 % приходятся на полисахариды, которые включают в себя глюконовую и пировиноградную кислоты, галактозу, пентозу, ангирогалактозу, а также агарозу и агаропектин [3, 4].

Основными полисахаридами агар-агара являются агароза и агаропектин, которые содержатся в различных пропорциях в зависимости от исходного сырья и используемого производственного процесса. Агаровое гелеобразование происходит только за счет содержания в нем агарозы, которая образуется исключительно за счет водородных связей (рис. 1). Молекулярная масса агарозы, как правило, превышает 100 000 Д [3], а часто и 150 000 Д. Агаропектин разветвлен, имеет меньшую молекулярную массу, ниже 20 000 Д, содержит от 3 до 10 % сульфатных групп, также может иметь в своем составе пируваты или метильные группы. Агаропектин не способен к образованию геля. Соотношение агарозы и агаропектина варьируется от вида водорослей, агароза как правило составляет до двух третей агара. Структура агар-агара, агарозы и агаропектина представлены на рисунке 1 [4, 5].

Применение агар-агара обусловлено его уникальными свойствами образовывать гели. Гелеобразование происходит за счет водородных связей. Желирующая способность агар-агара обусловлена возникновением двойных спиралей с участием двух полимерных цепей 3,6-ангидро-L-галактозы, образующих трехмерную каркасную структуру, которая удерживает молекулы воды в пустотах каркаса. Ангидро-мости вместе с ограниченной конформационной гибкостью вокруг гликозидных связей ограничивают молекулу, способствуя формированию спирали; последующее изменение состояния спиралей – результат формирования геля [6].

Агар-агар нерастворим в холодной воде, но значительно набухает, поглощая воду в двадцать раз больше собственного веса. Он легко растворяется в кипящей воде, а порошкообразный агар-агар может растворяться при 95 °С. Горячий раствор прозрачный и ограниченно вязкий. При охлаждении до 35-40 °С (в зависимости от вида водоросли) он становится чистым и крепким гелем, который является термообратимым. При нагревании до 85-95 °С он опять становится жидким раствором, и снова превращается в гель при 35-40 °С. При этом такие переходы из твердого состояния в жидкое и наоборот могут осуществляться неоднократно [7].

Реологические свойства гелей, в частности вязкость, определяются как количеством гелеобразующего вещества, так и зависят от состава водной основы и условий приготовления [8-10]. При приготовлении гелевых растворов для лечебно-косметических препаратов как правило в водный раствор добавляется глицерин, что обеспечивает насыщение клеток кожи влагой и способствует разглаживанию поверхностных эпителий, в результате чего наблюдается разглаживание морщин. Кроме того, он закрывает все микротрещинки на поверхности эпителия, восстанавливая естественную защиту – барьер, который предупреждает проникновение загрязнения и

Результаты измерения показателей свойств гелевых растворов с агар-агаром в зависимости от соотношения компонентов системы

Состав гелевой основы		Показатели свойств			
агар-агар, %	вода, %	pH	ppm	электропроводность, μS	вязкость, Па · с
2	98	6,97	35	74	0,12
4	96	6,48	61	127	0,31
5	95	6,32	65	139	0,63
6	94	6,2	75	158	0,97
7	93	6,08	80	168	1,27
8	92	6,02	91	191	1,61
10	90	6,02	108	225	2,34
12	88	6,01	116	234	42,02
15	85	6,01	121	246	58,06

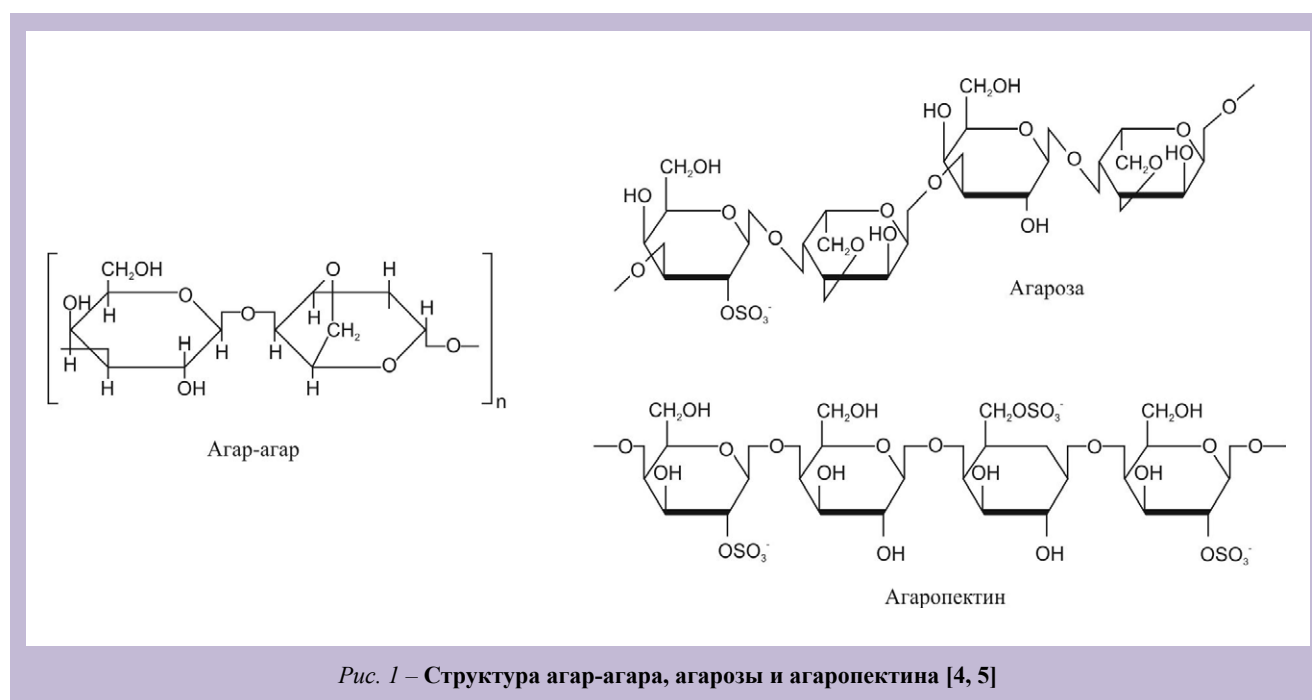


Рис. 1 – Структура агар-агара, агарозы и агаропектина [4, 5]

микробов. Доказано, что присутствие глицерина в кремах для рук предупреждают обезвоживание кожи, склонной к экземе. При этом не возникает раздражения и усиливается эффективность традиционного лечения. Поэтому при изготовлении гелевых основ для косметических препаратов используют как правило водно-глицериновую смесь.

Для регулирования вязкости гелевых композиций эффективным способом воздействия является ультразвуковая обработка системы [11]. Гелям свойственны тиксотропные превращения, то есть способность под влиянием механических воздействий разрушаться, а затем снова густеть. Такое превращение может быть повторено неограниченное число раз. Ультразвуковое воздействие является одним из разновидностей такого механического воздействия вследствие возникновения потока и захлопывания кавитационных полостей в рабочей жидкости [12]. Ультразвуковое воздействие способствует повышению однородности, снижению текстурированности и получению гомогенных наноэмульсий в результате чего снижается их вязкость.

Целью настоящей работы была разработка оптимального состава гелевой композиции, состоящей из смеси воды, глицерина и гелеобразующей добавки агар-агар, с последующей

ультразвуковой обработкой, обеспечивающей необходимый комплекс реологических свойств композиции.

Экспериментальная часть

Объектом исследования являлись образцы агаровых гелей с глицерином в различных концентрациях. Растворы с концентрацией агар-агара от 1 до 15 % готовились по общеизвестной методике: навеску заливали определенным количеством дистиллированной воды. Затем смесь нагревали на водяной бане при непрерывном перемешивании и доводили до кипения на электроплитке. Полученные растворы оставляли для естественного охлаждения на несколько часов.

Качество получаемых композиций оценивалось по показателям pH, электропроводности и вязкости. Измерение вязкости коллоидных систем проводили с помощью ротационного вискозиметра ЭАК-2М, предназначенного для оперативного контроля реологических показателей различных веществ. Определение pH проводилось прибором pH-150МИ, который предназначен для измерения активности ионов водорода (pH), окислительно-восстановительных потенциалов (Eh) и температуры водных растворов. Измерение pH осуществляется в цифровой форме с помощью измерительного преобразователя

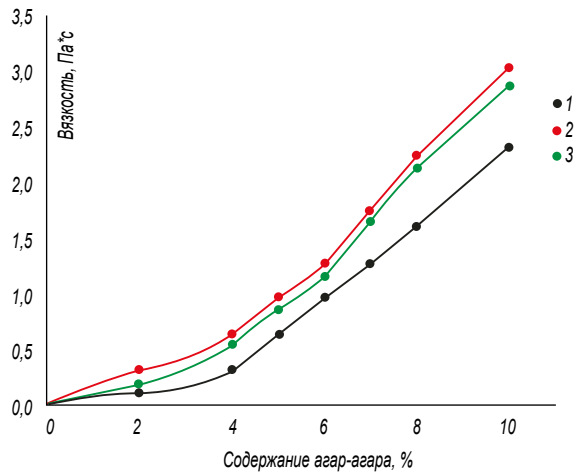


Рис. 2 – Изменение вязкости гелевой системы на водной основе от содержания агар-агара после приготовления (1), через сутки (2) и после УЗО (3)

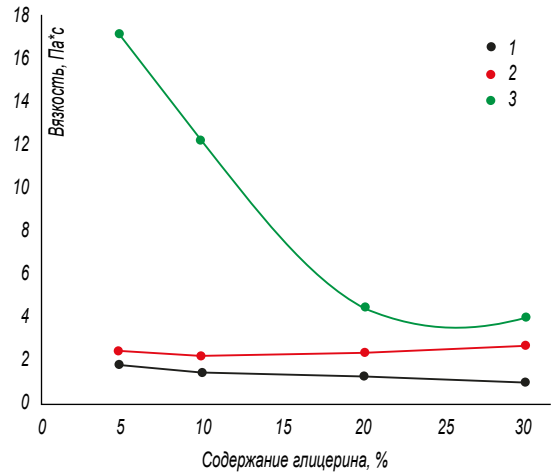
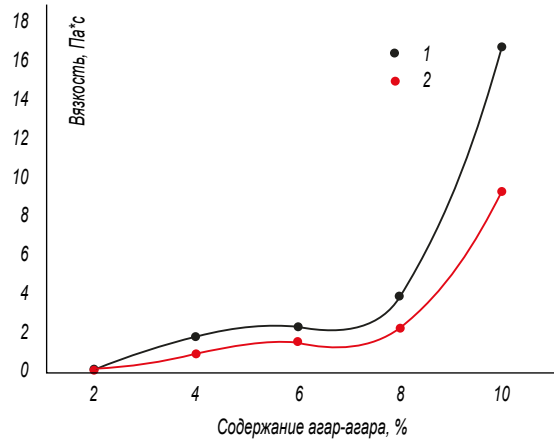
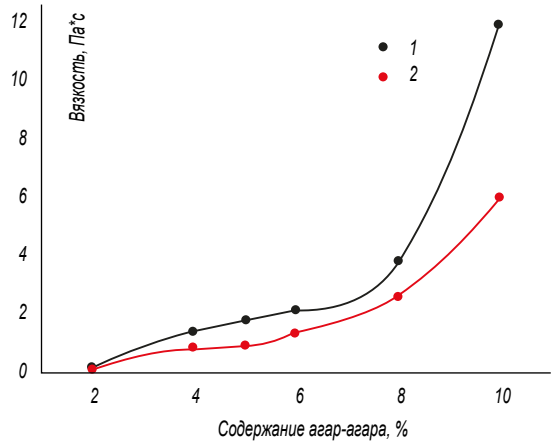


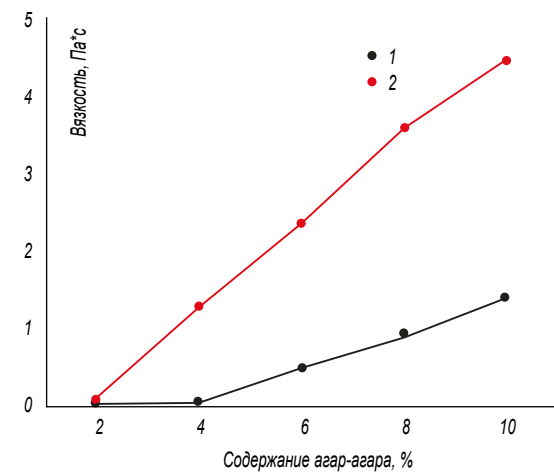
Рис. 3 – Изменение вязкости гелевой композиции с 4 (1), 6 (2) и 10 % (3) агар-агара в зависимости от содержания глицерина



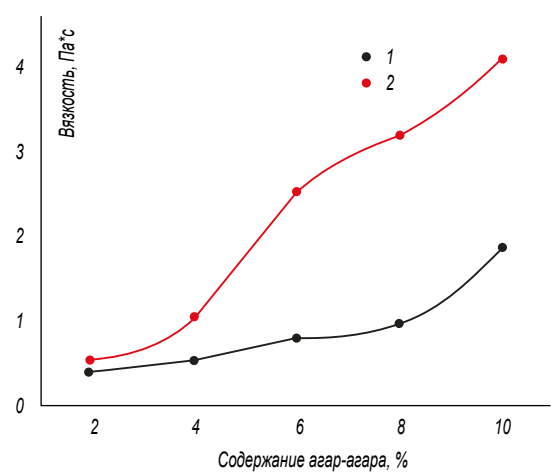
а



б



в



г

Рис. 4 – Изменение вязкости гелевой системы на основе вода-глицерин с 5 % (а), 10 % (б), 20 % (в) и 30 % (г) глицерина от содержания агар-агара после приготовления (1), через сутки (2) и после УЗО (3)

и набора электродов. Для определения электропроводности использовался кондуктометрический анализ на приборе TDS/ EC метр HM COM-80. Этот прибор представляет собой измеритель электропроводности (EC Диапазон), общего содержания растворенных солей (TDS Диапазон) и температуры жидкостей.

Гелевые системы обрабатывались в ультразвуковом аппарате «Малыш» модели УЗТА-0,05/27-0 с частотой возбуждаемых колебаний 27 кГц и мощностью 100 Вт, производитель – ООО «Центр ультразвуковых технологий».

Результаты и обсуждение

При получении гелевых систем на основе агар-агара прежде всего были рассмотрены водные растворы, а затем и содержащие глицерин. Выбор концентрации растворов в воде основывался на литературных данных о концентрации агар-агара, обеспечивающей устойчивое гелеобразование при комнатной температуре [9]. Исследования проводились в диапазоне концентрации агар-агара от 2 до 15 %. Агаровые гели готовили смешиванием водного раствора с агар-агаром в различных концентрациях. Проводились измерения водородного показателя (рН), электропроводности (μS), количества растворенных в воде элементов (ppm) и вязкости (Па·с). Результаты проведенных измерений представлены в таблице.

С увеличением содержания агар-агара вязкость повышается до 58,06, электропроводность – до 246 и содержание растворенных в воде элементов – до 121, а значения рН снижаются до 6,01. Резкое повышение вязкости происходит при содержании агар-агара более 10 %. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что содержание агар-агара в гелевой системе не должно превышать 10 %. Наиболее подходящим для получения кремовой основы является содержание агар-агара 4-6 %.

Для оценки структурной завершенности в приготовленных растворах были проведены измерения вязкости (реологические характеристики растворов) непосредственно после приготовления и охлаждения, а затем повторно через сутки. Кривые приведены на рисунке 2. Полученные кривые свидетельствуют о том, что в течение суток происходит повышение и стабилизация значений вязкости, то есть идет процесс вызревания геля [13]. Последующая ультразвуковая обработка приготовленных на воде гелей практически не влияет на их вязкость.

На основе полученных результатов можно высказать предположение о характере структурообразующих процессов при формировании геля. Вполне вероятно, что при малой концентрации агар-агара наибольшее число межмолекулярных связей соответствует взаимодействию агар-агара и воды, взаимодействие вода–вода слабо сказывается на реологических свойствах раствора, а взаимодействие агар-агара выражено слабо из-за большого расстояния между молекулами. При возрастании концентрации появляются заметное количество связей агар-агара, возможно, часть их реализуется опосредованно через молекулы воды. Затем число таких опосредованных связей уменьшается, а число связей агар-агара возрастает непропорционально, вследствие пространственных затруднений [7].

Затем были получены и исследованы композиции с агар-агаром, содержащие глицерин от 5 до 30 %, то есть система вода–глицерин–агар. Присутствие глицерина в основном сказывается на вязкости композиции, по другим характеристикам изменения не существенные. С повышением содержания глицерина вязкость системы снижается, причем чем больше содержание гелеобразователя (агар-агара) тем ярче проявляется эта закономерность (рис. 3). Присутствие глицерина приводит как к снижению вязкости, так и стабилизации ее значений. Такие системы перспективны для использования в качестве основ при изготовлении кремов различного назначения. При этом важное значение имеет соотношение вода–глицерин–гелеобразователь. Вариацией составляющих

компонентов можно получить систему средней вязкости с необходимыми реологическими свойствами.

Последующая выдержка полученных гелевых композиций обеспечивает вызревание системы, а ультразвуковая обработка способствует некоторому снижению и стабилизации ее показателей по вязкости (рис. 4). Чем больше содержание глицерина, тем нагляднее эффект снижения и стабилизации показателей вязкости системы. Наиболее наглядно это проявляется для композиций, содержащих 4-6 % агар-агара при любом количестве глицерина в системе. Следовательно, такие композиции наиболее перспективны для получения кремов лечебно-косметического назначения.

Таким образом, при исследованиях реологических свойств гелевых композиций с агар-агаром для лечебно-косметических препаратов нами было установлено оптимальные консистенции для получения кремовой основы. Показано, что ультразвуковой обработкой можно направленно регулировать состояние и качественное изменение вязкости гелевых систем. Полученные результаты проведенных исследований показывают перспективность использования гелевых композиций с агар-агаром при разработке кремов лечебно-косметических препаратов.

Литература

- 1 Химия для косметической продукции. / Под ред. Ованесяна П. Ю. – Красноярск: Марта, 2001.
- 2 Евмешкина Т. В. Химическая природа, свойства и применение агара / Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сборник статей по материалам LVII международной студенческой научно-практической конференции. – № 9 (56) – 2017. – Россия, 2017. – С. 39-41.
- 3 Usov A. I. Polysaccharides of the red algae // *Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry*. – 2011. – Vol. 65 – P. 115-217.
- 4 Delattre C., Fenoradosa T. A., Michaud P. Galactans: An Overview of their Most Important Sourcing and Applications as Natural Polysaccharides // *Brazilian Archives of Biology and Technology*. – 2011. – Vol. 54. – № 6. – P. 1075-1092.
- 5 Burey P., Bhandari B. R., Howes T. & Gidley M. J. Hydrocolloid Gel Particles: Formation, Characterization, and Application // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48:5, 361-377, DOI: 10.1080/10408390701347801.
- 6 Hoefler A. C. *Hydrocolloids*. – Eagen Press, Minnesota. 2004. – P. 379-395.
- 7 Шипунов Б. П., Коптев В. Е., Маркин В. И. Особенности реологии растворов агар-агара // *Химия растительного сырья*. – 2018. – № 1. – С. 53-60. DOI: 10.14258/jcprm. 2018013720
- 8 Sousa A. M., Borges J., Silva A. F., Goncalves M. P. Influence of the extraction process on the rheological and structural properties of agars // *Carbohydrate Polymers*. – 2013. – Vol. 96. – № 1. – P. 163-171. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.03.070
- 9 Demchenko D. V., Pozharitskaya O. N., Shikov A. N., Flisyuk E. V., Rusak A. V., Makarov V. G. Rheological Study of Agar Hydrogels for Soft Capsule Shells // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. – 2014. – Vol. 47. – № 10. – P. 556-558. <https://doi.org/10.1007/s11094-014-1004-z>
- 10 Lapasin R., Prici S. *Rheology of Industrial Polysaccharides: Theory and Applications/ Springer Verlag*, 1995. ISBN: 978-1-4613-5915-9. – 618 p. DOI <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2185-3>
- 11 Патент № 2477650 Российская Федерация, МПК В 01 J 19/10, В 01 F 11/02. Способ ультразвуковой кавитационной обработки жидких сред / Геталов А. А., Делюхин Е. Е., Гиниятуллин М. М., Сироткин А. С. – Заявитель и патентообладатели Геталов А. А., Делюхин Е. Е., Гиниятуллин М. М., Сироткин А. С. – № 2011130933/05. – Заявлено 25.07.2011. – Опубликовано 20.03.2013. – Бюллетень № 8. – 10 с.
- 12 Ishtiaq F., Farooq R., Farooq U. Ather Farooq, M. Siddique Hasnain Shah, M-UI-Hassan, M. A. Shaheen Application of Ultrasound in Pharmaceuticals // *World Applied Sciences Journal* 6 (7): 886-893, 2009 [http://www.idosi.org/wasj/wasj6\(7\)/4.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj6(7)/4.pdf)
- 13 Бабиян Л. К., Шрамм Н. И., Трухина В. И., Чиркова М. А., Рюмина Т. Е. Разработка технологии и исследование лечебно-косметических кремов с фитоконпонентами. // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 3. Фармацевтические науки.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОБ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КАРАЧАГАНАК»

• В статье рассматриваются результаты исследования физико-химических свойств нефти, конденсата и пластовой воды. Установлено, что нефть «Карачаганак» относится к высокосернистым, малосмолистым, парафинистым легким нефтям, а конденсат – к легким, сернистым и парафинистым жидким углеводородам, нефть обладает низкими эмульгирующими свойствами, а добавление конденсата незначительно ухудшает этот показатель. Считаем, что эти данные необходимы для проведения дальнейшего исследования месторождения «Карачаганак».

• Мақалада мұнай конденсаты мен қойнау судың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері қарастырылады. Қарашығанақ мұнайы жоғары күкіртті, төмен шайырлы, парафинді жеңіл майға, ал конденсат-жеңіл, күкіртті және парафинді сұйық көмірсутектерге, мұнайдың төмен эмульгаторлық қасиеттеріне жататыны, ал конденсаттың қосылуы бұл көрсеткішті едәуір нашарлататыны анықталды. Бұл деректер Қарашығанақ кен орнын одан әрі зерттеу үшін қажет деп санаймыз.

• The article considers the results of research on the physical and chemical properties of oil condensate it is established that Karachaganak oil belongs to high-sulfur, low – resinous, paraffin light oils, and condensate to light, sulfur and paraffin liquid hydrocarbons, that oil has low emulsifying properties, and the addition of condensate slightly worsens this indicator. We believe that this data is necessary for further research of the Karachaganak field. and reservoir water.

Исследовались пробы нефти, отобранной с устья скважины № 139 (III объект), интервалы перфорации – 5072-5144, 5164-5174, 5185-5196; интервалы отбора пробы – нижний карбон, нефтяная часть; режим отбора – $P_{\text{гол.}} = 21$ МПа, диаметр штуцера – 20 миллиметров.

Проба конденсата была отобрана после трехфазного сепаратора на УКПГ-16.

Результаты анализов физико-химических свойств указанных проб приведены в таблице 1. и здесь же даются ссылки на методы анализа.

Из данных таблицы следует, что рассматриваемая нефть относится к высокосернистым, малосмолистым, парафинистым легким нефтям, а конденсат – к легким, сернистым и парафинистым жидким углеводородам.

Как конденсат, так и нефть являются безводными, содержат незначительное количество механических примесей (0,013 в нефти скважины № 139 «д»). Содержание хлористых солей (промывкой горячей дистиллированной водой и последующим ручным титрованием) в конденсате – 10 мг/л, в нефти – 39 мг/л. Вязкость кинематическая как для конденсата, так и для нефти довольно низкая и резко не меняется с ростом температуры от 20 до 80 °С. По коэффициенту светопоглощения (КСП) можно судить о конденсате и нефти месторождения «Карачаганак» как о светлых, с низким содержанием высокомолекулярных красящих компонентов. Действительно, в конденсате асфальтены отсутствуют, есть незначительное количество силикагелевых смол (0,64 %). В нефти содержится 0,087 % асфальтенов и 1,83 % силикагелевых смол. Причем у асфальтенов невысокий коэффициент светопоглощения –

2108, что говорит об их низком молекулярном весе. Так как нефть и конденсат очень легкие, высокий процент летучих, которые по данному методу (по Маркуссону) определяются по разнице от 100 % содержания компонентов: асфальтенов, смол, масел, парафинов [1].

Аналогичные анализы были выполнены и для нефти из скважины № 13 и конденсата из скважины № 10. Естественно, некоторые свойства этих жидкостей изменились. Например, поверхностное натяжение нефти на границе с дистиллированной и пластовой водой составляло всего 2,66 и 1,2 мН/м соответственно. Это явление известно и объясняется образованием ПАВ в нефти в результате окисления. Поэтому эксперименты, связанные с поверхностными явлениями, на этих системах проводить не имело смысла. Отметим лишь невысокое значение КСП асфальтенов нефти – 2463 (содержание – 0,09 %), появление асфальтенов в конденсате (0,013 %, КСП – 2495), содержание парафинов соответственно 4,56 и 1,77 %, температура их плавления – 63 и 48,2 °С. Содержание в нефти воды – 10,1 %, солей – более 35 000 мг/л.

Спектры ИК – поглощения образцов нефти и конденсата месторождения «Карачаганак» были записаны на спектрометре record 75-JR. Использовались кюветы с окошками из КВг толщиной 0,048 миллиметра. В исследуемой области поглощения (1900-600 см^{-1}) спектры нефти и конденсата практически одинаковы. Образцы отличаются относительно большим содержанием парафиновых групп (поглощение – CH_2 – с максимумом 720 см^{-1}) и малым содержанием ароматики (поглощение $\text{C}=\text{C}$ ароматического кольца в области 1600 см^{-1}). Полосы поглощения в области 1000-1200 см^{-1} дают основание

Таблица 1

Физико-химические характеристики нефти и конденсата

Наименование показателей	Конденсат с УКПГ-16	Нефть скважины № 139 «Д»
Плотность при 20 °С по ГОСТ 27844-88, кг/м ³	800	836
Содержание воды по ГОСТ 2477-65, %	Отс.	Отс.
Содержание механических примесей по ГОСТ 6370-83, %	Отс.	0,013
Содержание хлористых солей по ГОСТ 21534-76, мг/л	10	39
Вязкость кинематическая по ГОСТ 33-2000, мм ² /с		
при 20 °С	3	6,69
при 30 °С	2,42	5,18
при 40 °С	2,09	4,26
при 50 °С	1,67	3,48
при 60 °С	1,63	3,39
при 70 °С	1,38	2,92
при 80 °С	1,24	2,5
Коэффициент светопоглощения, КСП [5]	5	37
Поверхностное натяжение на границе нефть-вода по методике, мН/м [74]	38,6	34
Компонентный состав по ГОСТ 11858-66, % мас.		
асфальтены	Отс.	0,087
их КСП	–	2108
силикагелевые смолы	0,64	1,83
их КСП	755	1461
депарафинизированное масло	56,89	66,1
парафины	2,56	3,8
потери и летучие	39,91	28,18
Температура плавления парафина по ГОСТ 4255-75, °С	65,8	69,5
Температура застывания, °С	-19	Ниже -20

Таблица 2

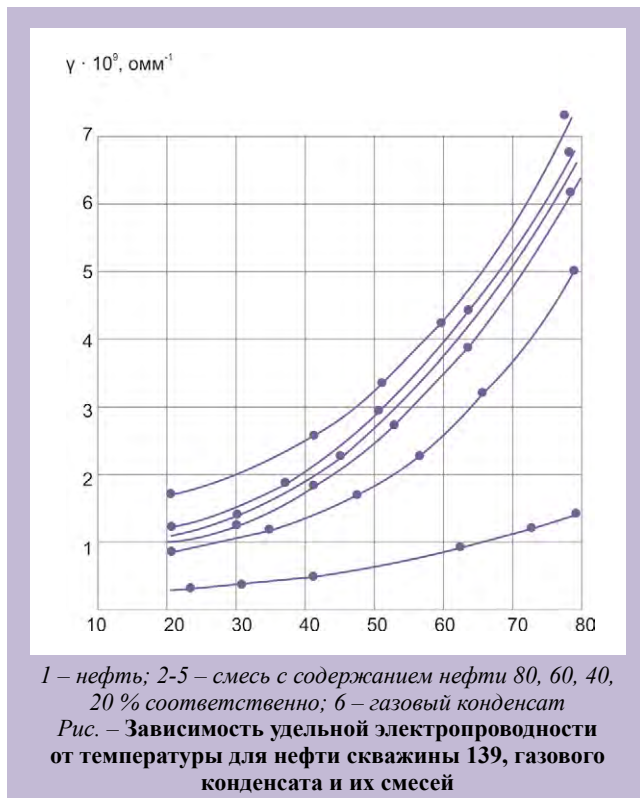
Распределение атомов углерода

	% Са	% Сп	% Сн (по разности)
Конденсат	20,7	59,8	19,5
Нефть	20,7	58,1	21,2

Таблица 3

Минимальная активная мощность, кВА

Напряженность электрического поля, 10 ⁶ В/м	Минимальная активная мощность при температурах, °С						
	20	30	40	50	60	70	80
Расстояние между электродами 0,4 м							
1,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,7
1,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3
1,	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1
0,9	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9
0,8	0,7	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7
Расстояние между электродами 0,3 м							
1,67	0,4	0,5	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1
1,47	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6
1,33	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4
1,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1
1,07	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9
Расстояние между электродами 0,2 м							
2,5	0,5	0,8	1	1,4	1,8	2,4	2,9
2,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8	2,2
2	0,3	0,5	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9
1,8	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5
1,6	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	1	1,2



предполагать наличие эфирных С-О-С-групп, ряд полос расположенных от 750 до 900 см⁻¹ относится к ароматическим кольцам разной степени замещенности.

Показатель ароматичности, определяемый как отношение оптической плотности в максимуме полосы 1600 см⁻¹ к плотности поглощения при 720 см⁻¹, также практически одинаков для обеих проб, равен 0,39 для конденсата и 0,41 – для нефти, что несколько больше соответствующей величины для нефти месторождения «Жанажол» (0,28), но значительно меньше, чем для кенкиякской нефти (0,71).

Другой коэффициент, определяемый как отношение плотности поглощения групп – СН₂ – парафиновых цепочек (720 см⁻¹) к плотности поглощения метильных групп – СН₃ (1380 см⁻¹), характеризует длину (или разветвленность) цепей. Он значительно выше, чем найденный для кенкиякской нефти (0,13) и равен 0,25 и 0,24 соответственно для конденсата и нефти.

Отсутствие в образцах заметного количества асфальтенов и смол позволило использовать для расчета распределения атомов углерода уравнения, используемые для масел [2]. С некоторым приближением получены результаты, которые сведены в таблицу 2.

Пользуясь полученными данными можно оценить критерий эмульгируемости нефти по выражению [4]:

$$И = (A / C) \cdot (Cп / Ca), \quad (1)$$

где А и С – содержание асфальтенов и смол в нефти, %; Сп и Са – доля парафиновых и ароматических углеводородов в дисперсионной среде, %.

Подставляя измеренные значения параметров в формулу, получим И = 0,13, что говорит о сравнительно низких эмульгирующих свойствах рассматриваемой нефти.

Для оценки и прогнозирования эффективности работы электродегидраторов были измерены значения удельной электропроводности проб нефти и газового конденсата,

полученных на месторождении «Карачаганак», а также их смесей при различных температурах.

Необходимым условием корректного определения этого параметра является создание однородного электрического поля в объеме исследуемой жидкости, которое во время измерения не должно нарушаться. Измерения проводились в двухэтажной герметичной термостатируемой ячейке. Пробы предварительно центрифугировались для удаления следов воды. Полученные данные, представленные на рисунке 1, показывают, что исследованные нефть и газовый конденсат имеют низкие значения удельной электропроводности, что создает благоприятные условия для эффективной электродеэмульсации их при относительно низких температурах.

Для сравнения можно отметить, что легкая западно-сибирская нефть, на которых работают электродегидраторы ЭГ 200-10, имеют более высокую удельную электропроводность ~ 10⁻⁸ (Ом · м)⁻¹.

На основании измерения удельной электропроводности можно рассчитать минимальную активную мощность, которую необходимо расходовать для поддержания в объеме нефти электрического поля определенной напряженности.

За основу взят аппарат типа ЭГ 200-10. Площадь электродов – 60 м². Расстояние между электродами – 0,4; 0,3; 0,2 метра. Коэффициент формы системы двух электродов в этих случаях соответственно равен 1,46; 1,56; 1,7 [3]. Разность потенциалов между электродами может принимать ряд значений: 5 · 10⁴; 4,4 · 10⁴; 4 · 10⁴; 3,6 · 10⁴; 3,2 · 10⁴ В. В зависимости от расстояния между электродами в аппарате может быть получено электрическое поле напряженностью от 2,5 · 10⁵ В/м до 0,8 · 10⁵ В/м. В таблицу 3 помещены результаты расчета величины минимальной активной мощности для разной температуры нагрева нефти.

Для успешной деэмульсации нефти в электродегидраторе номинальная мощность трансформатора должна быть больше номинальной активной мощности, необходимой для поддержания электрического поля требуемой напряженности. Для нефти месторождения «Карачаганак» данное условие выполняется, что делает возможным применение электродегидраторов для подготовки нефти скважины № 139 «д» и смеси ее с конденсатом. При этом мощность стандартного трансформатора электродегидратора ЭГ 200-10 может быть снижена на порядок.

Необходимо отметить, что по данным измерениям электропроводности пробы нефти из одной скважины нельзя делать выводы для всего месторождения, так как нефть, полученная из разных скважин, может иметь различную электропроводность.

Литература

1. Сидури Ю. В. и др. О выборе конструктивных параметров электродов и мощности трансформаторов электродегидратора // Машины и нефтяное оборудование, 1980 – № 11 – С. 24-25.
2. Травинский. Подбор оптимальных вариантов определения структурного состава моторных масел методом ИК-спектрофотографии // Nafta, 1973 – № 1 – С. 28-31.
3. Соколов А. Г., Лесухин С. П. Исследование очистки сточной воды от сероводорода методом отдувки в аппарате с вертикальными решетками // Добыча, сбор, подготовка нефти, газа и воды на поздней стадии разработки нефтяных месторождений / Тр. Гипровостокнефть – Куйбышев, 1984 – С. 110-115.
4. Bayamirova R., Bissengaliev M. The study of structural-mechanical properties of complex oil-water emulsions of the deposits in Western Kazakhstan // European Journal of Natural and Social Sciences. Том 7 – № 1 (2018).
5. Bayamirova R., Bissengaliev M. Suierovb Experimental study of structural-mechanical properties of heavy oil // Studia ubb chemia, lxx, 1, 2020 – P. 233-244 (recommended citation) doi:10.24193/ subbchem.2020.1.18

СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ И БЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ БЕДНЫХ РУД В МАЛОМОЩНЫХ КРУТОПАДАЮЩИХ ЗАЛЕЖАХ (ЖИЛАХ)

- Для отработки бедных и рядовых руд в маломощных крутопадающих рудных залежах (жилах), залегающих в различных горно-геологических условиях, предлагается использовать варианты системы разработки с подэтажными штреками и формированием столбчатых целиков для поддержания пород всяческого бока, позволяющих обрабатывать блоки большой длины без захода людей в очистное пространство и повысить интенсивность отработки запасов руды в 2 и более раз за счет ведения очистных работ на нижележащем подэтаже одновременно с проходкой буровой выработки на вышележащем подэтаже и попутной добычей руды из этой выработки и бурением скважин для будущей очистной выемки на этом этаже.
- Түрлі таукен-геологиялық жағдайларда жатқан жұқа қабатты тіп-тіке құламалы желілердегі құнарсыз және қатарласқан кендерді өңдеу үшін қабатаралық қуақаздармен және аспалы бүйір жыныстарын ұстап тұратын бағаналы кентіректерді қалыптастыра отырып қазу жүйесінің нұсқаларын қолдану ұсынылады, мұндай жүйелер төмен жатқан аралық этажда тазарту жұмыстарын жоғары жатқан этажда бұрғылық қазындыны игере қазып отыру жұмыстарымен және сол бұрғылық қазындыдан кенді ілеспе түрде қазумен және сол қабатта келешекте тазартып ойып алу үшін ұңғымаларды бұрғылаумен қатар түрде жүргізіп отырудың есебінен адамдардың тазартылатын кеңістікке енуінесіз ұзындығы үлкен блоктарды игере қазып отыруға және кен қорларын игеріп қазудың қарқындылығын 2 және одан көп мәрте арттыруға мүмкіндік береді.
- To exercise the poor and run-of-mine ores in thin steep dipping ore deposits (mineral veins), embedded in various subsurface conditions, it is proposed to use variants of the development system with sublevel roadways and the formation of columnar dummies to support the superincumbent beds, allowing to exercise the blocks of large length without people entering in working excavation and increase the intensity of exercising the ore reserves by 2 or more times due to the second workings on the lower sublevel simultaneously with the sinking of the drilling working on the overlying sublevel and accompanying ore mining from this working and drilling of wells for the future second mining on this layer.

В практике отработки запасов жильных месторождений широко известны варианты систем разработки тонких жил с магазинированием руд, при которых рудную залежь, подготовленную этажным способом, разделяют на отдельные выемочные блоки, запасы руды в которых обрабатывают в восходящем порядке с потолкоуступным забоем со шпуровой отбойкой горизонтальными (слабонаклонными) шпурами ручными перфораторами с пневмоподдержкой или с горизонтальной поверхностью забоя со шпуровой отбойкой восходящими шпурами телескопическими перфораторами [1-5].

Отработка запасов блока производится горизонтальными слоями в восходящем порядке, при этом отбитая руда полностью не выпускается, а остается в блоке и с нее осуществляется отбойка очередного слоя руды.

Условия применения данной системы являются наиболее распространенными для отработки жильных месторождений с крутыми углами падения (более 60°), мощностью от 0,6 до 5 метров и выдержанным залеганием. Вмещающие породы

и руда должны быть более средней устойчивости. Руда не должна слеживаться, окисляться и самовозгораться.

Недостатки данных систем разработки:

– невозможность отработки длинными блоками по простиранию протяженной крутопадающей залежи из-за ограниченной длины устойчивых обнажений пород кровли, что приводит к разделению залежи на множество коротких блоков и проведению большого количества вентиляционно-ходовых восстающих на флангах этих блоков и значительным материальным и трудовым затратам на проведение и обустройство этих выработок;

– высокая вероятность потерь отбитой руды в блоках с ослабленными вмещающими породами из-за площадных отслоений пород всяческого бока. Величина таких отслоений пропорциональна увеличению пролетов обнажений и времени отработки блоков. Наибольшие величины отслоений могут происходить в средней части магазина руды. В результате конвергенции (сближения) стенок выработанного пространства происходит зажатие отбитой руды в магазине,

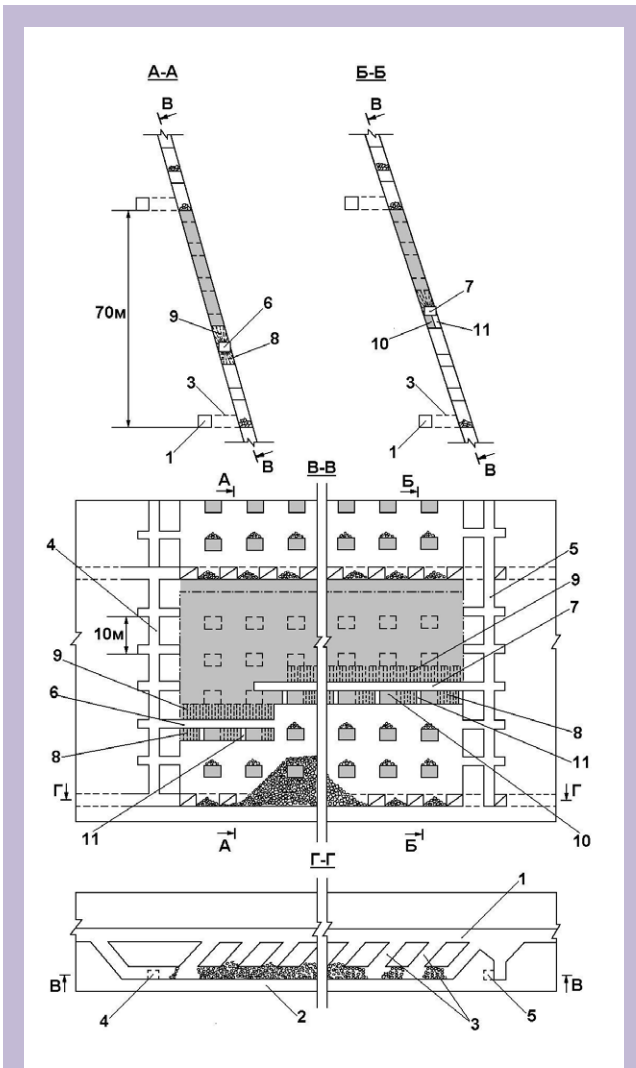


Рис. 1 – Вариант системы разработки с подэтажными штреками и узкой сеткой формирования междукamerных столбчатых целиков

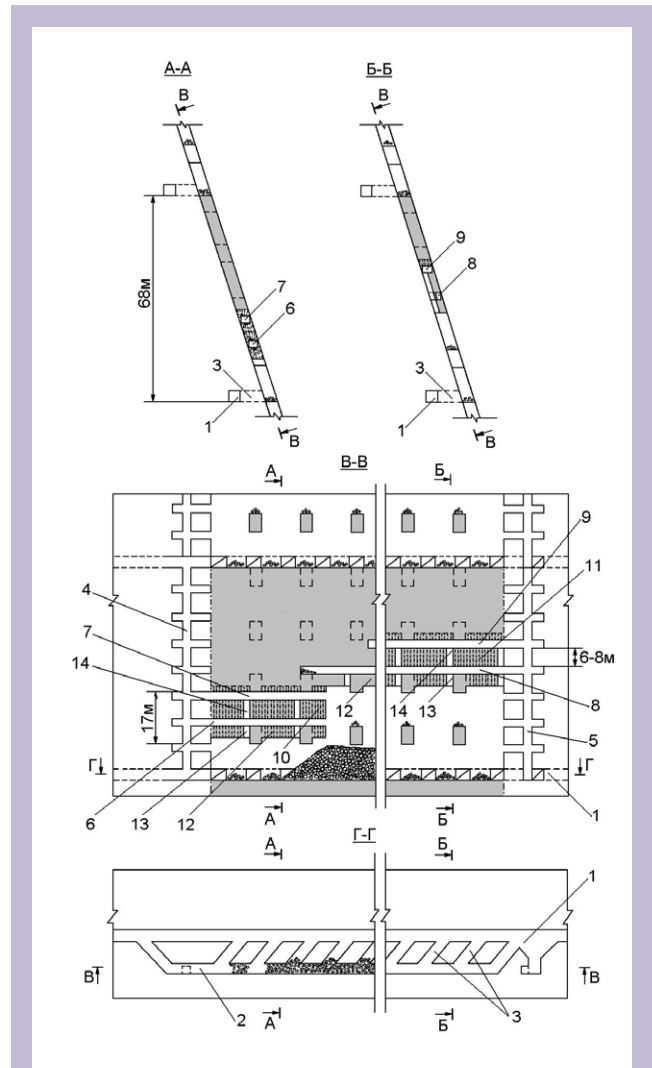


Рис. 2 – Вариант системы разработки с подэтажными штреками и широкой сеткой формирования междукamerных столбчатых целиков

от чего выпуск становится затруднительным, опасным, а иногда и невозможным.

Для отработки бедных и рядовых руд в крутопадающих рудных залежах (жилах) малой мощности от 0,6 до 3 метров, расположенных на участках с весьма неустойчивыми вмещающими породами, предлагается вариант с узкой сеткой формирования междукamerных целиков.

Сущность этого варианта системы разработки с подэтажными штреками заключается в следующем (рис. 1).

Крутопадающую рудную залежь разбивают на этажи с разделением на блоки, которые в свою очередь разбивают на подэтажи. При этом высота этажей (блоков) составляет 60-70 метров, а длина блоков по простиранию порядка – 150 метров и более. В нижней части блока в лежачем боку по простиранию рудной залежи проходят полевой транспортный штрек 1 и параллельно ему по рудной залежи – траншейный штрек 2. Оба штрека сбивают между собой погрузочными заездами 3 через 10-12 метров. На флангах блока проходят вентиляционно-ходовые восстающие выработки 4, 5, соединяющиеся с транспортным штреком 1. В верхней части обрабатываемого блока вентиляционно-ходовые восстающие выработки сбивают с вышележащим транспортным штреком обработан-

ного ранее блока. Между вентиляционно-ходовыми восстающими выработками проходят подэтажную буровую выработку 6 на нижнем подэтаже и 7 на вышележащем подэтаже.

После завершения указанных подготовительных работ приступают к очистным работам.

Очистную выемку в блоке производят в восходящем порядке.

При этом отработку камерных запасов на подэтажах ведут с опережением каждой нижележащей камеры по отношению к вышележащей. Отбойку камерных запасов на подэтажах производят путем взрывания зарядов взрывчатого вещества в веерных комплектах нисходящих 8 и восходящих 9 шпуров, пробуренных из буровых выработок 6, 7. Расстояние между подэтажными буровыми выработками 6, 7 принимают равным 9-10 метров, чтобы использовать малогабаритные буровые установки с перфоратором ПТ-38, установленным на телескопические раздвигающиеся пневматические податчики для бурения нисходящих 8 и восходящих шпуров 9 глубиной 3-4 метра и диаметром 36-40 миллиметров, что позволит обеспечить оптимальное дробление руды и минимальное разубоживание пустой породой из лежачего и висячего боков залежи.

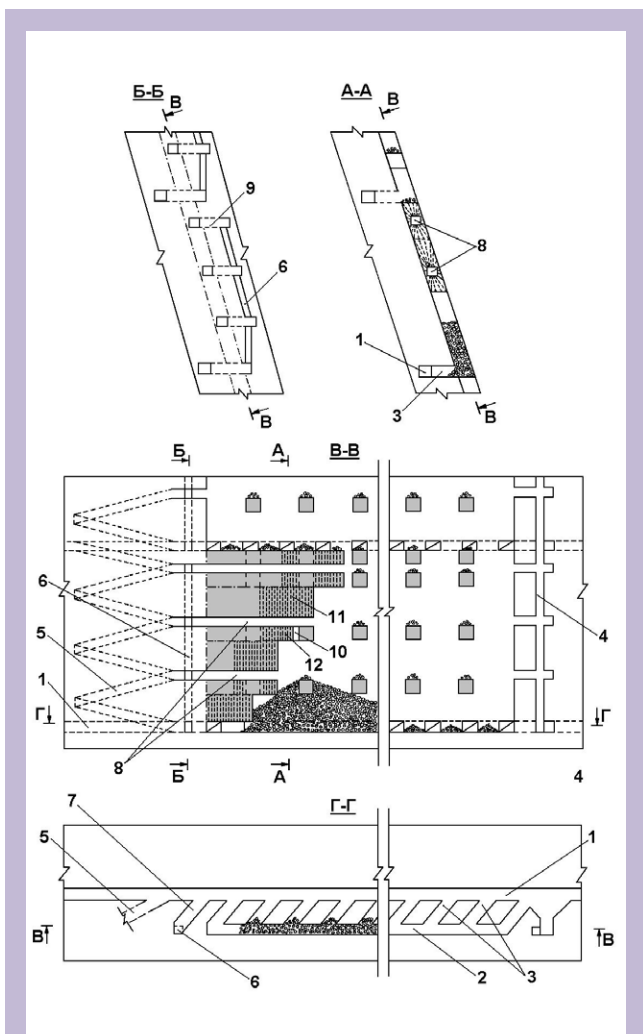


Рис. 3 – Способ разработки крутопадающих рудных залежей с подэтажными штреками, формированием столбчатых целиков и использованием самоходных буровых и погрузочно-доставочных машин

В результате проходки буровой выработки 7 на вышележащем подэтаже и отработки камерных запасов на нижележащем подэтаже, между буровой выработкой 7 и выработанным пространством нижележащей камеры образуется временный ленточный целик 10, в котором из буровой выработки 7 проходят короткие восстающие выработки (отрезные щели) 11, сбиваемые с выработанным пространством нижележащей камеры.

Причем отрезные щели 11 проходят через расстояние, равное ширине принятой сетки расположения столбчатых междукамерных целиков квадратной или прямоугольной формы, которые оформляют путем одновременной послышной отбойки руды зарядами взрывчатого вещества в восходящих 8 и нисходящих шпурах 9, пробуренных из буровой выработки 6 в обрабатываемой камере на нижележащем подэтаже и в образованном ранее временном ленточном целике 10, параллельно отрезным щелям 11.

Ширина сетки расположения междукамерных столбчатых целиков в блоке принимается равной высоте подэтажа и составляет 9-10 метров. Данная величина привязана к максимальной (4 метра) глубине бурения восходящих и нисходящих шпуров 8, 9 перфоратором ПТ-38 и соответ-

ствует минимальной длине скрепления отбитой руды при проходке буровых выработок 6, 7, что позволит проходить эти выработки с высокой скоростью.

Свежий воздух для проведения указанных очистных и проходческих выработок поступает из транспортного штрека 1 в вентиляционно-ходовой восстающий штрек 4, из которого проходит в буровую выработку 6 на отработываемом подэтаже. Затем свежий воздух проникает в выработанное пространство камеры и по восстающим штрекам 11 поступает в буровую выработку 7 и далее загрязненная струя достигает вентиляционно-ходового восстающего 5 и выдается в транспортный штрек вышележащего отработанного блока. При этом дополнительно используется вентилятор местного проветривания для подачи свежего воздуха в тупиковую часть буровой выработки 7, где осуществляются проходческие работы.

Таким образом, чередуя отработку камерных запасов руды и оформление междукамерных целиков на нижележащем подэтаже с проходкой буровых выработок на вышележащем подэтаже и разбуриванием камерных запасов из них, производят отработку запасов всего блока.

Достоинством этой системы разработки является то, что очистную выемку ведут без захода людей в очистное пространство, которые находятся на безопасных рабочих местах. При этом очистную выемку ведут одновременно с проведением на вышележащем подэтаже буровых выработок с попутной добычей руды. Более того, также одновременно в выработках осуществляют буровые работы для подготовки камерных запасов на этом подэтаже к будущей очистной выемке. При этом, используя несложное и недорогое малогабаритное переносное буровое оборудование можно обеспечить высокую интенсивность буровых работ, и к моменту отработки запасов на нижележащем подэтаже без задержки приступить к отработке камерных запасов на вышележащем подэтаже. Кроме этого, за счет оформления междукамерных целиков по определенной сетке с устойчивыми пролетами между ними сводится к минимуму вероятность площадных отслоений пород из всякого бока залежи. Но даже при наличии на отдельных участках залежи сильно трещиноватых и весьма неустойчивых вмещающих пород можно легко перейти на вариант с магазинированием руды между столбчатыми целиками и не допустить потери запасов руды в блоке.

Для отработки крутопадающих рудных залежей (жил) малой мощности (от 0,6 до 3 метров), расположенных на участках с устойчивыми и среднеустойчивыми вмещающими породами предлагается вариант системы разработки с широкой сеткой междукамерных целиков.

Сущность этого варианта системы с подэтажными штреками заключается в следующем (рис. 2).

Крутопадающую рудную залежь разбивают на этажи с разделением на блоки, которые в свою очередь разбивают на подэтажи. При этом высота этажей (блоков) составляет 60-70 метров, а длина блоков по простиранию порядка – 150 метров и более. В нижней части блока в лежачем боку по простиранию рудной залежи проходят полевой транспортный штрек 1 и параллельно ему по рудной залежи – траншейный штрек 2. Оба штрека сбивают между собой погрузочными заездами 3 через 10-12 метров. На флангах блока проходят вентиляционно-ходовые восстающие выработки 4, 5, соединяющиеся с транспортным штреком 1. В верхней части обрабатываемого блока вентиляционно-ходовые восстающие выработки 4, 5 сбивают с вышележащим транспортным штреком отработанного ранее блока. Между вентиляционно-ходовыми восстающими выработками

проходят подэтажные буровые выработки 6, 7 на нижнем подэтаже и 8, 9 на вышележащем подэтаже.

После завершения указанных подготовительных работ приступают к очистным работам.

Отбойку камерных запасов на нижележащем подэтаже производят путем взрывания зарядов взрывчатого вещества в веерных комплектах шпуров 10 пробуренных ранее их буровых выработок 6, 7. В это же время на вышележащем подэтаже осуществляют проходку буровых выработок 8, 9 и одновременно производят бурение шпуров 11 для будущей отбойки камерных запасов на этом подэтаже. Расстояние между подэтажными буровыми выработками 8, 9 принимают равным 6-8 метрам.

В результате проходки буровой выработки 8 на вышележащем подэтаже и отработки камерных запасов на нижележащем подэтаже, между буровой выработкой 8 и выработанным пространством нижележащей камеры образуется временный ленточный целик 12, в котором из буровой выработки 8 проходят короткие восстающие выработки (отрезные щели) 13, сбиваемые с выработанным пространством нижележащей камеры, а в створе с восстающей выработкой 13 между буровыми выработками 8, 9 проходят короткие восстающие выработки 14, которые используют для перепуска отбитой руды при проходке буровых выработок 8, 9. При этом для безопасного использования отрезных щелей 13, 14 в качестве рудоспусков в месте их соединения в буровой выработке 8 сооружают специальные ограждения, связывающие воедино эти восстающие выработки друг с другом и с выработанным пространством нижележащей камеры.

Междукамерные целики прямоугольной формы оформляют путем одновременной послышной отбойки руды зарядами взрывчатого вещества в восходящих и нисходящих шпурах 10, пробуренных из буровых выработок 6, 7 в обрабатываемой камере на нижележащем подэтаже и в образованном временном ленточном целике 12, параллельно отрезным щелям 13, 14. Ширина сетки расположения междукамерных столбчатых целиков в блоке принимается равной высоте подэтажа и составляет 15-17 метров.

Свежий воздух для проведения указанных очистных и проходческих выработок поступает из транспортного штрека 1 в вентиляционно-ходовой восстающий штрек 4, из которого поступает в буровую выработку 6 на обрабатываемом подэтаже. Затем свежий воздух проходит в выработанное пространство камеры и по восстающим штрекам 13, 14 поступает в буровые выработки 8, 9 и далее загрязненная струя поступает в вентиляционно-ходовой восстающий штрек 5 и выдается в транспортный штрек вышележащего отработанного блока. Также дополнительно используется вентилятор местного проветривания для подачи свежего воздуха в тупиковую часть буровых выработок 8 и 9 где осуществляются проходческие работы.

Таким образом, чередуя отработку камерных запасов руды и оформление междукамерных целиков на нижележащем подэтаже с проходкой буровых выработок на вышележащем подэтаже и разбуриванием камерных запасов из них, производят отработку запасов всего блока.

Для отработки крутопадающих рудных залежей мощностью от 3 до 5 метров предлагается способ разработки с подэтажными штреками и использованием малогабаритного самоходного бурового и погрузочно-доставочного оборудования для проведения проходческих и очистных работ в выемочном блоке (рис. 3).

Горно-подготовительные работы в этом варианте заключаются в проведении в нижней части блока транспортного 1, траншейного 2 штреков, которые сбивают между собой

погрузочными заездами 3, а на фланге блока проходят вентиляционно-ходовой восстающий штрек 4. При этом вместо проведения второго вентиляционно-ходового восстающего штрека на другом фланге блока, осуществляют проходку спирального съезда (заезда) 5 на подэтажи. Рядом со спиральным съездом 5 проходят рудоспуск 6, сбиваемый с транспортным штреком 1 в нижней части блока через заезд 7. Затем начинают проходку буровых выработок 8 на подэтажах, сбивая их через заезды 9 с рудоспуском 6. Далее подэтажные буровые выработки 8 проходят на всю длину блока по простиранию залежи и сбивают с вентиляционно-ходовым восстающим 4.

После завершения указанных подготовительных работ приступают к очистным работам.

Использование высокопроизводительного малогабаритного самоходного оборудования позволяет значительно сократить время на проходку спиральных съездов и буровых выработок 8 на подэтажах и приступить к очистным работам.

Отработку камерных запасов ведут одновременно на нескольких подэтажах с опережением каждой нижележащей камеры по отношению к вышележащей. Для бурения скважин на подэтажах используют высокопроизводительные самоходные буровые установки типа Solo-300, обеспечивая высокую интенсивность очистной выемки. При этом в образовавшихся временных ленточных целиках между выработанным пространством камер и буровых выработок в вышележащих камерах проходят отрезные щели 10 из буровых подэтажных выработок 8 через расстояние, равное ширине принятой сетки расположения междукамерных столбчатых целиков квадратной или прямоугольной формы, которые оформляют путем одновременной послышной отбойки руды зарядами взрывчатого вещества в восходящих 11 и нисходящих 12 веерах скважин, пробуренных и буровой выработки 8 в обрабатываемой камере и в образованном временном ленточном целике, параллельно отрезным щелям 10.

Отбитая в выемочных камерах и временных ленточных целиках руда под действием силы тяжести перемещается в траншейный штрек 2, откуда через заезды 3 при помощи погрузочных машин грузится в автосамосвалы и по транспортному штреку 1 доставляется до ствола.

Свежий воздух для проветривания подается из транспортного штрека 1 по спиральному заезду 5 на подэтажи и далее по буровым выработкам 8 поступает в выработанное пространство блока, откуда загруженная струя воздуха поступает в вентиляционно-ходовой восстающий 4 и выдается к вентиляционному стволу.

Таким образом, чередуя отбойку руды на подэтажах прорезкой руды на подэтажах с прорезкой временного ленточного целика до размеров междукамерных столбчатых целиков и отгрузкой отбитой руды, производят отработку запасов блока.

Литература

- 1 Рафиенко Д. И. Системы с магазинированием руды при разработке жильных месторождений. – М.: Недра, 1967. – 189 с.
- 2 Байконуров О. А. Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений. – Алма-Ата: Наука, 1969. – 605 с.
- 3 Рыков А. Т. Подземная разработка сложных рудных тел. – М.: Недра, 1976. – 143 с.
- 4 Именитов В. Р. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений. – М.: Недра, 1984.
- 5 Агошков М. И. Разработка рудных и нерудных месторождений. – М.: Недра, 1983.

УПРАВЛЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

- Представлены результаты научно-прикладных исследований по разработке математических моделей и программных продуктов производственных процессов инновационной технологии очистных и подготовительных работ в сложных горно-технических условиях отработки угольных пластов, а также формированию программной среды для определения напряженного состояния пород вблизи горных выработок в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях разработки для прогнозирования нарушенности массива, разработке конструкторской документации и изготовлению опытно-промышленных образцов систем многоуровневого, разноцелевого упрочнения приконтурного массива горных пород и их испытание.
- Мақалада көмір қабаттарын қазудың күрделі тау-кен техникалық жағдайларында тазарту және дайындық жұмыстарының инновациялық технологиясының өндірістік процестерінің математикалық модельдері мен бағдарламалық өнімдерін әзірлеу бойынша ғылыми-қолданбалы зерттеулердің нәтижелері; массивтің бұзылуын болжау үшін игерудің күрделі тау-кен-геологиялық және тау-кен техникалық жағдайларында тау-кен қазбаларына жақын тау жыныстарының кернеулі күйін анықтау үшін бағдарламалық ортаны қалыптастыру ұсынылған; тау жыныстарының контурлық массивін көп деңгейлі, әртүрлі мақсатта беріктендіру жүйелерінің конструкторлық құжаттамасын әзірлеу және тәжірибелік-өнеркәсіптік үлгілерін дайындау және оларды сынау көрсетілген.
- The article presents the results of scientific and applied research on developing mathematical models and software products of production processes innovative technology, cleaning and preparatory operations in complicated mining-technical conditions of working off of coal layers; the formation of a software environment to determine the stress state of rocks near mine workings in complex geological and mining conditions of development for the prediction of disturbance of the array; development of design documentation and production of experimental and industrial samples of multi-level, multi-purpose strengthening systems for the contour rock mass and their testing.

Наблюдения в производственных условиях проведены совместно с геомеханической службой угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау» и использованы для обоснования параметров устойчивости горных выработок. Выполненные экспериментально-аналитические исследования позволили сформировать технологические схемы проведения подготовительных горных выработок с анкерным креплением на базе выявленных закономерностей деформационных процессов для достижения устойчивости выработок при ведении подземных горных работ.

Научно-практическая ценность выполненных прикладных исследований состоит в обосновании параметров устойчивости горных выработок, что позволит повысить безопасность ведения горных работ. На основании обоснованных данных, полученных в ходе исследований и расчетов, разработаны способы, системы и средства крепления для повышения эксплуатационной надежности горных выработок. Сформированы технологические схемы проведения и крепления горных выработок с анкерным креплением на основе установленных закономерностей развития геомеханических процессов, чем обеспечивается устойчивость контуров выработок при их поддержании при ведении горных работ в подземных условиях угольных шахт.

Создание способов эффективного поддержания подготовительных выработок является важной задачей в области горно-подготовительных работ.

Для достижения устойчивости выработки необходимо посредством крепления увеличить несущую способность пород. Наиболее эффективным способом является увеличение прочности на изгиб и растяжение, воздействующих на выработку пород. Необходимое упрочнение против действия растягивающих напряжений наиболее эффективно и просто может быть осуществлено закреплением в породах стальных и полимерных стержней – анкеров [1].

В отличие от рамной крепи анкерная крепь возводится предварительно напряженной, поэтому сразу после возведения крепи повышается сцепление по плоскостям напластования пород или их трещинам.

В качестве основного фактора, определяющего плотность установки анкеров, принимается их несущая способность или начальное натяжение. При этом предполагается, что величина несущей способности и натяжения анкеров в процессе работы крепи остаются неизменными [1].

В первый момент после установки анкеров их давление на породу через подхваты определяется начальным натяжением. Затем под действием приложенных к подхватам сил горного давления реактивное сопротивление крепи возрастает и анкера в результате упругого растяжения металла в скважине смещаются в сторону выработки, при этом смещается ее контур [2].

При смещении напряженное состояние пород снижается, а способность анкеров воспринимать нагрузку увеличивается.

Этот процесс будет развиваться до наступления равновесия в системе крепь – порода, то есть до тех пор, пока реактивное сопротивление анкеров не окажется равным действующим на них силам горного давления. Если анкерную крепь установить вслед за обнажением пород кровли и создать в ней необходимое напряжение, то слои пород будут удерживаться в естественной связи и предотвратится их расслоение. Это также повышает несущую способность пород, благодаря действию анкерной крепи снижается скольжение слоев пород [3].

С помощью анкерной крепи обеспечивается взаимодействие отдельных слоев пород в кровле выработки. Это означает, что отдельные слои пород в зоне понижения напряжений стягиваются анкерами, тем самым исключают в этих слоях действие вертикальных растяжений и сжатия и обеспечивают несущую способность кровли. Поэтому в тонкослоистых породах можно с помощью анкеров закрепить слои пород в кровле и тем самым предотвратить их отделение от массива, взаимное сдви-

Физико-механические свойства вмещающих пород в Карагандинском бассейне

Породы	Предел прочности, МПа		Пористость, %	Влажность, %	Плотность, г/см ³
	на сжатие	на растяжение			
Карагандинская свита					
Песчаники	32,7-63	2,7-5	9-14	3,1-4,7	2,49-2,56
Алевролиты	22,7- 5	1,5-2,6	11,1-29,6	3,4-5,5	2,35-2,52
Аргиллиты	13,7-34,1	0,9-2	11,5-19,3	4-6,7	2,22-2,48
Долинская свита					
Песчаники	20,8-58,1	1,9-4,3	8,7-16,9	3,2-6,2	2,31-2,51
Алевролиты	15,3-42,2	0,9-2,5	10-19,9	3,6-8	2,25-2,5
Аргиллиты	11,3-30,9	0,7-1,6	10,9-22,7	4,2-11	2,2-2,46

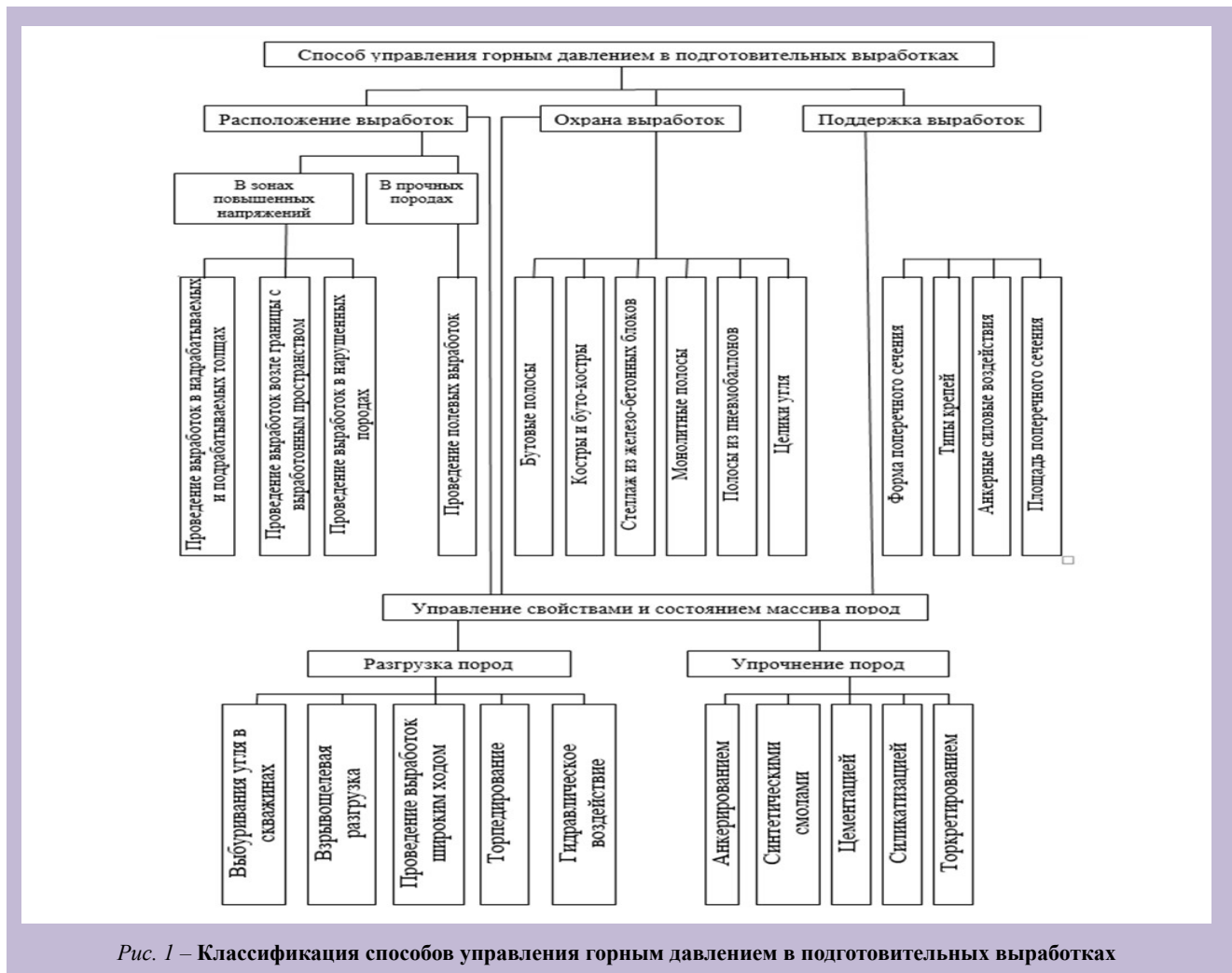


Рис. 1 – Классификация способов управления горным давлением в подготовительных выработках

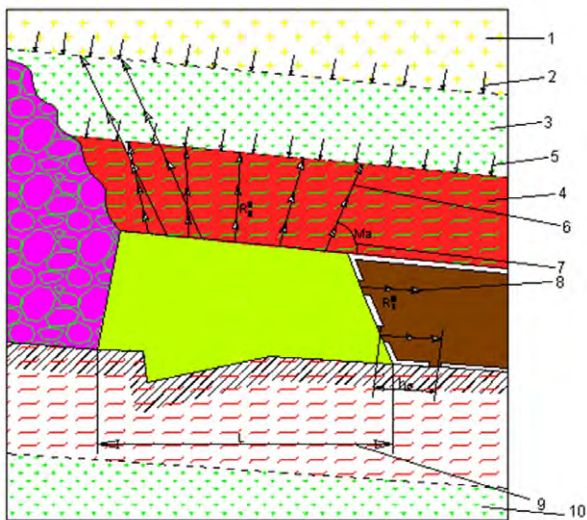
жение и прогибание в горную выработку. Устойчивость кровли при этом будет зависеть от предела прочности пород на изгиб и числа соединенных слоев [4].

Наилучший вариант крепления будет подобран тогда, когда рабочая характеристика крепи будет соответствовать деформационной характеристике приконтурного массива или измеренному напряжению внутри массива. Поэтому необходимо создать такой анкер, силовая характеристика которого будет соответствовать характеристике поведения пород кровли. Оптимальным будет такой вариант конструкции анкера,

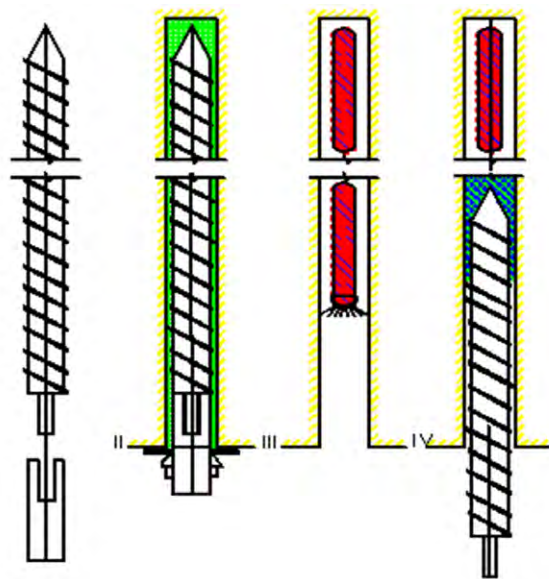
который позволял бы достигать, с одной стороны, высоких нагрузок на анкер, с другой – имел бы достаточную податливость, чтобы не происходило разрушение крепи и конструкции с элементами подхвата породы.

Физико-механические свойства вмещающих пород в Карагандинском угольном бассейне приведены в таблице.

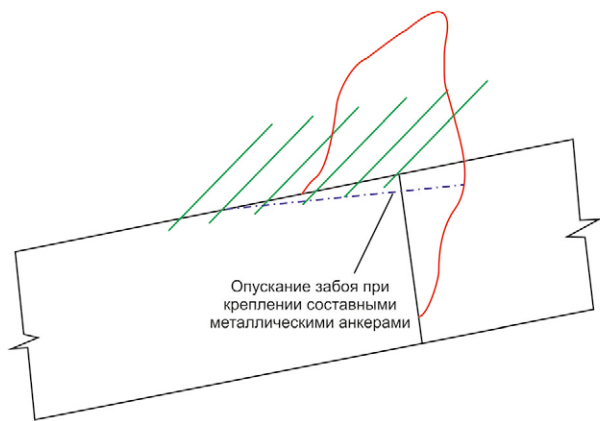
Для выделения классов кровли по устойчивости используются следующие геологические и горнотехнические признаки: литологические типы пород, значения их пределов прочности при одноосном сжатии (σ_c) и растяжении (σ_p), мощность плит



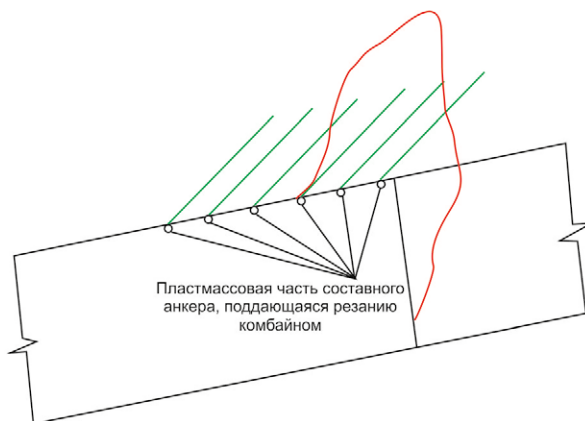
1 – основная кровля; 2 – пригрузка со стороны пород основной кровли; 3 – устойчивые слои кровли; 4 – малоустойчивые слои непосредственной кровли; 5 – пригрузка от 3; 6 – реакция от анкерной крепи; 7 – момент реакции закрепления пород M_a ; 8 – реакция боковых анкеров; Ob – глубина действия; 9 – L – ширина выработки; 10 – малоустойчивые породы почвы
Рис. 2 – Схема силового взаимодействия крепи горной выработки, вмещающих пород по контурам



1 – пластмассовая часть анкера; I – основные звенья составного анкера; II – анкер в сборе; III – установка ампулы, с закрепляющим составом; IV – установка первого звена анкера
Рис. 3 – Способ и конструкция установки составного комбинированного анкера глубокого заложения



Опускание забоя при креплении составными металлическими анкерами



Пластмассовая часть составного анкера, поддающаяся резанию комбайном

а – до применения технологии; б – после применения технологии
Рис. 4 – Технология установки составного комбинированного анкера глубокого заложения с пластмассовым концевиком у устья шпура

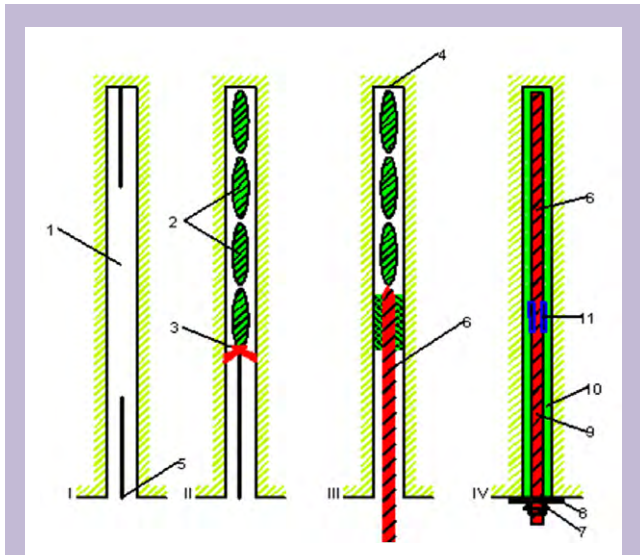
расслоения (m_p), значения коэффициента расслоения (K_p), количества систем трещин (n) и расстояния между трещинами (a), рост диаметра разведочных скважин в процессе бурения (Δd), предельная площадь (S) и время сохранения целостности (t) обнажения кровли, обрушаемость пород кровли в призабойном пространстве и периодичность (циклы) их вторичных осадок в выработанном пространстве лавы.

В бассейне преобладают среднеустойчивые кровли (50 % всех шахтопластов), на долю малоустойчивых приходится 25 %, на долю неустойчивых – 20 % и на устойчивых – только

5 %. На участках залегания тонкоплитчатых аргиллитов и углистых аргиллитов мощностью не более 0,2-0,6 метра они образуют ложную кровлю. Породы почвы также наиболее часто оказываются среднеустойчивыми (45 % шахтопластов), реже малоустойчивыми (20 %) и неустойчивыми (20 %) и еще реже устойчивыми (15 %).

Крепость карагандинских углей по шкале профессора Протодьяконова составляет 0,5-1,4.

Факторами, влияющими на возможность применения анкерной крепи в подготовительных выработках, являются



1 – пробуренный шпур; 2 – химические ампулы с твердеющим составом (время твердения – до 6 минут); 3 – опорный парашют (для фиксации последней ампулы в полости шпура); 4 – забой шпура; 5 – устье шпура; 6 – 1-е звено составного анкера; 7 – опорная гайка; 8 – опорная плита; 9 – размешанная и схватившаяся закрепляющая смесь; 10 – 2-е звено составного анкера; 11 – соединительная муфта.

Стадии: I – бурение шпуров под анкеры (с продувкой сжатым воздухом); II – установка закрепляющих ампул (из расчета полного заполнения шпуров) длиной 0,35, 0,45 или 0,6 метра; III – установка 1-го звена составного анкера; IV – соединение и установка 2-го звена составного анкера с перемешиванием закрепляющего состава

Рис. 5 – Схема установки составного анкера

прочность закрепления анкеров во вмещающих породах, размеры области опасных деформаций пород вокруг выработок, величина смещения пород кровли, боков за срок службы выработки и предельная величина безопасного смещения (опускания) закрепленных анкерами пород кровли в выработке за срок ее службы. На основе этой информации подлежит определению возможность и целесообразность применения анкерной крепи в каждой конкретной выработке и расчет ее параметров – прочности закрепления, длины и плотности установки анкеров [5].

В выработках, где самостоятельная анкерная крепь не обеспечивает их устойчивого состояния на протяжении всего срока эксплуатации, в подавляющем большинстве очень выгодно применение анкерной крепи в сочетании с обычными видами рамной крепи. Анализ результатов шахтных наблюдений и накопленного опыта показывает, что такое применение анкерной крепи в сочетании с рамой обеспечивает существенное повышение устойчивости выработок и снижение расхода крепежных материалов в 1,5-2 раза. С помощью анкеров может быть обеспечено восприятие повышенных местных напряжений в породах вокруг выработки (со стороны кровли и боков) и выравнивание горного давления по контуру рамной крепи, отдельным ее элементам [5].

Выполненные инструментальные и визуальные наблюдения показывают, что смещение и расслоение пород, величины распространения опасных деформаций пород от контура выработок в глубь массива и возможного их обрушения зависят главным образом от структурно-текстурных элементов и прочности вмещающих пород, глубины расположения, площади

поперечного сечения и способа охраны выработок от влияния очистных работ. На шахтах бассейна 92-95% всех случаев опасных деформаций пород и потери устойчивости выработок как с анкерной, так и с другими видами крепи, происходят в зонах влияния очистных работ.

К горно-геологическим факторам, влияющим на использование анкерной крепи, относятся глубина залегания, что определяет величину вертикальной и горизонтальной составляющих горного давления; мощность пласта разрабатываемой залежи; угол залегания пласта; свойства вмещающих пород, структура и физико-механические свойства пород и полезного ископаемого.

К горно-техническим (технологическим) факторам, влияющим на выбор анкерной крепи, относятся расположение подготовительных выработок относительно очистных забоев и порядок их использования; требуемая форма и размеры поперечного сечения выработки; способ и скорость их проведения, способ управления горным давлением.

Наиболее существенными особенностями в поведении горных пород вокруг выработки является эффект увеличения объема (дилатансия) в процессе необратимой информации в условиях неравнокомпонентного сжатия. Неупругое увеличение объема горных пород в результате необратимой деформации может достигать нескольких десятков процентов и существенно превосходить упругие объемные деформации. Дилатансия оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние массива горных пород вокруг выработки [6].

Активные способы управления состоянием массива вблизи выработки, основанные на изменении соотношения между главными компонентами напряжений, могут быть направлены либо на вывод приконтурных пород из предельного состояния, либо на перевод процесса разрушения на более энергоемкие механизмы. В том и в другом случаях даже нарушенные горные породы в условиях двух и трехосного сжатия характеризуются более низкой чувствительностью к воздействиям, а значит и равновесное состояние системы «крепь–массив» будет более устойчивым.

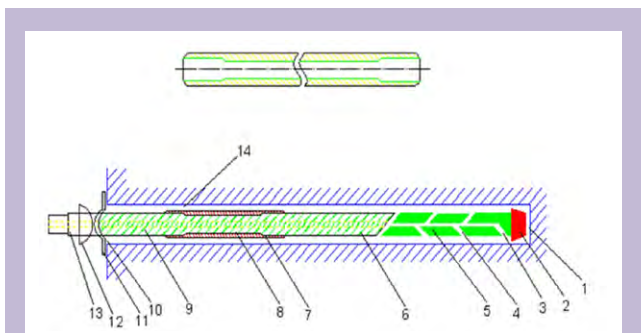
Усложнение горно-геологических условий – вовлечение в отработку участков и целых месторождений со сложной тектоникой, увеличение глубины разработки, проявления опасных динамических воздействий горного давления – ведет к необходимости постоянно совершенствовать методы, системы, способы и средства крепления горных выработок, а также улучшать качество материалов, используемых при креплении [7].

Проанализировав и оценив различные условия применения контурной крепи, пути повышения безопасности ее эксплуатации в поддерживаемых горных выработках на шахтах Карагандинского бассейна. На рисунке 1 показана классификация способов управления горным давлением в подготовительных выработках.

Выделяются следующие условия работы анкерной контурной крепи в подготовительных выработках:

– для пород слоистой структуры: слои малоустойчивой породы незначительной мощности подвешиваются анкерами к устойчивой основной кровле, с помощью анкерной крепи отдельные слои пород соединяются в одну плиту, которую уподобляют составной балке;

– для пород неслоистой структуры: анкеры, раскрепляемые за пределами свода естественного равновесия, воспринимают и погашают растягивающие напряжения в породе, под действием которых в незакрепленной выработке происходит обрушение пород до формирования свода естественного равновесия; около каждого анкера куски трещиноватой или разрушенной породы прижимаются друг к другу, образуя



1 – забой шпура(скважины); 2 – буровая коронка одноразовая; 3 – наклонные отверстия; 4 – радиальное осевое отверстие; 5 – часть анкера с выходными отверстиями для закрепляющего состава; 6 – верхняя часть составного анкера; 7 – соединяющая муфта; 8 – резьбовая часть уменьшенного диаметра; 9 – нижняя часть составного анкера; 10 – устье шпура; 11 – опорная плита; 12 – закрепляющая полусферическая гайка; 13 – отверстие в хвостовике анкера; 14 – закрепляющая смесь.

Рис. 6 – Одношаговый составной анкер

таким образом прочный блок из глыб пород. Серия таких блоков (породных клиньев), действуя по периметру свода наподобие отдельных камней в каменном своде, предохраняет выработку от обрушения. Если кровля выработок нарушена трещинами или имеет слоистый характер целесообразно использовать анкерную систему крепления горных массивов, зацементированные или заклиненные в шпурах металлические стержни, которые с помощью прижимной пластины и гайки притягивают приконтурные слои пород и более крепким породам основной кровли.

Основные функции анкерных контурных систем: пристегивание слабых пород в кровле выработки к более прочным породам; скрепление слоистых пород в единую грузонесущую конструкцию с повышенным сопротивлением изгибу; повышение сил трения между слоями пород; восприятие растягивающих напряжений в кровле выработок.

Часто эти функций выполняются одновременно, обеспечивая надежную защиту выработки от различных проявлений горного давления.

На многих горнодобывающих предприятиях анкерная контурная крепь постепенно вытесняет другие конструкции крепи горных выработок. Особенно эффективно применение анкерной контурной крепи в выработках большого сечения.

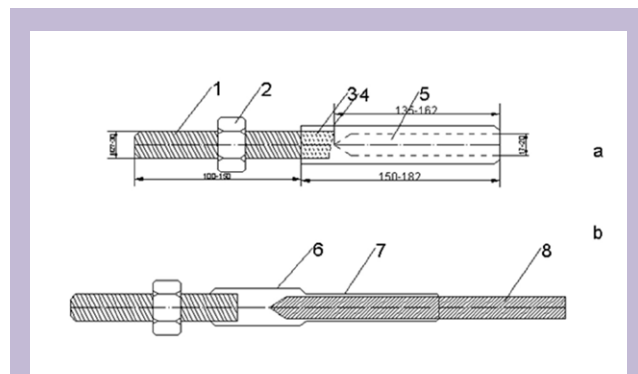
Разработка технологии контурного крепления очистных и подготовительных работ при выемке угольных пластов

Контурная крепь может применяться:

- в качестве самостоятельной крепи в полевых откаточных и вентиляционных штреках, квершлагах, околовольных выработках, бремсбергах, уклонах и ходках при них, промежуточных штреках, вентиляционных сбоях, скатах и нарезных выработках;

- в качестве дополнительной (усиливающей) в сочетании с подпорной крепью (так называемая комбинированная крепь) в капитальных выработках при повышенном горном давлении и в подготовительных выработках, находящихся в зоне влияния очистных работ;

- в качестве временной крепи в большепролетных выработках, сопряжениях горных выработок, камерах, с последующим креплением их подпорной крепью;



1 – устьевое звено составного анкера; 2 – опорная гайка; 3 – обжимная часть соединительной муфты; 4 – насечка на винтовом профиле; 5 – утонченная часть шпуровой части составного анкера; 6 – соединительная муфта; 7, 8 – 2-е (шпуровое) звено составного анкера

Рис. 7 – Составной анкер с обжатой соединительной обжимной муфтой. Резьбовая обжимная соединительная муфта (диаметр каната – 16-19 мм), а и б – положение до и после обжатия концевой муфты

- как средство борьбы с пучением почвы в необходимых породах капитальных и подготовительных выработок [8].

Применение сталеполлимерных контурных анкеров обеспечивает устойчивость выработки за счет упрочнения в пределах свода слоистых пород кровли и механической связи контура выработки с частью приконтурного слоя вмещающего массива. Они получили широкое распространение из-за эффективного взаимодействия этого вида крепи с породным контуром выработок, меньшей массы и стоимости по сравнению с рамной крепью. Устойчивость пород обеспечивается не посредством возведения поддерживающих конструкций внутри выработки, а за счет увеличения несущей способности прилегающих к выработке пород путем скрепления их анкерами [9].

Основными факторами, определяющими выбор конструкции крепи, состоящей из контурных анкеров, опорных элементов и затяжки, являются их назначение, срок службы выработок, форма и размеры, геомеханические и горно-геологические условия проведения и крепления, величина горного давления, характеристики устойчивости и строения пород кровли и боков выработок [10].

Для достижения устойчивости выработки необходимы способы крепления, увеличивающие несущую способность пород.

Эффективное и надежное крепление контурной анкерной крепью подготовительных выработок в условиях залегания в кровле слабых трещиноватых пород на больших глубинах и в различных зонах влияния очистных работ может быть обеспечено при применении сталеполлимерных анкеров, закрепляемых по всей длине шпура быстротвердеющими смолами с несущей способностью 250-300 кН и длиной 2-3 метра. Для использования в сложных горно-геологических условиях предусмотрено их усиление специальными анкерами длиной до 6-7 метров.

При этом отсутствует расслоение пород в кровле и опорное давление на почву. Принцип контурного анкерования состоит в том, что породный массив несколько подшивается, а за счет крепления пород кровли контурными анкерами становится прочной несущей балкой. Контурное анкерное крепление позволяет противостоять высокой конвергенции массива, а в сложных горно-геологических условиях замедлять (снижать) ее.

На рисунке 2 представлена схема силового взаимодействия крепи горной выработки, вмещающих пород по контурам.

Эффективно применение сталеполимерных анкеров из арматурной стали винтового профиля (проката), предназначенной для крепления кровли подготовительных выработок с прочностью угля и пород на сжатие соответственно не менее 10 и 25 МПа и боков (почвы) выработок с прочностью угля и пород на сжатие соответственно 6 и 20 МПа. Также целесообразно применение стеклопластиковых анкеров, изготовленных из стекловолоконных материалов, не препятствующих выемке угля исполнительными органами проходческих и очистных комбайнов. Крепление горных выработок при их переходе очистным забоем, а также крепление сопряжений горных выработок осуществляется канатными или составными анкерами, предназначенными для крепления путем глубинного анкерования окружающих пород. Все они предназначены для крепления выработок при химическом способе закрепления в шпуре стержня анкера с помощью полиэфирных ампул, содержащих двухкомпонентный состав из полиэфирной смолы и отвердителя, заключенных в двухсекционную оболочку, время отверждения которых после перемешивания составляет 15-170 секунд. На участках, где возможно формирование отслоений для обеспечения более качественного прижатия опорной планки к кровле применяются металлические подхваты (штрипсы).

Для неустойчивых пород кровли разработана технологическая схема крепления вмещающих пород с комбинированным анкером, включающим металлическую крепежную систему из стального анкера, устанавливаемого в шпуре, соединяемую с пластмассовым концевиком, закрепляемым в устьевой части шпура. Этим достигается соблюдение контура по высоте проводимой выработки. Конструкция представлена на рисунке 3, способ его осуществления – на рисунке 4 [11].

На участках действующих и проводимых горных выработок с нарушенной анкерной крепью (разорванные или вырванные анкера, разрывы подхватов и затяжки, полное смятие демпфирующих податливых элементов), расслоениями и отслоениями пород кровли более 50 миллиметров от вышележащей породы, анкерная крепь усиливается дополнительной крепью с внесением соответствующих изменений в действующий паспорт крепления.

Установка канатного анкера с полным заполнением ампулы-нагнетательным способом, проводится в следующей последовательности: бурится шпур (скважина) диаметром 28 миллиметров на длину устанавливаемого анкера; в устье шпура (скважины) последовательно вставляют ампулы с полиэфирной смолой (средняя скорость отверждения последующих ампул должна быть больше предыдущих). Последняя ампула снабжается парашютом (удерживателем), фиксирующим положение ампул в шпуре (скважине); в устье шпура (скважины) вставляется головной конец составного (канатного) анкера, с помощью которого ампулы досылаются до упора в дно шпура (скважины); к хвостовику составного (канатного) анкера подводится анкероустановщик и через переходник вращателя соединяется с ним, осуществляя вращение и подачу, составной (канатный) анкер устанавливается в проектное положение. При применении ампул с полимерной смолой подача и вращение осуществляется в течение 15 секунд. Далее происходит отверждение в течение 20-40 секунд.

Для крепления неустойчивых пород к устойчивым предназначены анкера глубокого заложения, в том числе составные анкера, схема установки которого показана на рисунке 5.

Канатный анкер предназначен для крепления горных выработок путем глубинного анкерования окружающих пород. Закрепление канатного анкера производится при помощи полимерного состава или цементного раствора по всей длине шпура.

Могут быть эффективно использованы комбинированные составные анкера глубокого заложения (рис. 6, 7).

Таким образом, приведены результаты наблюдений за состоянием закрепленных анкерной крепью выработок, пройденных вблизи геологических нарушений в зоне влияния повышенного горного давления шахт им. Костенко, «Саранская», «Абайская», «Казахстанская» угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау». Произведена апробация методики автоматизированного расчета параметров анкерного крепления и реализация результатов исследований по совершенствованию технологических схем проведения выработок. Выявлены закономерности для расчета устойчивости горных выработок от параметров анкерного крепления. Произведена промышленная апробация разработанных технологических решений в условиях шахт угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау», с промышленным экспериментом на шахтах им. Костенко, «Саранская», «Абайская», «Казахстанская». Разработана технология подземной добычи угольных пластов, основанная на применении цифрового моделирования напряженно-деформированного состояния для управления геомеханическим состоянием вмещающих пород горного массива со схемами многоуровневого, многоцелевого упрочняющего воздействия на контуры горных выработок для сложных горно-геологических и горно-технических условий эксплуатации подземных месторождений, позволяющая уменьшить стоимость поддержания горных выработок с одновременным увеличением скорости их проведения, что позволит производить превентивное заблаговременное воздействие на неустойчивый горный массив для обеспечения безопасности горных работ.

Произведена реализация технологических разработок в горно-геологических условиях шахт угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау» с разработкой способов, средств и определением параметров крепления при проведении выработок в зонах геологических нарушений, зонах повышенного горного давления, в зонах влияния очистных работ.

Разработаны способы управления геомеханическими процессами при ведении горных работ. Изготовлены опытно-промышленные образцы систем многоуровневого, разноцелевого упрочнения и проведено их испытание.

Литература

- 1 Шестопалов И. Н. Обоснование параметров анкерной крепи. Автореферат магистерской работы – Донбасс, 2005.
- 2 Широков А. П., Горбунов В. Ф. Повышение устойчивости горных пород – Новосибирск: Наука, 1983 – 167 с.
- 3 Громочкицкий И. И. Исследование особенностей деформирования породного массива, вмещающего выработки с анкерным креплением при различных углах залегания пород и глубинах анкерования. Автореферат магистерской работы – Донбасс, 2007.
- 4 Утиралов О. А. Обоснование параметров технологии поэтапного проведения и анкерного крепления пластовых подготовительных выработок – Новосибирск, 2010.
- 5 Демин В. Ф. Управление геомеханическими процессами при ведении горных работ – Караганда, 2015.
- 6 Ставрогин А. Н., Протосеня А. Г. Механика деформирования и разрушения горных пород – М.: Недра, 1992 – С. 3.
- 7 Демин В. Ф., Портнов В. С., Демина Т. В., Жумабекова А. Е. Исследование деформированного состояния приконтурного угленосного массива вокруг горной выработки с анкерным креплением // Уголь, 2019.
- 8 Технология, механизация и организация проведения горных выработок / Под общ. ред. В. В. Смирнякова – М.: Недра, 1983 – 264 с.
- 9 Виноградов В. В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. – Киев: Наукова думка, 1989 – 192 с.
- 10 Болотских Н. С. и др. Проведение горизонтальных и наклонных выработок специальными способами – М.: Недра, 1975. – 167 с.

КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ КАРАГАНДИНСКОГО И ЭКИБАСТУЗСКОГО УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

• Приведены результаты исследований по использованию отходов обогащения угля при производстве керамических стеновых материалов. Методом полусухого прессования из содержащегося в шихте 25-40 % суглинка и 60-75 % отходов углеобогащения получен пористый керамический кирпич. В результате горения отходов углеобогащения уменьшается вес кирпича и улучшаются его теплофизические и звукоизоляционные свойства. Применение отходов углеобогащения в производстве кирпича способствует улучшению экологического состояния и экономии средств на хранение отвалов.

• Керамикалық қабырға материалдарын өндіруде көмірді байыту қалдықтарын пайдалану бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Жартылай құрғақ пресстеу және шихтадағы саздақтың құрамы 25-40 % және көмір байыту қалдықтары 60-75 % әдісімен кеуекті керамикалық кірпіш алынды. Көмір байыту қалдықтарының жануы нәтижесінде кірпіштің салмағы азаяды және оның жылуфизикалық және дыбыстық оқшаулау қасиеттері жақсарады. Кірпіш өндірісінде көмір байыту қалдықтарын қолдану экологиялық жағдайды жақсартуға және үйінділерді сақтауға арналған қаражатты үнемдеуге көмектеседі.

• The results of research on the use of coal processing waste in the production of ceramic wall materials are presented. The method of semi-dry pressing and the content of loam in the charge of 25-40 % and the waste of coal enrichment of 60-75 % obtained a porous ceramic brick. As a result of Gorenje waste coal-enrichment reduces the weight of the brick and improves its thermal and sound insulation properties. The use of coal-rich waste in the production of bricks helps to improve the environmental condition and save money for storage of dumps.

Производство конкурентоспособных керамических стеновых материалов требует применения глины, суглинков и различных добавок. Истощение запасов их месторождений требует поиска альтернативных им видов природного и техногенного сырья.

К числу не востребуемых техногенных сырьевых материалов для производства керамических стеновых материалов относятся отходы углеобогащения, отвалы которых ежегодно растут и занимают большие площади вблизи угольных карьеров.

Было проведено исследование химического и минералогического составов отходов углеобогащения сырья, добываемого в угольных разрезах Караганды и Экибастуза, а также технологических параметров производства стенового керамического кирпича на их основе.

По вещественному составу отходы углеобогащения представляют собой многокомпонентную смесь, состоящую из различных минеральных включений, глины и остатков угля. В отходах углеобогащения, преобладают аргиллиты и углистые аргиллиты (от 44 до 83 %), песчаники (в среднем 6,3 %), алевролиты (в среднем 14 %) и карбонаты (в среднем 2,5 %) (табл. 1). Кроме того, в таких отходах содержится до 10-28 % угля [1-3]. Для определения зависимости между химическим составом глиносодержащих отходов и возможностью их последующего применения была использована диаграмма А. И. Августиника [4], на которой по оси ординат принято отношение молей Al_2O_3 и SiO_2 , а по оси абсцисс – сумма молей плавней ($CaO + MgO + Na_2O + K_2O + Fe_2O_3 + TiO_2$). Результаты проведенного анализа представлены в таблице 4 и на рисунке 1.

Отходы углеобогащения сырья, добываемого в различных угольных разрезах, изображены на диаграмме Августиника в

виде точек А и Б, которые расположены в области кирпичных и керамзитовых глин (рис. 1).

Основную массу аргиллитов составляют глинистые минералы – гидрослюда и каолинит (от 37 до 42 % масс.) (табл. 2 и 3).

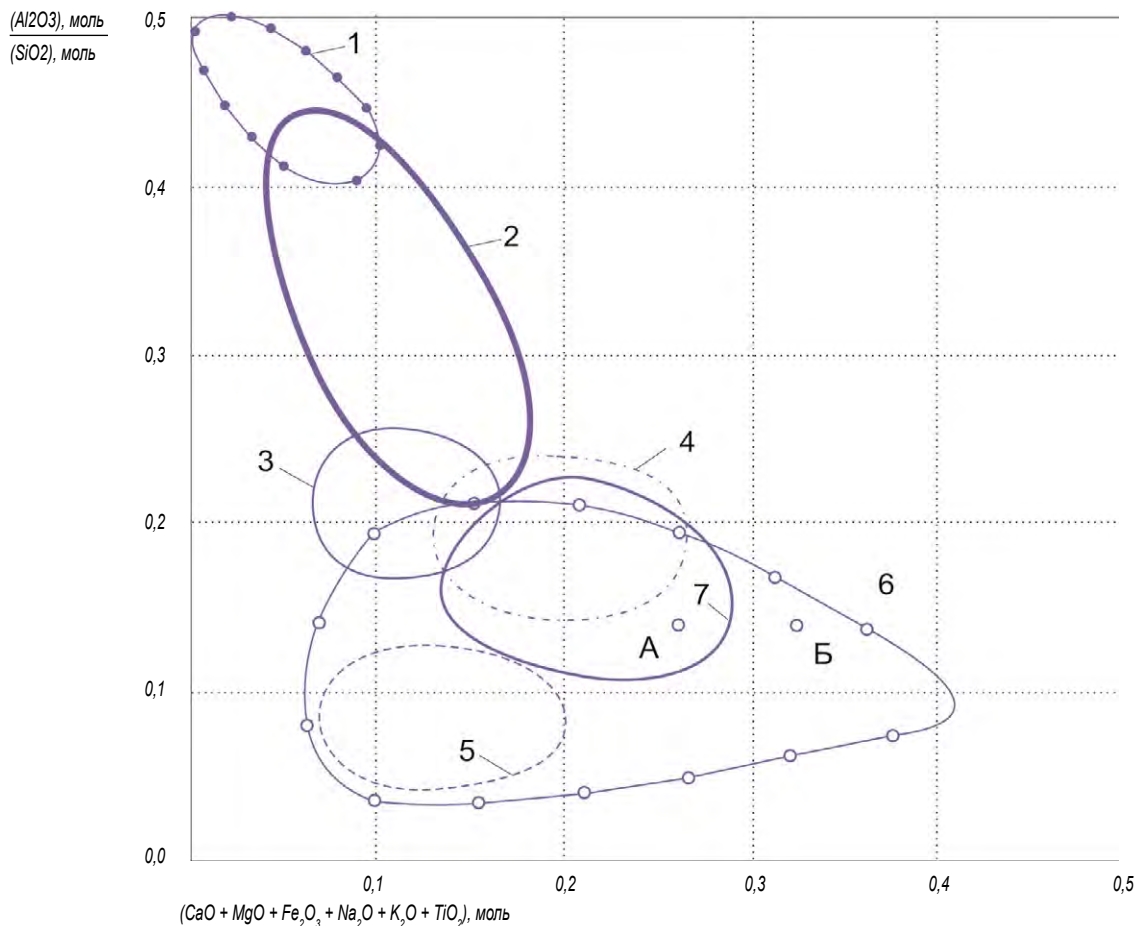
Естественная влажность отходов углеобогащения колеблется в пределах 5,1-5,9 %, поэтому был выбран полусухой способ производства керамического кирпича. Число пластичности отходов углеобогащения обогатительной фабрики в Караганде – 7,1, в Экибастузе – 3,7. Из-за низкой пластичности отходов углеобогащения в смесь для получения кирпича добавляли тонкомолотый легкоплавкий суглинок.

При полусухом прессовании структура керамических материалов имеет тип «оболочка-ядро». Оболочкой является тонкомолотые отходы углеобогащения и суглинок размером менее 0,14 миллиметра. Ядром структуры являются частицы отходов углеобогащения менее 3 миллиметров.

Для определения оптимального соотношения ядра и оболочки проведено моделирование структуры при соотношений 5, 10, 20. Количество вещества оболочки изменялось от 20 до 50 %. Размер агрегатов ядра варьировали от 0,5 до 3 миллиметров, толщину оболочки – от 0,05 до 0,3 миллиметра. Наиболее прочные структуры были получены при соотношении их размеров 10-20.

Зерновой состав пресс порошка: содержание частиц размером до 0,5 миллиметра составило 40 %, частиц размером 0,5-1 миллиметр – 15 %, частиц размером 1-2 миллиметра – 25 %, частиц размером 2-3 миллиметра – 20 %.

Сыпучесть пресс-порошка с использованием отходов углеобогащения составляет 3,9-4,2 г/с. Высокая сыпучесть пресс-порошков свидетельствует об сферической форме гранул.



Области применения глинистого сырья: 1 – каолины и глины, пригодные для производства огнеупорных (шамотных) изделий; 2 – глины, пригодные для производства керамических камней, плиток для пола, канализационных труб и кислотоупоров; 3 – гончарные и терракотовые глины; 4 – черепичные глины; 5 – клинкерные глины; 6 – кирпичные глины; 7 – керамзитовые глины

A – отходы углеобогащения ОФ Караганда; Б – отходы углеобогащения ОФ Экибастуз

Рис. 1 – Расположение исследуемого глинистого сырья на диаграмме Августиника

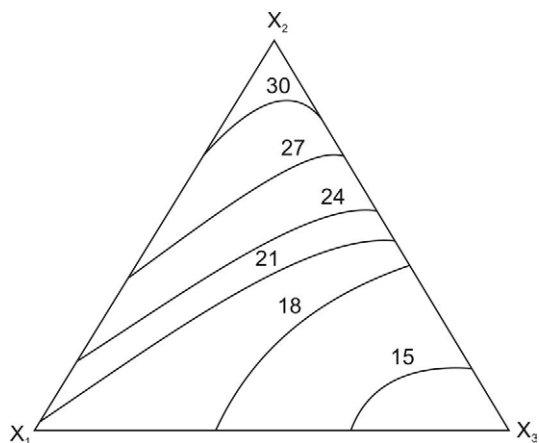


Рис. 2 – Зависимость изменения прочности при сжатии от содержания дробленых отходов углеобогащения фракцией менее 3 миллиметров, суглинка и молотых отходов углеобогащения фракцией менее 0,14 миллиметра

В технологии полусухого прессования важно установить максимальные размеры зерен пресс-порошков. Для этого рассчитывали температурное напряжение на границах зерен согласно формуле У. Д. Кингери:

$$\sigma = 1/3(V_1 E_1 1 - \mu_1) (V_2 E_2 1 - \mu_2) (V_1 E_1 1 - \mu_1) + (V_2 E_2 1 - \mu_2) \Delta \alpha \Delta T d, \tag{1}$$

где σ – напряжения в контактном слое, МПа; E_1 и E_2 – модули упругости, МПа; μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона; $\Delta \alpha$ – разность температурного коэффициента линейного расширения фаз; ΔT – температурный интервал, в котором возникают напряжения; d – размер зерен.

Из анализа изменения развивающихся на границах зерен термических напряжении были выбраны максимальные размеры зерен отходов углеобогащения (3-4 миллиметра).

Определение параметров процесса прессования при давлении 15, 20, 25 МПа оценивали по уравнению А. С. Бережного:

$$П = a - \text{blg}P; \tag{2}$$

$$p = a_p + b_p \text{lg}P, \tag{3}$$

Таблица 1

Минеральный состав отходов углеобогащения

№	Наименование минерала	Количество минералов, %	
		Караганда	Экибастуз
1	Аргиллит	65-70	67-72
2	Алевролит	10-12	15-17
3	Песчаники	5-7	3-5
4	Карбонаты	1-3	2-4
5	Остатки угля	5-10	7-9

Таблица 2

Минеральный состав аргиллитов, содержащихся в отходах обогащения

Месторождение угля	Количество минералов, %						
	каолинит	гидрослюда	хлорит	кварц	дала-шпаты	гетит	другие
Караганда	15	24	8	38	7	5	3
Экибастуз	16	23	7	37	8	5	3

Таблица 3

Химический состав аргиллитов, содержащихся в отходах углеобогащения

Месторождение угля	Содержание оксидов, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	п. п. п
Караганда	64,8	11,05	4,56	5,1	1,4	2,1	1,6	0,74	0,48	2,6
Экибастуз	62,5	11,46	4,54	4,9	1,3	1,9	1,5	0,64	0,52	2,8

Таблица 4

Содержание оксидов в отходах обогащения сырья

Месторождение угля	Содержание оксидов, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Al ₂ O ₃ / SiO ₂	RO + RO ₂ + Fe ₂ O ₃ + TiO ₂
Караганда	1,102	0,124	0,048	0,086	0,05	0,042	0,03	0,006	0,112	0,262
Экибастуз	1,101	0,123	0,076	0,088	0,054	0,046	0,04	0,008	0,111	0,312

Таблица 5

Матрица планирования эксперимента

№ состава	ОВО фракцией менее 3 мм, %	Суглинок, %	ОВО фракцией менее 0,14 мм, %	Прочность при сжатии, МПа
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	70	25	5	20,5
2	55	40	5	31,1
3	55	25	20	14,4
4	65	30	5	24,1
5	60	35	5	27,6
6	55	35	10	26,8
7	55	30	15	18,4
8	65	25	10	19,1
9	60	25	15	15,6
10	60	30	10	19,8

где Π – пористость; P – давление прессования; a, b – константы прессования.

Константы a, b, a_p, b_p связаны между собой уравнениями

$$a_p = (1 - a / 100) \rho_{\text{ист}}; \quad (4)$$

$$b_p = b \rho_{\text{ист}} / 100; \quad (5)$$

$$a = \Pi_1 + \lg P_1 / \lg(P_2 / P_1) \cdot (\Pi_1 - \Pi_2); \quad (6)$$

$$b = \Pi_1 - \Pi_2 / \lg(P_2 / P_1). \quad (7)$$

Согласно проведенным расчетам коэффициенты уравнений равны: $a = 37,1$; $b = 7,01$; $a_p = 0,98$; $b_p = 18,48$.

Изучение влияния рецептурных факторов на основные физико-механические свойства керамических стеновых материалов выполняли методом симплекс-решетчатого планирования экспериментов с использованием в качестве математической модели свойств неполную кубическую модель вида [5]:

$$Y = A_1 + A_2 + A_3 + A_4xy + A_5xz + A_6yz + A_7xyz + A_8xy(x - y) + A_9xz(x - z) + A_{10}yz(y - z). \quad (8)$$

В качестве функций отклика Y исследовали предел прочности при сжатии ($R_{\text{сж}}$).

В качестве сырьевых материалов для получения кирпича были использованы: X_1 – содержание отходов углеобогащения (Караганда) фракции менее 3 миллиметров, 55-70%; X_2 – содержание суглинка, 25-40 %; X_3 – содержание отходов углеобогащения фракцией менее 0,14 миллиметра 5-20 %.

Для направленного изменения свойств керамических материалов в зависимости от состава нами была составлена математическая модель экспериментов с использованием симплекс-решетчатых планов (табл. 5).

Образцы для стенового керамического кирпича изготавливали следующим образом. Отходы углеобогащения подвергали дроблению и просеву через сито с ячейками 3 миллиметра. Для достижения порошкообразного состояния дробленные отходы подвергали помолу в шаровой мельнице до полного прохождения через сито с ячейками менее 0,14 миллиметра. Суглинок также подвергался тонкому помолу до полного прохождения через сито с ячейками 0,14 миллиметра. Гранулы отходов углеобогащения размером мене 3 миллиметров увлажняли до 8 % влажности, затем на их поверхность наносили смесь из измельченных суглинка и отходов углеобогащения. Подготовленный пресс-порошок засыпали в форму и прессовали при давлении 25 МПа. Прочность отформованного сырца составляет 0,35-0,4 МПа, которая удовлетворяет требованиям работы автомата укладчика. При дроблении отходов углеобогащения поверхность гранул получается шероховатой с некоторой пористостью. В результате обеспечивается хорошее сцепление гранул с связующим веществом, происходит выравнивание нормальных и касательных напряжений в прессуемых изделиях, повышается качество лицевой поверхности, улучшается четкость граней.

Спекание композиции отходов углеобогащения и суглинка исследовали на образцах – кубах размером $50 \times 50 \times 50$ миллиметров. Сушка образцов производилась при максимальной температуре ($105 \text{ }^\circ\text{C}$) в течение 3 часов, обжиг – в муфельной электропечи при температуре $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ с изотермической выдержкой 30 минут.

Уравнение регрессии зависимости прочности керамического кирпича от состава шихты:

$$R_c = 20,5x_1 + 31,1x_2 + 24,1x_3 - 0,225x_1x_2 + 0,45x_1x_3 + 0,675x_2x_3 - 55,575x_1x_2(x_1 - x_2) + 33,3x_1x_3(x_1 - x_3) + 93,825x_2x_3(x_2 - x_3) - 56,7x_1x_2x_3. \quad (9)$$

При содержании суглинка в количестве 25 %, гарантирующем плотность упаковок, эффект спекания становится достаточным и прочность образцов составляет 15 МПа (рис. 2). С увеличением количества суглинка с 25 до 40 % эффект спекания продолжает возрастать и прочность образцов достигает 30 МПа.

Согласно термодинамическим расчетам в процессе обжига при температуре 400, 800 и $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ наиболее вероятно образование анортита ($\text{CaOAl}_2\text{O}_32\text{SiO}_2$) и кварца, то есть фаз с наиболее большими отрицательными значениями свободной энергии Гиббса (ΔZ), способствующие увеличению прочности кирпича.

При выборе рационального режима обжига кирпича на основе отходов углеобогащения были определены предел прочности при изгибе, модуль упругости, ТКЛР при различных температурах нагрева и охлаждения, температуропроводность. Затем были рассчитаны максимально допустимые перепады температуры, превышение которых могло бы привести к образованию трещин и максимальной скорости нагрева. По результатам расчета максимальная продолжительность обжига кирпича на основе отходов углеобогащения составляет 14-16 часов, глинистого кирпича – 32-48 часов.

Физико-механические свойства кирпича полусухого прессования: прочность при сжатии – 14,4-31,1 МПа; средняя плотность – 1430-1620 $\text{кг}/\text{м}^3$; водопоглощение – 12,4-15,1 %; морозостойкость – 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Показатели свойств кирпича на основе отходов углеобогащения из Экибастуза ниже, чем из карагандинского сырья в среднем на 5-10 %.

Стеновые керамические кирпичи, полученные способом полусухого прессования из сырьевой композиции на основе глиносодержащих отходов углеобогащения с добавлением до 25-40 % масс. суглинка, имеют требуемые эксплуатационные показатели и обладают пористой структурой из-за выгорания остатков угля в процессе обжига, что помимо снижения массы изделий будет способствовать повышению их тепло- и звукоизоляционных свойств.

Использование отходов обогащения угля для производства стеновых керамических изделий позволяет улучшить экологическую и экономическую ситуацию в стране за счет сохранения природных сырьевых и земельных ресурсов, снижения уровня загрязнения почвы, воды и воздуха и уменьшения затрат, вызванных необходимостью организации хранения отходов.

Литература

- 1 Сторожено Г. И., Столбоушкин А. Ю., Мишин М. П. Перспективы отечественного производства керамического кирпича на основе отходов углеобогащения // Строительные материалы – 2013. № 4 – С. 57-61.
- 2 Вайсман Я. И., Пугин К. Г., Гайдай М. Ф., Семейных Н. С. Применение отходов угледобычи в производстве строительной керамики // Вестник МГСУ – 2014. № 12 – С. 131-140.
- 3 Котляр В. Д., Яврунян Х. С. Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки терриконов // Строительные материалы – 2017. № 4 – С. 38-40.
- 4 Августиник А. И. Керамика. – Л.: Стройиздат, 1975. – 592 с.
- 5 Новик Ф. С., Минц Р. С., Малков Ю. С. Применение метода симплексных решеток для построения диаграмм состав-свойство // Заводская лаборатория – 1967 – Т. 33. № 7 – С. 840-847.

ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПШЕНИЧНОГО ЗЕРНА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СОРБЦИИ РЕНИЯ

- Методом термической обработки в инертной атмосфере аргона и последующей активации перегретым водяным паром получен активированный уголь на основе отходов переработки пшеничного зерна, модифицированный 3-, 5- и 7 %-м масс. нитратом аммония. Изучены его основные адсорбционные характеристики (удельная поверхность, адсорбционная активность по йоду), а также морфология поверхности при помощи метода сканирующей электронной микроскопии. Полученные образцы активированного угля испытаны на статической сорбции рения из модельных растворов.
- Аргонның инертті атмосферасында термиялық өңдеу әдісімен және кейіннен қыздырылған су буымен активтендірумен 3, 5 және 7 % аммоний нитратымен модификацияланған бидай дәнін қайта өңдеу қалдықтары негізінде белсендірілген көмір алынды. Олардың негізгі адсорбциялық сипаттамалары (меншікті беті, йод бойынша адсорбциялық белсенділігі), сондай-ақ сканерлеуші электронды микроскопия әдісі арқылы беттің морфологиясы зерттелді. Белсендірілген көмірдің алынған үлгілері модельдік ерітінділерден ренийдің статистикалық сорбциясына сыналды.
- By heat treatment in an inert argon atmosphere and subsequent activation with superheated water vapor, activated carbons were obtained from waste of the grain of wheat, modified by 3, 5 and 7 % wt. ammonium nitrate. The main adsorption characteristics (specific surface area, iodine adsorption activity) and surface morphology were studied using the scanning electron microscopy method. The obtained activated carbon samples were tested for sorption rhenium from model solutions by statistic method.

Рений, один из самых редких и наиболее рассеянных металлических элементов, который уже давно получил широкое промышленное применение, обладает свойствами, превосходящими для применения в качестве тугоплавкого металла, легирующего элемента в высокотемпературных термодарах, компонентах электроники, а также в качестве катализатора в нефтепереработке [1]. Рений не встречается в своем естественном или чистом виде, а только в сочетании с другими элементами, и никаких собственных минералов рения еще не выявлено [1, 2]. Коммерческий рений в настоящее время получают в Казахстане из медных, свинцовых, урановых, молибденовых руд и полиметаллических концентратов, добываемых в Центральном, Восточном и Южном Казахстане. Из-за большого количества содержащего рений сырья наша страна является крупнейшим его производителем из первичных минеральных ресурсов среди стран Евразийского таможенного союза и пятым по величине производителем рения в мире (5 % от мирового производства) [3-7].

Рений получают в Казахстане в виде перрената аммония из растворов меди, молибдена и свинца [8-9]. Сорбционные и ионообменные методы широко используются для извлечения перренат-ионов из больших объемов многокомпонентных сульфатных, нитратных, хлоридных растворов и промышленных сточных вод, полученных при выщелачивании концентратов и продуктов их переработки, а также из других отходов с использованием импортного активированного угля на основе каменноугольной смолы [10], растительного сырья [11] и синтетических анионитов.

Целью данной работы является получение активированного угля из отходов переработки пшеничного зерна (ОПЗ) и использование данных сорбентов в статической сорбции рения из модельных растворов.

Материалы и методы

К влажному первичному сырью добавляли рассчитанное количество порошка нитрата аммония (3, 5 и 7 % масс. NH_4NO_3). Полученную смесь подвергали карбонизации в инертной атмосфере аргона путем плавного нагрева смеси до температуры 750 °С (скорость подъема температуры – 15-20 °С/мин) и с выдержкой при заданной температуре в течение 60 минут. Полученные углеродные материалы после процесса карбонизации активировали перегретым водяным паром при температуре 750 °С в течение 60 минут.

Определение адсорбционной активности по йоду выполнено по ГОСТу 6217-74 [12]. Для определения адсорбционной активности по йоду 0,5 грамма угля встряхивали в течение 15-30 минут со 100 мл 0,1 н. раствора KI, затем пробу объемом 10 мл титровали 0,1 н. раствором тиосульфата натрия (индикатор крахмала).

Йодное число рассчитывали по формуле:

$$E_1 = 12,7(V_1 - V_2) / m_y,$$

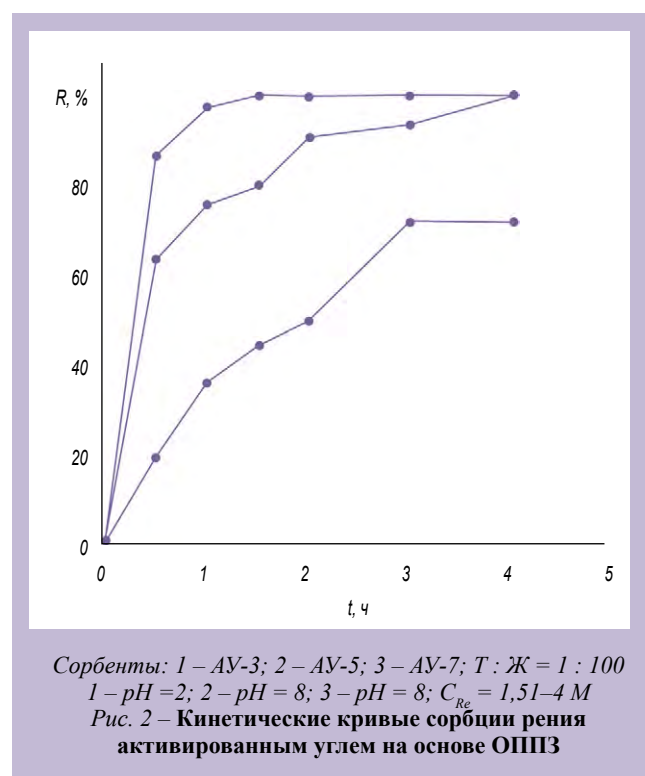
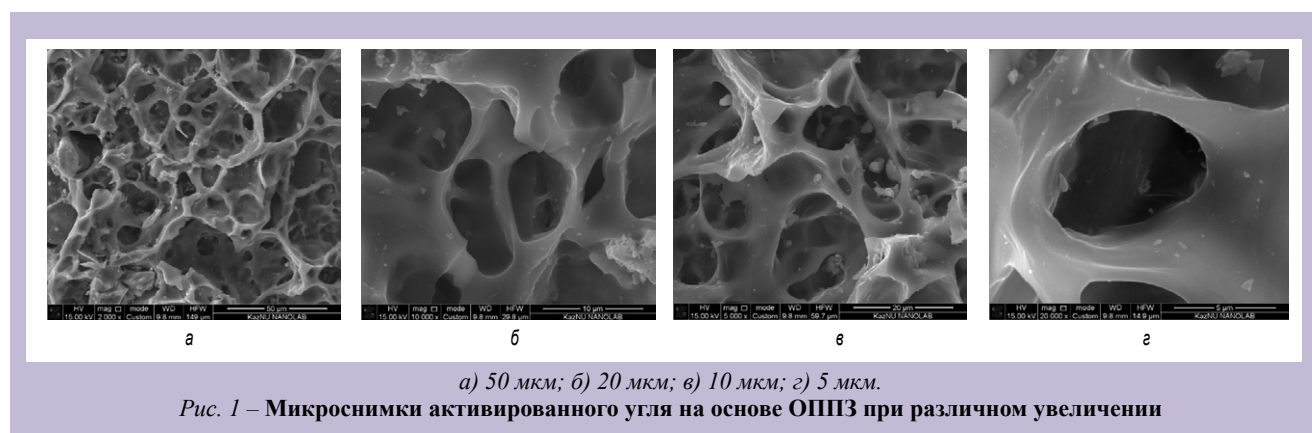
где V_1 и V_2 – объемы 0,1 н. раствора тиосульфата натрия, идущего на титрование 10 мл исходного йодного раствора и после добавления сорбента, мл; m_y – масса образца угля, гр.

Таблица 1
Основные адсорбционные характеристики активированного угля на основе ОППЗ, модифицированного 3, 5 и 7 % масс. NH_4NO_3

Активированный уголь	Адсорбционная активность по йоду, %	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$
Активированный уголь на основе ОППЗ, 3 % масс. NH_4NO_3 (АУ-3)	37,97	150
Активированный уголь на основе ОППЗ, 5 % масс. NH_4NO_3 (АУ-5)	49,72	157
Активированный уголь на основе ОППЗ, 7 % масс. NH_4NO_3 (АУ-7)	53,74	213

Таблица 2
Степени извлечения рения угольными сорбентами в зависимости от соотношения твердой и жидкой фаз ($C_{\text{Re}} = 1,51 \cdot 10^{-4} \text{ М}$, 4 ч)

Т : Ж	АУ-3 (pH 2)	АУ-5 (pH 8)	АУ-7 (pH 8)
	Степень извлечения рения, %		
1 : 50	71,6	99,9	99,9
1 : 100	65,8	99,9	99,9
1 : 200	53,2	75,3	85,4



Удельная поверхность исследуемого активированного угля была определена по однократному методу БЭТ (метод Брунауэра–Эммета–Теллера) на анализаторе удельной поверхности «Сорбтометр» (РФ).

Данные о структурных характеристиках активированного угля при различном увеличении получены в Национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа КазНУ им. аль-Фараби методом сканирующей электронной микроскопии на электронном микроскопе «Quanta 200i 3D» (FEI Company, США).

Исследование сорбции рения активированным углем на основе ОППЗ

В работе использовали стандартный раствор рения с концентрацией $1,510^{-4} \text{ М}$, который готовили растворением точной навески перрената аммония в воде.

Сорбцию рения проводили в статических условиях по следующей методике. Навеску угольного сорбента помещали в широкогорлую коническую колбу, добавляли аликвотную часть раствора металла с заданным значением pH и при перемешивании (с помощью перемешивающего устройства ЭКРОС 6410М) либо без перемешивания выдерживали в течение заданного времени. Через определенные промежутки времени отбирали аликвотные части раствора, в которых определяли концентрацию металла.

Концентрацию ионов водорода контролировали с помощью иономера 160МИ со стеклянным комбинированным элект-

родом ЭСЛ-43-07, который стандартизировали по буферным растворам.

Содержание рения в растворах определяли фотометрически по поглощению в УФ-области при 230 нм на спектрофотометре LEKI SS1207 UV.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены основные адсорбционные характеристики активированного угля на основе ОППЗ, модифицированного 3, 5 и 7 % масс. нитрата аммония.

Анализ экспериментальных данных по исследованию удельной поверхности активированного угля свидетельствуют о том, что при увеличении процентного содержания нитрата аммония удельная поверхность увеличивается. По-видимому, это связано с тем, что при воздействии высоких температур в образцах происходит полное сгорание неструктурированного углерода, а в результате влияния на пористую поверхность сорбента нитрата аммония увеличиваются микропоры, в связи с чем с повышением процентного содержания нитрата аммония растет значение удельной поверхности.

Установлено, что температурный интервал 700–750 °С является эффективным температурным режимом получения углеродного сорбционного материала с наиболее высокими значениями йодного числа 37,97–53,74 % из целлюлозной фракции ОППЗ размером 0,7 миллиметра. Введение в состав исходного сырья ОППЗ NH_4NO_3 в количестве 3, 5 и 7 % масс. содержания является оптимальным условием химической модификации получаемого углеродного сорбционного материала.

На рисунке 1 представлены микроснимки активированного угля на основе ОППЗ.

Модификация активированного угля нитратом аммония не оказывает существенного влияния на структуру поверхности активированного угля. Анализ микроснимков при различном увеличении показывает, что в исследуемых образцах сохраняется неразрушенная основа пористого каркаса растительной ткани с диаметром пор 1–10 мкм.

В таблице 2 представлены степени извлечения рения угольными сорбентами с 3, 5 и 7 % масс. нитрата аммония в зависимости от соотношения твердой и жидкой фаз.

Исследование влияния соотношения контактирующих фаз на сорбцию рения угольными сорбентами проводили при оптимальных значениях pH в течение 4 часов. Объем водной фазы и концентрации металлов в растворах оставались постоянными, увеличивали только массу навески сорбента. Соотношение Т : Ж составляло 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200. Полученные результаты представлены в таблице 2. Как следует из приведенных данных, увеличение соотношения Т : Ж более чем 1 : 100 для всех использованных сорбентов приводит к уменьшению степени сорбции рения.

На рисунке 2 представлены кинетические кривые сорбции рения активированным углем на основе ОППЗ, модифицированным с 3, 5 и 7 % масс. нитрата аммония.

Сорбцию рения проводили из растворов с концентрацией рения $1,51 \cdot 10^{-4}$ М. Значения pH растворов рения поддерживали оптимальными для каждого активированного угля: АУ-3 pH 2; АУ-5 pH 8; АУ-7 pH 8.

Соотношение твердой и жидкой фаз при исследовании сорбции рения составляло 1 : 100, время контакта фаз – 5 часов.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что время достижения сорбционного равновесия уменьшается в ряду АУ-3 < АУ-5 < АУ-7. Таким образом, увеличение содержания нитрата аммония при модификации угля сокращает время достижения равновесия и увеличивает степень извлечения рения.

Заключение

В рамках проведенной работы получен активированный уголь на основе отходов переработки пшеничного зерна. Проведена модификация сорбента путем импрегнирования в состав исходного сырья 3, 5 и 7 % масс. NH_4NO_3 , что является оптимальным условием химической модификации получаемого активированного угля.

Определены основные адсорбционные характеристики активированного угля, такие как удельная поверхность, адсорбционная активность по йоду. Изучена морфология поверхности методом сканирующей электронной микроскопии. Модификация активированного угля 7 % масс. нитратом аммония с последующей карбонизацией и активацией, позволила добиться высокой удельной поверхности – $213 \text{ м}^2/\text{г}$ и адсорбционной активности по йоду – 53,74 %.

АУ-7 также показал высокую сорбционную активность в процессе статической сорбции рения из модельных растворов: извлечение – 99 %, широкий интервал значений pH 2–8, время сорбции – 1–1,5 часа. Установлено, что увеличение соотношения Т : Ж более чем 1 : 100 приводит к уменьшению степени извлечения рения. Полученные изотермы сорбции рения в области низких концентраций металла подчиняются закону Ленгмюра, коэффициенты корреляции близки к 1, что может свидетельствовать об ионообменном механизме сорбции.

Литература

- 1 King R. U., in: D. A. Brobst, W. P. Pratt (Eds.). United States mineral resources. Geological survey professional paper, U.S. Government Printing Office – Washington, 1973. Iss. 820 – P. 571.
- 2 Палант А. А., Трошкина И. Д., Чекмарев А. М. Металлургия рения – М.: Наука, 2007 – 298 с.
- 3 Safirova E.. The Mineral Industry of Kazakhstan // U.S. Geological survey minerals yearbook: 2013, 2016 – P. 1-13.
- 4 Abisheva Z. S., Zagorodnyaya A. N., Bekturganov N. S. Review of technologies for rhenium recovery from mineral raw materials in Kazakhstan // Hydrometallurgy, 2011 – Vol. 109. № 1-2 – P. 1-8.
- 5 Abisheva Z. S., Zagorodnyaya A. N. Hydrometallurgy in rare metal production technology in Kazakhstan // Hydrometallurgy, 2002. – Vol. 63. № 1 – P. 55-63.
- 6 Абишева З. С., Загородняя А. Н. Вклад Института металлургии и обогащения руд в организацию производства рения и осмия-187 в Казахстане // Вестник Московского института тонкой химической технологии, 2013 – Вып. 8. № 3 – С. 34-48.
- 7 Абишева З. С., Загородняя А. Н., Букуров Т. Н., Телешев К. Д., Юдин А. Б., Тулегенов С. К., Ларионов В. А. Повышение степени извлечения рения на Жезказганском медеплавильном заводе // Цветные металлы, 2003. № 6 – С. 69-73.
- 8 Исабаев С. М., Ким В. А., Кузгубекова Х. М., Богоявленская О. А., Жинова Е. В. Сорбционные способы извлечения рения из ренийсвинцовсодержащих продуктов // Сорбционные и хроматографические процессы, 2006 – Том 6. Выпуск 6.
- 9 Пономарева Е. И., Загородняя А. Н., Абишева З. С. О разработке и внедрении технологии извлечения редких дисперсных металлов из минеральных ресурсов Казахстана // Комплексное использование минерального сырья, 1995 – № 3 – С. 61-68.
- 10 Troshkina I. D., Naing K. Z., Ushanova O. N., P'о V., Abdusalomov A. A. Recovery of rhenium from sulfuric acid solutions with activated coals // Russian Journal of Applied Chemistry, 2006 – Vol. 79. № 9 – P. 1419-1422.
- 11 Troshkina I. D., Ushanova O. N., P'о V., Mukhin V. M., Zubova I. D., Girda T. V. Rhenium sorption from sulfuric solutions by active carbons / Proceedings of Higher Schools Nonferrous Metallurgy, 2005.
- 12 ГОСТ 6217-74. Уголь древесный дробленый. Технические условия. П. 4.4. «Метод определения сорбционной емкости по йоду». П. 4.5. «Определение прочности».



Курган Берель. Общий вид

ВЕХИ ИСТОРИИ

Рубрика «Истоки культуры» каждый раз открывает искушенной аудитории журнала новые страницы истории нашей земли, на которой мы живем и работаем. И мало кто задумывался над тем, что мы ходим по той же земле, что и многие поколения наших предков. Они оставили нам свидетельства своих достижений, уклада жизни, умений, культурных и духовных воззрений. О чем-то мы можем прочесть в письменных источниках, познать и осмыслить. Но есть еще и гигантский пласт культурного наследия «дописьменной эпохи», в котором могут разобраться только специалисты очень романтической, но и в то же время самой достоверной науки археологии, когда любое умозаключение подтверждается неоспоримыми доказательствами – артефактами из раскопок культурных слоев – от древнекаменного века до Казахского ханства.

В течение 20 лет в каждом номере журнала читатели знакомы с уникальными исследованиями казахстанских археологов по многим направлениям технического прогресса в обустройстве жизни и деятельности населения территории древнего Казахстана.

Все это время желанием поделиться своими успехами, новыми открытиями, принять активное участие в поддержке этой рубрики принимал директор Института археологии им. А. Х. Маргулана МОН РК – Международного Центра сближения культур II категории под эгидой ЮНЕСКО МКис РК академик К. М. Байпаков, его коллеги и ученики.

Рубрику «Истоки культуры» открыли сенсационные материалы: впервые в Казахстане на Алтае был раскопан «царский» курган вблизи с. Берель [1]. Непотребоженное погребение с конями в линзе вечной мерзлоты хорошо сохранилось. Впервые были выделены палеогенетические маркеры крови казахов на биохимическом и молекулярно-генетическом уровнях. В сравнении с аналогичными маркерами представителей современной казахской популяции изучаемого региона

они позволяют по-новому оценить степень их генетического родства в пространстве и генетической преемственности во времени. Погребение в кургане с использованием радиоуглеродного метода датировано 294 годом до нашей эры.

Не менее интересны материалы о металлургии средневекового города Тальхира, известного торгового центра на Великом Шелковом пути Илийской долины [2]. Среди находок металлических изделий из археологических раскопок культурного слоя конца X – XII веков особое внимание привлекли два предмета – шарнирные ножницы и зубило, изготовленные из сверхуглеродистой тигельной стали ледебуритного класса и закаленные в холодной воде. Химический анализ показал полное отсутствие легирующих элементов. Это стало открытием современного металлостроения и имеет большое научное значение: расширяет ареал использования тигельной стали – Средний Восток, Средняя Азия, Жетысу-Семиречье. Средневековая Европа вообще не знала подобного высококачественного железоуглеродистого сплава. До появления дамасской стали оставалось около двух веков. Металлографическое и химическое изучение этих предметов выявило внутреннюю структуру высококачественного сплава и технологию его получения, секреты которого до сих пор были утеряны.

Трудно переоценить значение воды для зарождения и развития древних культур в Центральной Азии. Вследствие «неолитической революции», сопровождавшейся демографическим взрывом, возникла проблема дефицита воды. Освоение подземных грунтовых вод стало актуальным резервом природных богатств. Начало освоения их с помощью дренажных галерей-кяризов скрыто «во тьме веков». Принципиальная схема устройства и действие кяризов, где бы они ни находились (в Северной Африке или западе Китая) везде одинаковы. Отличаются лишь детали инфраструктуры. Особо широкое распространение кяризы получили на засуш-



Нарядное убранство верхового коня. Некрополь Берель. Восточный Казахстан. Реконструкция.



Туркестанский оазис. Кяризы выше с. Чорнак. XIV в.



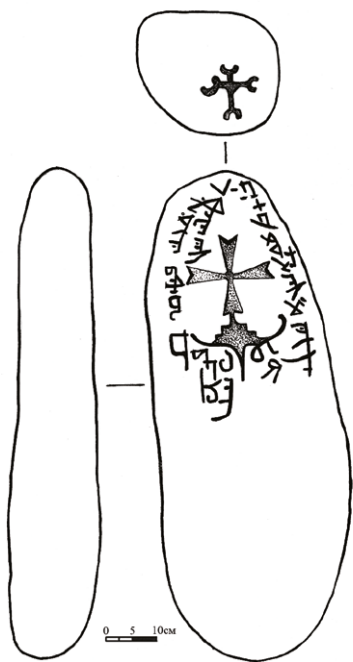
Городище Талгар - город Тальхир. Шарнирные ножницы.



Городище Талгар - город Тальхир. Зубило



Схема устройства кяриза



Городище Учарал - город Иланбалык. Кайрак (прорисовка).

Городище Ушарал - город Иланбалык. Кайрак (надгробный камень) на месте находки



Городище Оксыз - город Весидж. I-XIV вв. Аэрофото

ливом Иранском плато в ахеменидскую эпоху (VIII-III век до нашей эры). В эпоху древних государств – Ассирии, Мидии, Ирана, Урарту и прочих – строительство кяризных оросительных систем стало частью государственной политики. В раннем средневековье стали строить в Средней Азии и Восточном Туркестане (долина реки Турфан).

В Туркестанском оазисе были изучены три кяризные цепочки [3]. Ближайший от города Туркестана кяриз ведет к городищу Торткультобе I, датируемому VII-XIV веками. Кяриз более позднего времени – начало XVI века – был зафиксирован в 1969 году при дешифровке аэрофотосъемки городища Сауран и его окрестностей. Археологами был отмечен Туркестанский оазис, где кяризный способ водоснабжения и орошения получил широкое распространение в средневековый период.

Вопросу локализации города Иланбалыка (Иланбали) в Илийской долине посвящена статья об открытии еще одного средневекового города на территории Казахстана, который искали археологи, сверяясь с данными письменных источников, в течение почти полутора веков. Окончательную точку в локализации и отождествлении города Иланбалыка с городищем Ушарал поставил академик НАН РК К. М. Байпаков. Локализация подтверждается нумизматическими материалами и находкой намогильного камня – кайрака с несторианским крестом и надписью [4].

Благодаря нумизматическим находкам можно утверждать, что в начале XI века этот населенный пункт уже существовал. И клады, и единичные находки монет с этого памятника указывают на активнейшие товарно-денежные отношения на территории города в XII – первой половине XIV века. Местоположение города определено благодаря маршруту Чан-Чуня, который поместил город на расстояние одного дня пути к западу от выхода из перевала Талки. Известно также, что от Отрара до Алмалыка в системе Великого Шелкового пути было 45 дней пути, от Алмалыка до Бишбалыка (столицы Уйгурии) – 2 недели.

В самом начале XX века Алмалык посетил востоковед Н. Н. Пантусов, занимавший высокие должности в администрации г. Верного. В Кульдже ему были показаны находки из Алмалыка – два кайрака с крестами и надписями. Таким образом, находки несторианских кайраков и на городище Алмалык и на городище Ушарал также являются аргументами в пользу того, что Ушарал является развалинами города Иланбалыка, названного в дорожнике царя Малой Армении Гетума I сразу же за Алмалыком [5].

В продолжение исследований города Иланбалыка Международным Центром сближения культур II категории под эгидой ЮНЕСКО, при раскопках крепостной стены был обнаружен клад ювелирных изделий, помещенных в деревянную шкатулку небольшого размера, обтянутую коричневой кожей. Сохранились остатки деревянных деталей шкатулки, два кусочка кожи и железные гвоздики. В составе клада находились серебряные браслеты, медные серьги, ожерелья из полых серебряных бусин, кораллов, из крупных многогранных сердоликовых бусин и прямоугольных пластин, речной мелкий жемчуг [6].

Безусловно, ювелирные украшения из серебра, меди, цветных камней, найденные при раскопках города Иланбалыка (городище Ушарал), датированные XIII веком являются одним из звеньев в развитии ювелирных украшений у казахов.

Прослеживаются признаки связи в использовании серебра, меди, украшений из цветных камней у казахов и тюркских племен, обитавших в средние века в Казахстане и на территории Жетысу. Корни ювелирного искусства уходят в эпоху бронзы, раннего железа, древних тюрков.

В календаре ЮНЕСКО 2020 год отмечен как год двух великих казахстанцев, живших в разное время. Один из них – ученый, философ Абу Наср аль-Фараби. Он объехал страны арабского Востока, побывал в Индии, большую часть жизни

прожил в Египте, где подвел итог многолетним размышлениям об устройстве мира и человеческого общества [7].

Мало кто знает, что он наш соотечественник, уроженец города Весиджа, который отождествлен с городищем Оккус (Оксыз), находящимся в 2 фарахах (менее 2 километров) от города Фараба-Отрара. Первый этап жизни аль-Фараби почти не известен. Сведения письменных источников о более зрелых годах ученого тоже малочисленны. Жажда знаний привела его из Весиджа в Багдад, Харран, Дамаск, Хaleb, Каир. Он прошел пешком через Среднюю Азию – Шаш, Самарканд, Бухару, Мерв, Серахс, Нишапур, Рей, Хамадан.

Имя Нисба Абу Насра указывает на Фараб (второе название – Отрар), вероятнее всего, годы его детства и юности протекали здесь. Большинство авторов сходятся во мнении, что Абу Наср был тюрком – сыном правителя города и до зрелого возраста, до странствий в поисках знаний оставался в Фарабе, работал судьей. Места, где протекали его детство, отрочество и юность, не могли не оставить следов в складе мышления Абу Насра. Тюркская языковая среда, превалирующая к моменту его появления на свет, не была ему чужда. Поскольку население городов было многоязычным, он владел и другими языками. Ученый Ибн Халликан упоминает, что философ «знал тюркский и несколько других языков». Творческий путь Абу Насра совпадает с расцветом мусульманской культуры IX-X веков, проходит через ее основные вехи. «Вписанность» ислама в историю мировых религий и культур всецело разделялась аль-Фараби. Единство духовной, интеллектуальной и всех других сфер для него имеют единые божественные основания. Считая философию объединяющей, обобщающей и сопрягающей все формы знания и действия, мыслитель высоко оценивал традиции исламской и греческой культур, сущность различных философско-религиозных учений, включая древнеавионские и древнеегипетские культы, зороастризм, буддизм, христианство, манихейство.

Важнейшую роль в творческой судьбе ученого сыграли годы, проведенные в Багдаде. Он был интересен Аль-Фараби как средоточие научной и философской жизни Арабского халифата, здесь он знакомится с достижениями науки, изучает логику, занимается греческой философией, трактатами Аристотеля, диалогов Платона. Памятники истории и культуры давали пищу воображению, позволяли осознать становление мудрости в масштабе человеческой истории. Это время называется эпохой Мусульманского Ренессанса. В Багдаде Аль-Фараби не только изучал науки, но и обучал других. Здесь к нему пришла слава знатока логики, древней науки и музыки. Ему в высшей степени было свойственно отношению к знанию как единому процессу движения мысли и достижений культуры.

Литература

- 1 Самашев З. Полевой сезон Береля // *Промышленность Казахстана* – 2000, № 1 – С. 92-95.
- 2 Савельева Т. Металлургия средневекового Тальхира // *Промышленность Казахстана* – 2000, № 3 – С. 124-128.
- 3 Смагулов Е., Сала Р. Кяризы Туркестанского оазиса // *Промышленность Казахстана* – 2003, № 1 (16) – С. 96-98.
- 4 Байпаков К., Савельева Т., Петров П. Локализация города Иланбалык (Иланбали) в Илийской долине // *Промышленность Казахстана* – 2015, № 2 (89) – С. 94-97.
- 5 Пантусов Н. Н. Надгробные христианские памятники в Алмалыке // *Протоколы заседаний и сообщений членов Туркестанского кружка любителей археологии, год седьмой (11 декабря 1901) – Ташкент, 1902.*
- 6 Байпаков К., Савельева Т., Есполова Э. Ювелирный клад из средневекового города Иланбалык в Жетысу // *Промышленность Казахстана* – 2018, № 2 (103) – С. 94-97.
- 7 Байпаков К. Средневековый город Весидж – родина Абу Насра Аль-Фараби // *Промышленность Казахстана* – 2012, № 4 (73) – С. 94-98.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Абуталипов Е. А. – магистрант Таразского регионального университета им. М. Х. Дулати
2. Аккенжеева А. Ш. – к. т. н., доцент Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
3. Ананин А. И. – к. т. н., заместитель директора по научной работе Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет»
4. Асанова Ж. М. – старший преподаватель Карагандинского государственного технического университета
5. Асылханова Д. Д. – бакалавр КазНУ им. аль-Фараби
6. Атчабарова А. А. – PhD, заведующая лабораторией ДГП «ЦФХМА» РГП КазНУ им. аль-Фараби
7. Бабасов А. Г. – к. э. н., PhD, главный специалист по финансам ТОО «Корпорация «Казахмыс»
8. Байзбаев М. Б. – к. т. н., доцент Карагандинского государственного технического университета
9. Байпакова Л. К. – старший научный сотрудник Международного Центра сближения культур II категории под эгидой ЮНЕСКО
10. Байжанова А. – магистрант КазНУ им. аль-Фараби
11. Байсанов А. С. – к. т. н., ассоциированный профессор, заведующий лабораторией пирометаллургических процессов Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева»
12. Баккара А. Е. – PhD, старший преподаватель кафедры химической физики и материаловедения КазНУ им. аль-Фараби
13. Балабекова К. Г. – доктор PhD, доцент Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева
14. Баямирова Р. У. – к. т. н., научный сотрудник Каспийского государственного университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
15. Бекенова М. М. – бакалавр техники и технологии, техник лаборатории Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева»
16. Бекшиев Ж. Ж. – докторант КазНУ им. аль-Фараби, инженер ТОО «Karatau» АО «НАК «Казатомпром»»
17. Бирлан А. – магистрант Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева
18. Бисембаева К. Т. – к. т. н., научный сотрудник Каспийского государственного университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
19. Бисгалиев М. Д. – к. т. н., научный сотрудник Атырауского университета нефти и газа им. Сафи Утебаева
20. Букаев Е. З. – докторант PhD, Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
21. Буктуков Н. С. – академик НАН РК, д. т. н., профессор, директор Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ИГД им. Д. А. Кунаева»
22. Бурак М. – партнер GRATA International
23. Бусурманова А. Ч. – к. т. н., доцент Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
24. Бюрабеков Р. – юрист GRATA International
25. Волков А. П. – к. т. н., заведующий лабораторией Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ИГД им. Д. А. Кунаева»
26. Гаипов Т. Э. – к. х. н., старший научный сотрудник Института топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского
27. Головченко О. Ю. – к. х. н., доцент, заведующая лабораторией КазНУ им. аль-Фараби
28. Dagrasia A. – доктор PhD Университета Вик, Барселона, Испания
29. Демин В. Ф. – д. т. н., профессор Карагандинского государственного технического университета
30. Джаналиева Н. Ш. – докторант Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
31. Жапекова А. О. – магистр химии, докторант КазНУ им. аль-Фараби
32. Жолбасарова А. Т. – к. т. н., научный сотрудник Каспийского государственного университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
33. Жумагалиев Е. У. – к. т. н., доцент Актюбинского регионального университета им. К. Жубанова
34. Заядан Б. К. – д. б. н., профессор, декан факультет биологии и биотехнологии КазНУ им. Аль-Фараби
35. Злобина Е. В. – к. х. н., КазНУ им. аль-Фараби
36. Егоров О. – д. э. н., профессор Института экономики КН МОН РК
37. Иманбаев Е. И. – доктор PhD, начальник отдела науки и предпринимательства Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
38. Иминова Р. С. – к. х. н., и. о. доцента КазНУ им. аль-Фараби
39. Исагулов А. З. – д. т. н., профессор, первый проректор Карагандинского технического университета
40. Исатаева Ф. М. – PhD докторант Карагандинского государственного технического университета
41. Исмаилова А. Г. – к. х. н., доцент, ведущий научный сотрудник ДГП «ЦФХМА» РГП КазНУ им. аль-Фараби
42. Казн Ш. К. – техник лаборатории Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева»
43. Келаманов Б. С. – к. т. н., ассоциированный профессор, доцент Актюбинского регионального университета им. К. Жубанова
44. Кенжетгаев Г. Ж. – д. т. н., профессор Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
45. Кишибаев К. К. – доктор PhD, старший научный сотрудник ДГП «ЦФХМА» РГП КазНУ им. аль-Фараби
46. Куанышбайұлы С. – начальник горного отдела головного проектного Института ТОО «Корпорация «Казахмыс»
47. Кушакова Л. Б. – к. т. н., заведующая лабораторией Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет»
48. Ли Э. М. – начальник отдела обогащения минерального сырья и полупромышленных испытаний Филиала РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханобр»
49. Малдыбаев Г. К. – доктор философии PhD, старший научный сотрудник РГП «НЦ КПМС РК»
50. Маханбетов А. Б. – доктор PhD, старший научный сотрудник Института топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского
51. Махамбетов Е. Н. – магистр металлургии, научный сотрудник лаборатории пирометаллургических процессов Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева»
52. Мофа Н. Н. – д. х. н., заведующая лабораторией РГП «Институт проблем горения»
53. Муканов Т. – заместитель генерального директора по производству ТОО «СП «CASPI BITUM»
54. Мусабеков К. Б. – д. х. н., профессор КазНУ им. аль-Фараби
55. Мусин Р. А. – старший преподаватель Карагандинского государственного технического университета
56. Муталибова Г. К. – к. т. н., доцент Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева
57. Мухаметжанова А. А. – PhD- докторант, младший научный сотрудник РГП «НЦ КПМС РК»
58. Мырзабеков Б. Э. – доктор PhD, старший научный сотрудник Института топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского
59. Нажишкызы М. – к. х. н., доцент КазНУ им. аль-Фараби, ведущий научный сотрудник Института проблем горения
60. Наурызбаев М. К. – академик НАН РК, д. т. н., профессор, почетный директор ДГП «ЦФХМА» РГП КазНУ им. аль-Фараби
61. Нурганин А. – PhD докторант КазНУ им. аль-Фараби, научный сотрудник Института проблем горения
62. Оразалина А. Б. – магистр, преподаватель Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева
63. Осипов П. А. – старший научный сотрудник РГП «НЦ КПМС РК»
64. Сагындыков А. А. – д. т. н., профессор Таразского регионального университета им. М. Х. Дулати
65. Саулбек Ж. К. – техник лаборатории Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева»
66. Серикбаева А. К. – к. т. н., профессор Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
67. Сизикова Н. В. – к. т. н., старший научный сотрудник Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет»
68. Старцев И. В. – лауреат Государственной премии РК в области науки и техники имени аль-Фараби директор Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет»
69. Степаненко А. С. – к. ф.-м. н., старший научный сотрудник РГП «НЦ КПМС РК»
70. Сулейменов Ж. Т. – академик НАН РК, д. т. н., профессор Таразского регионального университета им. М. Х. Дулати
71. Сырлыбеккызы С. – доктор PhD Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
72. Тажипбаева С. М. – д. х. н., профессор КазНУ им. аль-Фараби
73. Тасибеков Х. С. – к. х. н., ассоциированный профессор, член-корр. КазНАЕН, главный научный сотрудник ДГП «ЦФХМА» РГП КазНУ им. аль-Фараби
74. Таттибаева Ж. А. – докторант КазНУ им. Аль-Фараби
75. Тимирбаева Н. Р. – докторант PhD, младший научный сотрудник Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева»
76. Токпаев Р. Р. – доктор PhD, заведующий лабораторией ДГП «ЦФХМА» РГП КазНУ КазНУ им. аль-Фараби
77. Толеукадыр Р. Т. – магистр технических наук, младший научный сотрудник Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева»
78. Түймебай А. С. – магистр, старший преподаватель Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева
79. Хожанпесова Ф. М. – докторант Каспийского университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова
80. Шабанов Е. Ж. – доктор PhD, заведующий лабораторией Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ХМИ им. Ж. Абишева»
81. Шамганова Л. С. – член-корр. НАН РК, д. т. н., заместитель директора Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ИГД им. Д. А. Кунаева»
82. Шаяхметова Р. А. – к. т. н., ведущий научный сотрудник РГП «НЦ КПМС РК»
83. Шумский В. А. – к. т. н., лауреат Государственной премии РК в области науки и техники им. аль-Фараби, заместитель директора по научной работе Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет»

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

- В. Школьник** – д. ф.-м. н., профессор
Б. Атамкулов – к. э. н.
А. Жарменов – академик НАН РК, д. т. н., профессор

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

- С. Байсанов** – д. т. н., профессор
Н. Бектурганов – академик НАН РК, д. т. н., профессор
Н. Буктуков – академик НАН РК, д. т. н., профессор
С. Галиев – чл.-корр. НАН РК, д. т. н., профессор
М. Дюсебаев – д. т. н., профессор
М. Ермагамбетов – д. х. н., профессор
С. Ефремова – д. т. н., профессор
В. Жандаулетов – к. э. н.
М. Молдабеков – академик НАН РК, д. т. н., профессор
В. Музгина – д. т. н., профессор
М. Наурызбаев – почетный член НАН РК, д. т. н., профессор
К. Саркенов – д. т. н., профессор
Р. Сармурзина – д. х. н., профессор
Б. Сатбаев – д. т. н., профессор
И. Старцев – инженер-экономист
А. Терликбаева – д. т. н.
Г. Трофимов – д. т. н., профессор
Г. Уалиев – академик НАН РК, д. т. н., профессор
С. Шалгымбаев – почетный член НАН РК, к. х. н.
Х. Юсупов – д. т. н., профессор

*Научно-технический журнал
«ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КАЗАХСТАНА»
Издается с июля 2000 года*

*№3(111), 2020 г.
Периодичность: 4 номера в год*

*Учредитель
РГП «НЦ КПМС РК»*

*Директор проекта
Людмила АНДРОНОВА*

*Редактор
Елена МАКСУТОВА*

*Научный редактор
Жадыра САДЕТОВА*

*Корректор
Бахыт АБИШЕВА*

*Аналитика
Валерий ЖАНДАУЛЕТОВ
Людмила ВАЛЕНТИНОВА*

*Верстка, цветокоррекция
и допечатная подготовка
Ирина САВЕЛЬЕВА*

*Печать
ТОО «Жарқын Ко»
010000, Республика Казахстан,
г. Нур-Султан, пр. Абая, 57/1.
тел.: 8 (7172) 215086
e-mail: jarkin@mail.ru*

*Редакция журнала «Промышленность Казахстана»
не всегда разделяет
мнение авторов публикаций.
Редакция не несет ответственности
за содержание рекламных материалов.
Перепечатка материалов возможна
с письменного согласия редакции.*

*Журнал впервые зарегистрирован
в Министерстве культуры, информации
и общественного согласия РК 05.04.2000 г.
(свидетельство № 1202-Ж).
Последняя перерегистрация в Министерстве
информации и коммуникаций РК от 11.06.2019 г.
(свидетельство № 17739-Ж)*

*050036, Казахстан, г. Алматы,
ул. Жандосова, 67
тел.: 8 (727) 2590070
факс: 8 (727) 2590075*

*e-mail: industrykz@cmrp.kz,
industrykz@mail.ru
prom56@mail.ru*

ФИЛИАЛ РГП «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН» ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «КАЗМЕХАНОБР»



Дата основания 30 октября 1958 г.

Ведущее предприятие в области обогащения руд цветных металлов, промышленного проектирования и экологической безопасности в Республике Казахстан

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- Создание новых высокоэффективных технологий обогащения и переработки различных типов руд, техногенного сырья и отходов горно-металлургического и топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан
- Проектирование предприятий горно-перерабатывающей и химической промышленности, утилизации ТБО
- Автоматизация технологических процессов с использованием новейших средств контроля, управления и программного обеспечения
- Мониторинг, оценка и прогноз состояния окружающей среды, природо-охранное проектирование, разработка нормативных документов
- Очистка и рециклинг промышленных сточных вод предприятий цветной металлургии и химической промышленности



Полупромышленная флотационная установка испытаний руд на обогатимость Казмеханобра

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПОСТРОЕННЫЕ И ЗАПУЩЕННЫЕ ПО ПРОЕКТАМ КАЗМЕХАНОБРА



Сернокислотный завод в Жанакорганском районе Кызылординской области

- Сернокислотный завод в Жанакорганском районе Кызылординской области производительностью 500 тысяч тонн в год, 2011 г.
- Аффинажный завод в г. Нур-Султан производительностью от 25 до 75 тонн золота в год, 2013 г.



Аффинажный завод в г. Нур-Султан

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ, ГОТОВЫЕ К ВНЕДРЕНИЮ



Установка кучного выщелачивания Казмеханобра

- NiTeCC–High Temperature Caustic Conditioning для извлечения золота из углеродсодержащего рудного и техногенного сырья, обладающего эффектом «preg-robbing»; объект внедрения - Суздальский металлургический завод АО «ФИК «Алел»
- Кучное выщелачивание золота и меди из забалансовых и техногенных минеральных образований
- Обогащение (концентрация) на столах текущих и лежалых шламовых хвостов для доизвлечения хромитов; объект внедрения - ТОО «Восход-Хром»
- Гравитационная технология переработки марганец содержащего промпродукта класса 10-40 мм; объект внедрения – Филиал АО «ТНК «Казхром» РУ «Казмарганец»
- Технико-экономическое обоснование строительства завода по производству серной кислоты по инновационной технологии из твердой комовой серы производительностью 500 тыс. тонн в год; объект внедрения – Павлодарский нефтехимический завод



Отделение сорбции и гидрометаллургии Казмеханобра

Республика Казахстан, 050036, г. Алматы, ул. Жандосова, 67/Б
Филиал РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханообр»
тел./факс: +7 (727) 309 25 78, 309 25 56
E-mail: kazmekhanobr@mail.ru



Республиканское государственное предприятие «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан»

Институт горного дела им. Д. А. Кунаева (Алматы)

Восточный научно-исследовательский горно-металлургический институт цветных металлов (Усть-Каменогорск)

Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханобр» (Алматы)

Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева (Караганда)

Центр металлургии в Восточно-Казахстанской области (Усть-Каменогорск)

Астанинский филиал «РГП НЦ КПМС РК» (Нур-Султан)

Институт геологии и экономики минерального сырья (Алматы)

АО «Казчерметавтоматика» (Караганда)

Журнал «Промышленность Казахстана» (Алматы)

▶ создание и освоение новых технологий в области геологии, горного дела, металлургии, обогащения полезных ископаемых, совершенствования действующих производств

▶ научно-методическое и нормативное обеспечение управления процессами недропользования и развития горно-металлургического комплекса

▶ разработка и реализация технологий и оборудования для рациональной добычи и переработки рудного, техногенного, забалансового и вторичного металлсодержащего сырья, а также утилизация производственных отходов

▶ разработка и реализация технологий получения новых материалов, в том числе высоко- и особо чистых материалов; обеспечение трансфера новых технологий в горно-металлургическом комплексе

▶ создание наукоемких производств в области химии, горного дела, металлургии

▶ проектно-изыскательские и проектно-конструкторские работы в области химических производств, горного дела, обогащения, металлургии; информатизация и автоматизация технологических процессов, сертификация и сервисное обслуживание предприятий горно-металлургического комплекса

▶ выполнение подрядных работ по разработке, изготовлению и сдаче в эксплуатацию новых, реконструкция и расширение действующих производств и технологических процессов горно-металлургического комплекса

▶ разработка и внедрение в промышленное производство приборов контроля за технологическими процессами в горно-металлургическом комплексе

▶ международное сотрудничество в области научно-технической и образовательной деятельности

В Национальном центре по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан в разные годы трудились более 60 действительных членов (академиков) и порядка 30 членов-корреспондентов отечественных и зарубежных академий наук, более 120 лауреатов премий, в том числе Государственной премии РК (21), Государственной премии СССР (19), Государственной премии КазССР (3), Ленинской премии (6), Премии Совета Министров СССР (11), Премии Совета Министров КазССР (8), Премии Кабинета Министров КазССР (5), Премии Ленинского комсомола Казахстана (2), Премии «Тарлан» (1), Премий им. академиков Е. А. Букетова, Д. А. Кунаева, К. И. Сатпаева, У. А. Джолдасбекова, Ш. Е. Есенова (49), Премии фонда Первого Президента РК (2), Премии Союза молодежи Казахстана (1), Премии «Гылым Сардары» (1). В настоящее время кадровый потенциал составляют 35 докторов, 80 кандидатов наук и докторов PhD, 36 академиков, 8 членов-корреспондентов, 63 лауреата различных премий, в том числе 20 лауреатов Государственной премии РК, из них 1 - дважды удостоен этой высокой награды.

Республика Казахстан, 050036, г. Алматы, ул. Жандосова, 67

Тел.: 8 (727) 259 00 70, 259 00 79. Факс: 8 (727) 259 00 75

e-mail: nc@cmrp.kz

www.cmrp.kz