

«Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ
ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ»
КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА»

«Утверждаю»

Проректор по науке
и корпоративному развитию
НАО КазНТУ им. К.И. Сатпаева



Кульдеев Е.И.

ХАТТАМА № 13
«20» маусым 2024
Алматы қаласы

ПРОТОКОЛ
№ 13
город Алматы

**Расширенное заседание кафедры «Химические процессы и промышленная экология»
Горно-металлургического института имени О.А. Байконурова**

Председатель: Кубекова Ш.Н. – заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоциированный профессор

Секретарь: Курманалиева Д.Т. – инженер

ПРИСУТСТВОВАЛИ: зав. кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.; д.х.н, профессор Абдиев К.Ж.; старший преподаватель, магистр Далбанбай А.; д.б.н., к.х.н., доцент Жунусбекова Н.М.; к.х.н., ассоц. профессор Журсумбаева М.Б.; д.х.н., профессор Искакова Т.К.; к.х.н., ассоц. профессор Каленова А.С.; д.т.н., профессор Капралова В.И.; доктор ДВА, старший преподаватель Кезембаева Г.Б.; преподаватель, магистр Кусаинова Г.К.; к.т.н., ассоц. профессор Мустахимов Б.К.; старший преподаватель, магистр Наурызбаева Ш.К.; к.т.н., ассоц. профессор Нурмакова С.М.; старший преподаватель, магистр Раимбекова А.С.; к.х.н., ассоц. профессор Сейткалиева Н.Ж.; PhD, старший преподаватель Сарсенбин У.К.; старший преподаватель Ускембаева З.К.; зав.лабораторией Есдаулетова Н.А.; инженер Жексенбиева Г.Е.; инженер Курманалиева Д.Т., инженер Мырзабекова Ш.У.; инженер Ыбырайымқұл С.

Отсутствовали: PhD, профессор-исследователь Козловский А.Л.; PhD, профессор-исследователь Нурлыбаев Р.Е.; PhD, д.т.н., профессор Бишимбаева Г.К.; ассоц. профессор Абильдина А.К.; профессор Еликбаев Б.К.; старший преподаватель, магистр Сарсенбаев С.О.; инженер Ержанова А.Т.

Всего присутствовало: 22 человек.

ПРИГЛАШЕННЫЕ ЛИЦА:

- Рецензент PhD, старший преподаватель кафедры «Химии, химической технологии и экологии» Алматинского Технологического Университета Беркинбаева А.С.;

- магистранты и докторанты.

ПОВЕСТКА ДНЯ

1. Предварительная защита докторанта Раимбековой А.С. на тему: «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе

Ф КазНТУ 403-02, Протокол

техногенного сырья Казахстана» на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по направлению Химические процессы и производство химических материалов (по образовательным программам «8D07108 – Основные процессы синтеза и производства органических и полимерных материалов» и «8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы»).

СЛУШАЛИ

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «На повестке дня – предварительная защита докторской диссертации Раимбековой Айнур Сагинжанкызы, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по направлению Химические процессы и производство химических материалов (по образовательным программам «8D07108 – Основные процессы синтеза и производства органических и полимерных материалов» и «8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы»).

Научные консультанты:

- Капралова Виктория Игоревна – доктор технических наук, доцент, академик АГН РК, профессор кафедры «Химические процессы и промышленная экология» (отечественный руководитель);

- Попова Ангелина, PhD, профессор кафедры физической химии, Университет Химической-технологии и металлургии, г.София, Болгария (зарубежный руководитель).

Рецензенты:

- Беркинбаева Акнур Сабитовна, PhD, сеньор лектор кафедры Химии, химической технологии и экологии, Алматинский технологический университет (внешний рецензент);

- Исакова Тыныштык Кадыровна, доктор химических наук, профессор кафедры «Химические процессы и промышленная экология» (внутренний рецензент).

Слово предоставляется соискателю Раимбековой А.С. для изложения существа и основных положений диссертационной работы – 20 минут для доклада».

ВЫСТУПИЛИ

Соискатель Раимбекова А.С. для изложения существа и основных положений диссертационной работы на тему «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана». Доклад прилагается.

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «Спасибо! Доклад окончен. Действительно проделана большая работа. Прошу, коллеги, задавать вопросы диссертанту».

ВОПРОСЫ ЗАДАВАЛИ:

Профессор кафедры «Химические процессы и промышленная экология», д.х.н. Абдиев К.Ж.:

1) Вопрос: «Мне непонятен механизм ингибирования коррозии, ваш ингибитор добавляется в воду и что происходит?».

Ответ: «Ингибиторы коррозии – это химические вещества, которые добавляются в систему для предотвращения или замедления реакций окисления металлов. Когда ингибитор добавляется в водную среду, он образует пленку на поверхности металла. Эта пленка обладает защитными свойствами и препятствует проникновению кислорода и других агрессивных компонентов к поверхности металла. Ингибиторы действуют по нескольким механизмам:

1) Формирование защитной пленки: Ингибитор может реагировать с поверхностью металла, образуя тонкую защитную пленку из нерастворимых соединений, которая предотвращает контакт с окружающей средой; 2) Ионообменные процессы: Ингибитор может обмениваться ионами с

поверхностью металла, меняя ее состав и уменьшая склонность к электрохимическому окислению; 3) Пассивация поверхности: Некоторые ингибиторы способны создать условия для формирования более стабильного слоя оксидной пленки на поверхности металла. Это помогает предотвратить дальнейшее разрушение материала под воздействием агрессивных факторов.

В зависимости от типа используемого ингибитора и условий эксплуатации системы (температура, рН-среды, концентрация агрессивных компонентов), эффективность ингибирования коррозии может быть различной. Проведение испытаний по соответствующим стандартным методикам поможет определить оптимальные параметры использования конкретного ингибитора для конкретной системы или материала».

2) *Вопрос:* «Известен такой способ как электрохимический метод фосфатирования. Ваш метод чем отличается, в чем его преимущества?».

Ответ: «Горячее фосфатирование и электрохимическое фосфатирование - это два различных метода обработки металлических поверхностей для защиты от коррозии и улучшения адгезии к покрытиям. У каждого из них есть свои преимущества. Преимущества горячего фосфатирования: *универсальность*, горячее фосфатирование может быть применено к различным металлам, включая сталь, цинк и алюминий. *Эффективность:* этот процесс создает тонкий слой защитного соединения на поверхности металла, который устойчив к коррозии. *Простота процесса:* Процесс горячего фосфатирования относительно прост в выполнении и не требует сложного оборудования.

Преимущества электрохимического фосфатирования:

1) Точный контроль толщины покрытия: данный метод позволяет достичь более точного контроля над толщиной формируемого покрытия на поверхности металла. 2) Работы на детализации: электрохимическое фосфатирование может быть использовано для обработки деталей с более сложной формой или конструкцией. 3) Более экономичное использование ресурсов: метод требует меньшее количество химических веществ по сравнению с горячим фосфатированием. Недостаток: сложное оборудование.

Оба метода имеют свое применение в зависимости от требуемых результатов, типов материалов и условий производства».

3) *Вопрос:* «Насколько устойчива образованная пленка?».

Ответ: «Пленка, образованная после фосфатирования, может быть достаточно устойчивой и служить как защитное покрытие для металла. Степень устойчивости зависит от нескольких факторов, включая тип используемого фосфатирующего раствора, условия процесса фосфатирования и свойства самого металла.

Фосфатирование – это процесс образования тонкого слоя фосфата на поверхности металла путем химической реакции ионов металла с раствором фосфата. Образующийся слой часто содержит соединения кальция, цинка или железа в составе осажденных солей.

Важным аспектом формирования устойчивости плёнки является правильный подбор параметров процесса: концентрация и состава растворов, рН-значение среды, температура обработки и время выдержки. Эти параметры должны быть оптимальными для создания прочной и стабильной защитной пленки.

Для определения устойчивости стальные образцы с покрытиями, сформированными в растворах выщелачивания при 85°C в течение 20 минут, выдерживали в водопроводной воде в течение 1; 4 и 8 суток. Выбор воды в качестве коррозионной среды обусловлен тем, что это основная технологическая среда, в которой эксплуатируются стальные водоводы. Одной из основных характеристик фосфатных покрытий, определяющей их функциональные свойства является масса фосфатного слоя, регламентируемая действующими стандартами, которую относят к единице площади стального изделия и выражают в г/м². Поэтому нами были определены массы фосфатных слоев, образовавшихся на

стальных образцах в полученном растворе фосфатирования, а также исследована их возможная деструкция при последующей выдержке в воде».

Ассоц. профессор кафедры «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н. Нурмакова С.М.:

Вопрос: «В течении какого времени необходимо проводить антикоррозионную обработку поверхности металла Вашим ингибитором?».

Ответ: «В целом обработка коррозионной среды ингибиторами проводится путем их постоянного дозирования при малых концентрациях в среду. В лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ «Методы коррозионных испытаний» мы проводили обработку водопроводной воды ингибиторами в течении 21 дня.

В качестве коррозионной среды использовали водопроводную воду с добавками ингибиторов различного состава и концентраций. Ингибитором сравнения служил известный ингибитор коррозии полифосфат натрия NaPO_3 . После окончания испытаний образцы вынимали из растворов, высушивали на воздухе и проводили визуальную оценку поверхности. После визуальной оценки продукты коррозии снимали пластмассовым шпателем, промывали этанолом, дистиллированной водой, высушивали в эксикаторе с прокаленным оксидом кальция и взвешивали на высокоточных весах ($\pm 0,1$ мг). О скорости коррозии судили по потере массы образцов за время испытаний».

Вопрос: «К какому классу соединений относится Ваш ингибитор и в каких областях возможно его применение?».

Ответ: «Синтезированный нами ингибитор относится к классу неорганических соединений. Областью его применения являются системы промышленного водоснабжения, а также мелиоративные системы».

Старший преподаватель «Химические процессы и промышленная экология» Мырзабекова Ш.У.:

Вопрос: «Қандай химиялық құрамнан тұрады сіздің жабқыш?»

Ответ: «XRF нәтижелері бойынша $\text{CaO}:\text{MnO}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1,00:0,11:1,54$ оксидтері бойынша негізгі компоненттердің молярлық қатынасы бар қышқыл кальций дифосфаттарына сәйкес конденсацияланған фосфат. Өнімдердің негізгі фазасы $\text{CaO}:\text{MnO}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1,00:0,14:1,09$ оксидтері бойынша компоненттердің молярлық қатынасы бар кальцийдің $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$ нашар еритін полифосфаттары және үш валентті марганец $\text{Mn}(\text{PO}_3)_3$ болып табылады».

Преподаватель кафедры «Химические процессы и промышленная экология» Ыбрайымқұл С.:

Вопрос: «В каких средах работает синтезированный Вами ингибитор?».

Ответ: «Синтезированный кальций-марганец-фосфатный ингибитор предназначен для нейтральных водных сред, а также может быть использован в водах с содержанием сульфат-ионов порядка 1000 мг/л и содержанием хлоридов порядка 30 мг/л».

Старший преподаватель кафедры «Химические процессы и промышленная экология», ДВА Кезембаева Г.Б.:

Вопрос: «Можно ли применять синтезированный Вами кальций-марганец фосфатный ингибитор для обработки воды в питьевом водоснабжении?».

Ответ: «В питьевом водоснабжении надо очень строго контролировать содержание фосфатов и марганца, фосфаты не более 1 мг/л. Лучше использовать этот ингибитор в мелиоративных системах, потому что фосфор является одним из трех основных питательных элементов для растений, а марганец - важным микроэлементом. Поэтому использование этого ингибитора не только позволит решать

проблему коррозии металлов, но и способствовать повышению урожайности сельскохозяйственных растений».

Заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.:

Вопрос: «По какой технологии наносят фосфатные покрытия вашим фосфатирующим раствором?».

Ответ: «Фосфатные покрытия наносят методом погружения при 85 °С в течение 30 мин».

Вопрос: «Растворимость вашего ингибитора 92,4%, а что вы предполагаете делать с не растворившейся частью?».

Ответ: «По данным анализа, остаток представлен в основном оксидом кремния. Его после сушки можно использовать в производстве стройматериалов, например, при получении жидкого стекла автоклавным способом».

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «Уважаемые коллеги, есть еще вопросы соискателю? Если нет вопросов, тогда слово предоставляется внешнему рецензенту PhD, сеньор лектору кафедры «Химии, химической технологии и экологии» Алматинского технологического университета Беркинбаевой Акнур Сабитовне».

PhD, сеньор лектор кафедры «Химии, химической технологии и экологии» Алматинского технологического университета Беркинбаева А.С.: «Рецензия на диссертационную работу докторанта PhD Раимбековой Айнур Сагинжанкызы на тему: «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы.

Диссертационная работа Раимбековой Айнур Сагинжанкызы посвящена решению важной актуальной проблемы – исследованию возможности вовлечения в переработку отходов горнодобывающей промышленности с целью получения новых антикоррозионных материалов на их основе.

Диссертация состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка использованных источников и 2 приложений. В работе содержится 29 таблиц и 47 рисунков, список использованных источников включает 160 библиографических ссылок. Общий объем диссертации 120 страниц.

Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами. Тема исследования диссертационной работы Раимбековой А.С. очень актуальна для нашей Республики, так как создание новых технологий по переработке отходов горнодобывающих и обогатительных предприятий Казахстана предотвратит их попадание в отвалы, которые занимают огромные площади и отрицательно влияют на окружающую среду, позволит получать новые виды неорганических материалов, что, в конечном итоге будет способствовать сохранению минеральных ресурсов и восстановлению окружающей среды.

Также актуальна проблема создания антикоррозионных материалов для защиты от коррозии технологического оборудования и стальных трубопроводов, контактирующих с водными средами. Несмотря на то, что в настоящее время разработано большое количество металлопластиковых материалов для замены металлических труб, такие конструкции как магистральные трубопроводы большого диаметра, эксплуатируемые при повышенном давлении, до сих пор изготавливают из углеродистой стали, основным недостатком которой является низкая коррозионная стойкость. К тому же для ранее построенных действующих водоводов единственным методом антикоррозионной защиты является обработка воды ингибиторами. Производство антикоррозионных материалов в РК

отсутствует, а импортные реагенты дефицитны и обладают высокой стоимостью. Поэтому создание эффективных антикоррозионных материалов на основе доступного, дешевого местного сырья является актуальной задачей.

Работа Раимбековой А.С. выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры «Химические процессы и промышленная экология» Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И.Сатпаева по госбюджетным НИР на 2018-2020 гг. № BR05236302 «Научно-техническое обоснование инноваций химического кластера в области создания новых материалов и технологий для повышения эффективности и экологической устойчивости промышленного производства» и на 2023-2025 гг. № BR21881939 «Разработка ресурсосберегающих, энергогенерирующих технологий для горно-металлургического комплекса и создание инновационного инжинирингового центра».

Научные результаты и их обоснованность. Диссертационная работа Раимбековой А.С. содержит следующие новые и вполне достоверные научные результаты:

- с использованием комплекса современных инструментальных методов, а также химического анализа, изучен элементный и минералогический состав вскрышных пород и отходов гравитационного обогащения марганцевой руды м.Жайрем и на основе отходов обогащения руды м.Жайрем синтезирован кальций-марганец фосфатный продукт, выявлены оптимальные условия его получения и изучены его антикоррозионные свойства как ингибитора коррозии низкоуглеродистой стали (Ст3) в различных водных средах. Показана высокая ингибирующая эффективность синтезированного продукта в сравнении с известным ингибитором – полифосфатом натрия, не только в нейтральных водных средах, но и в водах с высоким содержанием сульфатов и хлоридов;

- на основании данных исследований морфологии поверхности стальных образцов, находившихся в растворах синтезированного ингибитора, и картирования элементов, установлено, что высокие защитные свойства обусловлены присутствием в поверхностных отложениях фосфора, кальция и марганца;

- исследована возможность получения концентрированных кальций-марганецсодержащих фосфатных растворов из отходов вскрыши м.Жайрем с использованием выщелачивания ценных компонентов фосфорной кислотой. Установлены оптимальные условия процесса выщелачивания и изучена возможность применения полученного раствора для создания на стальной поверхности защитных фосфатных покрытий. Показано, что покрытия, сформированные в растворе выщелачивания на стали, близки по характеристикам, установленным для стандартных фосфатных покрытий, сформированным в известном растворе фосфатирования Мажеф.

- предложены принципиальные технологические схемы переработки отходов добычи и обогащения марганцевой руды м.Жайрем на такие антикоррозионные материалы как кальций-марганец фосфатный ингибитор и кальций-марганец фосфатирующий раствор, рассчитаны сырьевые расходные коэффициенты и составлены материальные балансы процессов.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов, выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации. Диссертационная работа Раимбековой А.С., является квалификационной научной работой и содержит новые научно обоснованные и достоверные экспериментальные результаты, которые базируются на использовании современных методов исследований и аппаратуры. Результаты работы апробированы на международных научных конференциях ближнего и дальнего зарубежья, опубликованы в профильных журналах с высоким рейтингом, включенных в базы данных Scopus. Все это свидетельствует об обоснованности и достоверности полученных в диссертации результатов.

Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированных в диссертации. Представленные в диссертации результаты исследований являются новыми, так как:

- впервые на основе отходов обогащения руды м.Жайрем синтезирован кальций-марганец фосфатный продукт, выявлены оптимальные условия его получения и впервые изучены его антикоррозионные свойства как ингибитора коррозии низкоуглеродистой стали (Ст3) в различных водных средах;

- впервые с использованием электронной микроскопии (микроскоп SEM HITACHI TM3030 с встроенной системой микроанализа Bruker XFlash MIN SVE) изучено состояние поверхности защитных пленок и покрытий, образовавшихся на Ст3 при выдержке в растворах синтезированных материалов и впервые показаны карты распределения элементов, входящих в химический состав покрытий;

- впервые показана возможность получения фосфатирующих растворов на основе вскрышных марганецсодержащих отходов м.Жайрем; впервые изучен состав и характеристики полученного раствора фосфатирования и исследована коррозионная стойкость фосфатированных покрытий;

- впервые предложены принципиальные технологические схемы переработки отходов добычи и обогащения марганцевой руды м.Жайрем на такие антикоррозионные материалы как кальций-марганец фосфатный ингибитор и кальций-марганец фосфатирующий раствор.

Практическая значимость полученных результатов. Результаты, полученные в рамках выполнения диссертационной работы, могут быть использованы для решения проблем антикоррозионной защиты внутренней поверхности стальных трубопроводов и оборудования, находящихся в контакте с водными средами различного состава, а также как задел для реализаций производства высокоэффективных антикоррозионных материалов на основе отходов горно-обогатительных предприятий РК.

Замечания, предложения по диссертации. Диссертация выполнена на достаточном высоком научно-методологическом уровне, однако по содержанию имеются следующие незначительные замечания:

- в главе 2, в подразделе 2.2.1. «Химические методы анализа сырья и продуктов исследований», представлены методики определения основных компонентов CaO, MnO, P₂O₅, хотя можно было бы привести и такие известные методики как определение потерь при прокаливании, определение нерастворимого остатка и др.;

- при исследовании ингибирующих свойств синтезированного продукта в качестве ингибитора сравнения выбран только полифосфат натрия, но нет объяснения, почему не используются другие известные ингибиторы;

- результаты химического анализа вскрышных пород м.Жайрем повторены в работе дважды: на стр.80 и стр.93;

- на стр.82, на рисунке 39 отсутствует ось ординат;

- на стр.83 в таблице 20 два столбца: Концентрация фосфорной кислоты, % и Температура разложения, °C можно убрать, вынеся эти цифры в название таблицы.

Следует сказать, что упомянутые замечания не снижают общий высокий уровень диссертации и не носят принципиальный характер.

Соответствие содержания диссертации в рамках требований Правил присуждения ученых степеней. Оценивая диссертационную работу «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана» в целом, следует отметить современный уровень и законченность научных исследований, представляющих теоретический и практический интерес. Диссертация несомненно обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует требованиям раздела 2 «Правил присуждения ученых степеней», а ее автор Раимбекова А.С. заслуживает присвоения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы».

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «Уважаемый соискатель, можете ответить на указанные замечания».

Соискатель Раимбекова А.С.: «Большое спасибо! **По первому замечанию:** Определение потерь при прокаливании, НРО – это известные методики, в которых использован весовой анализ. В работе они используются только однократно, при определении исходного состава отходов, поэтому мы их не указывали, а представили только методики определения основных компонентов синтезированных материалов

По второму замечанию. Полифосфат натрия наиболее известный ингибитор коррозии. Импортные ингибиторы, имеющие фирменные названия Nalco; KW-22, Calgon и другие, по своему химическому составу состоят из полифосфата натрия. Полифосфат натрия также является основой различных ингибирующих композиций. Поэтому, в качестве ингибитора сравнения и был выбран полифосфат натрия. С остальными замечаниями согласна».

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «Уважаемые коллеги, слово предоставляется внутреннему рецензенту **Искаковой Тыныштык Кадыровне** – доктору химических наук, профессору кафедры «Химические процессы и промышленная экология».

Искакова Тыныштык Кадыровна – доктор химических наук, профессор кафедры «Химических процессов и промышленной экологии» Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева:

«Рецензия на диссертационную работу Раимбековой Айнура Сагинжанкызы на тему «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана» на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по специальности «8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы».

1. Актуальность темы исследования и связь с общенаучными и общегосударственными программами.

Динамика образования промышленных отходов в Республике Казахстан в последние годы демонстрирует активный прирост. По информации Бюро национальной статистики АСПиР РК, в 2022 году в стране было образовано 888,1 млн тонн различного производственного мусора — на 20,5% больше, чем в 2017-м. В целом в стране накоплено около 32 млрд тонн промышленных «хвостов». По данным, взятым из «Аналитической информации о реализации национального проекта «Зеленый Казахстан» за 2023 год», в Казахстане резко уменьшилась доля переработки и утилизации промышленных отходов. По итогам 2023 года этот показатель составил всего 30,4%. В итоге этот индикатор Целей устойчивого развития откатился до уровня 2017 года. Таким образом, переработка и использование промышленных отходов ГМК, содержащих ценные для дальнейшей переработки компоненты, являются эколого-экономическими составляющими устойчивого развития РК.

Актуальность работы Раимбековой А.С. обусловлена рядом преимуществ использования отходов горно-добывающих и обогатительных предприятий для производства новых ингибиторов коррозии металлов. Предложенные решения упрощают технологию получения, значительно снижают токсичность и стоимость целевого продукта с точки зрения стратегии устойчивого развития, что позволяет соблюсти равновесие экономического и экологического характера. Высокая антикоррозионная активность обеспечивает возможность применения фосфорсодержащих продуктов в качестве ингибиторов коррозии металла.

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры «Химические процессы и промышленная экология» Казахского национального

исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева по госбюджетным НИР №BR05236302 «Научно-техническое обоснование инноваций химического кластера в области создания новых материалов и технологий для повышения эффективности и экологической устойчивости промышленного производства» (2018-2020) и №BR21881939 «Разработка ресурсосберегающих, энергогенерирующих технологий для горно-металлургического комплекса и создание инновационного инжинирингового центра» (2023-2025).

2. Научная новизна исследования определяется тем, что впервые:

- изучен состав отходов вскрыши и обогащения марганцевой руды м. Жайрем;
- разработан кислотно-термический синтез кальций-марганец фосфатных продуктов на основе хвостов обогащения руды м. Жайрем при различных температурах;
- показано, что полученный при 200°C водорастворимый продукт может быть использован в качестве ингибитора коррозии. Его антикоррозионный эффект наблюдается в широком диапазоне концентраций (1,0–100,0 мгР₂О₅ /л), а в концентрации 50,0 мгР₂О₅/л коррозия стали практически отсутствует, степень защитного действия составляет 98,2%;
- доказано, что торможение коррозионного процесса обусловлено образованием на поверхности стали защитных пленок с определенным морфологическим составом;
- установлено, что кальций-марганец фосфатный ингибитор активно работает в растворах с повышенным содержанием сульфатов и хлоридов;
- изучен процесс фосфорнокислотного извлечения солей марганца из вскрышных отходов м. Жайрем и разработаны оптимальные условия его осуществления;
- показано, что раствор, полученный при выщелачивании отходов вскрыши м.Жайрем, также обладает защитным действием;
- предложены принципиальные технологические схемы получения ингибитора коррозии металлов из хвостов обогащения марганцевой руды м.Жайрем и растворов фосфатирования из отходов вскрыши. Определены расходные коэффициенты по сырью и рассчитаны материальные балансы обоих процессов.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации.

Работа характеризуется единством полученных научных результатов, Раимбековой А.С. удалось полностью решить весь перечень, поставленных задач исследования. При этом основное внимание сконцентрировано на дальнейшем развитии принципов устойчивого развития в химической промышленности, основу которого составляет снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

Все полученные результаты, выводы и заключение диссертационной работы Раимбековой А.С. аргументированы, обоснованы и достоверны. Достоверность каждого результата подтверждена использованием современных приборов и оборудования для идентификации продуктов и изучения их свойств. Выводы имеют четкие формулировки и логическую завершенность, в основе которой лежит правильная постановка задач исследования и и хорошее владение научно-технической литературой.

4. Практическая и теоретическая значимость научных результатов.

Наибольший практический интерес в диссертационной работе вызывает тот факт, что для создания новых ингибиторов коррозии выбраны вскрышные отходы и хвосты обогащения руды м. Жайрем. В диссертации предложен пример практического применения продуктов их переработки в качестве ингибиторов коррозии, которые обеспечивают оптимальную антикоррозионную защиту металлов в водной среде. Результаты лабораторных исследований показали, что разработанный ингибитор позволяет осуществить эффективную защиту низкоуглеродистой стали Ст3, из которой изготавливаются нефте- и водопроводы, которые эксплуатируются в условиях повышенной влажности. Новые антикоррозионные агенты на основе отходов добычи и обогащения марганцевых руд отличаются

низкой себестоимостью по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами и будут пользоваться спросом. Проведенные экспериментальные исследования легли в основу принципиальных технологических схем переработки хвостов обогащения марганцевой руды м.Жайрем в эффективные ингибиторы коррозии металлов.

Практическое применение разработанных новых антикоррозионных материалов на основе отходов добычи и переработки м.Жайрем как в процессе фосфатирования, так и в результате обработки воды ингибиторами позволит снизить материальные потери металла из-за коррозии, повысит надежность работы металлического оборудования и трубопроводов, будет способствовать сохранности природных запасов металлов и защите окружающей среды.

5. Полнота опубликования материалов диссертации в печати

По результатам диссертационных исследований автором опубликовано 9 научных публикациях, в том числе 2 статьи в международном журнале, входящем в базу данных Scopus, 1 – в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования, 6 статей опубликованы в материалах международных конференций. По результатам исследований получены 2 патента на полезную модель РК.

Результаты исследований были апробированы на международной научно-практической конференции «Корреляционное взаимодействие науки и практики в новом мире» (2020 г., Санкт-Петербург, РФ); III-й международной научно-практической конференции «Science and Business-2021» (2021 г., Алматы, РК); 5-th International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources” (2022, Petroşani, Romania); международной конференции «Сатпаевские чтения -2021» и «Сатпаевские чтения – 2023» (Алматы, РК); Международной научно-технической конференции. "Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов" (2023 г., Ташкент, Узбекистан).

6. Замечания и предложения по диссертации.

1. В выводах к третьему разделу диссертации указано «Впервые изучен вещественный и фазовый состав вскрышных пород и отвальных хвостов обогащения марганцевой руды м.Жайрем». Действительно ли это утверждение правомерно?

2. На основании каких данных определяли состав продукта кислотно-термической обработки хвостов обогащения марганцевой руды м.Жайрем?

3. Антикоррозионная активность наблюдалась при действии продукта, полученного при 200°C. Чем вы это объясняете? Каков механизм образования защитной пленки на поверхности металла?

4. В работе встречаются неудачные выражения, например, 1) на стр. 9 – Исследования *молекулярной структуры* защитных пленок проводили ИК-спектроскопическим методом. 2) на стр. 67, 69, 77 - коррозионный потенциал рабочего электрода смещается в сторону отрицательных или положительных значений, хотя потенциал везде имеет отрицательные значения. 3) кальций-марганец фосфатный продукт снижает скорость коррозии стали (Ст3) практически на два порядка по сравнению со скоростью коррозии металла в растворе сульфата натрия (1000 мгSO_4^{2-}) без добавок. По данным таблицы 13 такого снижения не наблюдается.

5. В диссертационной оформлении нумерации некоторых подразделов, таблиц, рисунков и ссылок на них, а также некоторых использованных источников не соответствует требованиям Инструкции по оформлению диссертации доктора PhD И.029-04-01-03.2.01-2023.

Однако вышеприведенные замечания не снижают высокий уровень представленной работы и носят рекомендательный характер.

6. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям «Правил присуждения ученых степеней».

Диссертационная работа Раимбековой Айнура Сагинжанкызы на тему: «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) является завершённой научно-исследовательской работой и полностью отвечает требованиям «Правил присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертационным работам, а её автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы».

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «Спасибо большое, Тыныштык Кадыровна! Слово для ответа на замечания и предложения рецензента предоставляется соискателю».

Соискатель Раимбекова А.С.: «Ответы по замечаниям рецензента д.х.н., профессора Искаковой Т.К. на первый вопрос:

1. Утверждение правомерно, потому что полный анализ этих отходов, включая микропримеси изучен впервые. На обогатительных фабриках в основном определяют только содержание полезных компонентов.

2. Состав продукта кислотно-термической обработки хвостов обогащения марганцевой руды м.Жайрем определяли по данным РФА и ИКС.

3. Кальций-марганец фосфатный продукт, полученный при 200°C был выбран для испытаний в качестве ингибитора из-за его высокой растворимости: 92,4 отн.%. Повышение температуры синтеза приводит к образованию плохо-растворимых продуктов. Для антикоррозионной обработки воды ингибитор должен обладать высокой растворимостью, учитывая объемы транспортируемой воды, а также чтобы не было образования шламов при приготовлении раствора ингибитора. Высокие антикоррозионные свойства синтезированного ингибитора можно объяснить образованием на поверхности металла труднорастворимых гидрофосфатов железа, а также кальция и марганца. Это подтверждают результаты картирования и данные ИКС. Механизм образования защитных пленок в растворах синтезированного ингибитора мы не изучали, в задачи исследований это не входило.

4. Да, коррозионный потенциал имеет отрицательное значение. Но в зависимости от добавок, вводимых в коррозионную среду, он может смещаться либо в сторону еще более отрицательных значений, что активизирует коррозию, либо в сторону менее отрицательных значений. И в этом случае в практике коррозионных исследований принято говорить, что он смещается в положительную сторону. По поводу снижения скорости коррозии. Скорость коррозии стали в воде без добавок составляет 0,292 мг/см²сут, а с добавкой 100 мг/л ингибитора – 0,012 мг/см²сут, снижение в 24 раза, или на порядок. С остальными замечаниями согласна».

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «Слово предоставляется отечественному научному руководителю – доктору технических наук, профессору кафедры «Химические процессы и промышленная экология», академику АГН РК Капраловой Виктории Игоревне».

Доктор технических наук, профессор кафедры «Химические процессы и промышленная экология», академик АГН РК Капралова В.И.:

Отзыв научного руководителя на диссертацию Раимбековой А.С. на тему: «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана», выполненную соискателем степени доктора философии (PhD) Раимбековой Айнура

Сагинжанкызы по образовательной программе 8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы.

Раимбекова Айнур Сагинжанкызы в 2002 году с отличием окончила КазННТУ им.К.И. Сатпаева по специальности «Химическая технология неорганических веществ» и осталась работать на кафедре ЯХТ и ВВ в должности ассистента. В 2012-2014 гг прошла обучение в магистратуре, которую также окончила с отличием. В период 2019-2022 гг прошла обучение в докторантуре по образовательной программе 8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы. В настоящее время работает на кафедре «Химические процессы и промышленная экология» в должности старшего преподавателя.

За время обучения и работы Раимбекова А.С. наряду с преподавательской деятельностью постоянно занималась исследовательской работой и проявила себя как ответственный, добросовестный, инициативный исследователь, способный четко формулировать цель и задачи исследования, целеустремленно и настойчиво работать для достижения поставленных целей.

Полученные Раимбековой А.С. результаты экспериментальных исследований по теме диссертационной работы, позволяют сделать вывод о ее высокой квалификации, способности анализировать предмет исследования и грамотно применять современные методы физико-химических исследований для решения поставленных задач, успешно обрабатывать и аргументированно интерпретировать полученные результаты.

Диссертация Раимбековой А.С. посвящена решению актуальной для нашей страны проблемы переработки не утилизируемых в настоящее время техногенных отходов на неорганические антикоррозионные материалы, производство которых в Республике на данный момент отсутствует. Предложенные Раимбековой А.С. на основании проведенных исследований пути решения этой проблемы несомненно имеют научную новизну и практическую значимость и позволяют решать не только технологические, но и экологические задачи в плане минимизации техногенных отходов. Результаты работы неоднократно обсуждались на различных международных конференциях не только в Казахстане, но и странах ближнего и дальнего зарубежья.

По полученным результатам исследований опубликовано 2 статьи в международном журнале, входящем в базу данных Scopus, 1 – в издании, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования, 6 статей опубликованы в материалах международных конференций. По результатам исследований получены 2 патента на полезную модель РК.

Диссертация Раимбековой А.С. является завершенной научно-квалификационной самостоятельной работой, выполненной на высоком научном и методическом уровне. Раимбековой А.С. лично проведены все эксперименты по синтезу и исследованию свойств кальций-марганец фосфатного ингибитора на основе хвостов гравитационного обогащения марганцевой руды м.Жайрем; по разработке способа получения раствора фосфатирования на базе вскрышных пород м.Жайрем, самостоятельно подготовлены образцы для коррозионных испытаний, химических и физико-химических исследований, проведена интерпретация полученных результатов. Раимбекова А.С. принимала непосредственное участие в подготовке публикаций по выполненной работе.

Считаю, что по личностным качествам, объему и качеству выполненной работы, научной новизне и практической значимости полученных результатов, личному вкладу в диссертационную работу Раимбекова Айнур Сагинжанкызы является высококвалифицированным исследователем и достойна присуждения ей степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы».

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «Уважаемые коллеги, разрешите зачитать отзыв

зарубежного руководителя PhD, профессора кафедры физической химии, Университет Химической-технологии и металлургии (г.София, Болгария) Поповой Ангелины, отзыв предоставлен на официальном бланке университета:

Отзыв научного руководителя на диссертацию Раимбековой А.С. «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана».

1. Актуальность.

Предметом данной диссертации является получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана.

Тема актуальна как в научном, так и в научно-прикладном аспекте.

Определенный научный и практический интерес представляют вопрос утилизации промтоходов предприятий, занятых добычей и обогащением марганцевых руд.

Одним из крупных промышленных предприятий по добыче марганцевой руды является ОАО «Жайремский ГОК». При добывании марганца образуется большое количество отвалов вскрышных пород, которые практически не утилизируются. Вовлечение технических решений по переработке этих отходов в производство новых материалов актуально и экономически целесообразно.

2. Знание проблемы. Обзор литературы составлен на основе 160 источников.

На основе компетентно интерпретированной ссылки на литературу очень хорошо аргументирована целесообразность объекта исследования – вскрышные породы марганцевой руды месторождения Жайрем.

Целью данной работы является исследование возможности получения марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе отходов горнодобывающей промышленности и изучение свойств полученных продуктов.

3. Методы исследования. Выбранные методы исследования позволяют достичь цели и получить адекватный ответ на задачи, поставленные в диссертации. Исследования обеспечены соответствующим оборудованием. Разнообразие прикладных методов исследования способствовало богатству полученных результатов и свидетельствует о хороших экспериментальных способностях докторанта. Полученные результаты компетентно и подробно комментируются.

4. Характеристика и оценка диссертационной работы и вкладов. Диссертационная работа изложена на 118 страницах машинописного текста, содержит 28 таблиц, 46 рисунка. Работа состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка использованных источников из 160 наименований и 2 приложений. Каждый раздел диссертации завершается выводами.

Особенно хорошее впечатление производит четкое, систематизированное и грамотной формулирование выводов диссертации, которые разделены на научные и прикладные. Я полностью с ними согласна. Многие научные результаты получены впервые. Отмечу лишь некоторые из них:

Научная новизна:

- *впервые* на основе результатов изучения вещественного и фазового состава отходов вскрыши и обогащения марганцевой руды м.Жайрем получены марганецсодержащие фосфатные продукты и показана возможность их использования в качестве антикоррозионных материалов для защиты низкоуглеродистой стали от коррозии в водных средах.

- *впервые* проведен кислотно-термический синтез кальций-марганец фосфатных продуктов на основе хвостов обогащения руды м.Жайрем и впервые показано, что образование хорошо растворимых реагентов, которые могут быть использованы в качестве ингибиторов коррозии низкоуглеродистой стали в нейтральных водных средах.

- *впервые* изучена морфология поверхности защитных пленок, образовавшихся на поверхности на стальной поверхности в растворах синтезированного ингибитора и составлена карта распределения химических элементов, входящих в состав пленок.

- *впервые* показано, что синтезированный на основе хвостов обогащения руды м.Жайрем кальций-марганец фосфатный ингибитор обладает высокой ингибирующей эффективностью в водах с высоким содержанием промоторов коррозии – сульфат- и хлорид-ионов.

- *впервые* изучен процесс фосфорнокислотного извлечения марганца из вскрышных отходов м.Жайрем и установлены оптимальные условия ведения процесса. Проведенные коррозионные испытания фосфатных покрытий, сформированных на стали в полученном фосфатирующем растворе, показали, что их характеристики соответствуют стандартным требованиям.

Практическая значимость:

- на основе проведенных экспериментальных исследований предложены принципиальные технологические схемы переработки хвостов обогащения марганцевой руды м.Жайрем на кальций – марганец фосфатный ингибитор коррозии металлов и отходов вскрыши на растворы фосфатирования;

- на основании установленных оптимальных параметров процессов получения кальций-марганец фосфатного ингибитора и марганецсодержащего раствора фосфатирования и определенных расходных коэффициентов по сырью рассчитаны материальные балансы процесса кислотно-термического синтеза ингибитора на основе хвостов обогащения руды м.Жайрем и процесса фосфорнокислотного выщелачивания вскрышных отходов м.Жайрем;

- выявлены оптимальные концентрационные параметры процесса антикоррозионной обработки нейтральных водных сред, а также вод с повышенным содержанием сульфат- и хлорид-ионов разработанным кальций-марганец фосфатным ингибитором;

- практическое применение разработанных новых антикоррозионных материалов на основе отходов добычи и обогащения марганцевых руд м.Жайрем как в процессе фосфатирования, так и в результате обработки воды ингибиторами позволит снизить материальные потери металла из-за коррозии.

- по результатам исследований получены 2 патента на полезную модель РК.

5. Оценка публикации и личного вклада докторанта.

Основные положения выполненных диссертационных исследований отражены в 9 научных публикациях, в том числе 2 статьи в международном журнале, входящем в базу данных Scopus, 1 – в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования, 6 статей опубликованы в материалах международных конференций. По результатам исследований получены 2 патента на полезную модель РК.

Видно, что исследовательская группа имеет потенциал для дальнейшей исследовательской работы в этой интересной междисциплинарной области. Вклад докторанта неоспорим. Следует также отметить компетентную и существенную помощь научного консультанта доцента Капраловой В.И.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Представленная мне диссертация представляет собой комплексное исследование, богатое экспериментальным материалом, тщательное и компетентное интерпретация. За его спиной видно большое трудолюбие точного экспериментатора и очень хорошую фундаментальную подготовку докторанта. Они также предоставили возможность обучения и углубления в сложной области, требующей компетентности в различных научных областях. Для меня она сформировавшийся молодой ученый, который успешно продолжит свою дальнейшую научную деятельность.

Доц. д-р Ангелина Попова, кафедра «Физической химии». Подпись заверена».

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «Коллеги, если нет больше желающих задать вопросы или выступить, тогда переходим к голосованию. Голосуют

только члены кафедры «Химические процессы и промышленная экология». Соискатель не голосует. На заседании присутствуют 21 сотрудника кафедры. Ставлю вопрос на голосование о рекомендации докторской диссертации соискателя Раимбековой Айнура Сагинжанкызы на тему: «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по направлению Химические процессы и производство химических материалов (по образовательным программам «8D07108 – Основные процессы синтеза и производства органических и полимерных материалов» и «8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы») к защите. Кто «за»? Пожалуйста, поднимите руки. Кто «против»? «Воздержавшиеся»?

Результаты голосования: единогласно все 21 членов кафедры проголосовали «за».

Таким образом, диссертационная работа Раимбековой Айнура Сагинжанкызы рекомендована к дальнейшей защите.

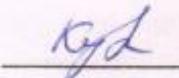
Уважаемый соискатель, заключительное слово предоставляется Вам!».

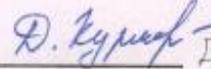
Соискатель Раимбекова А.С.: «Большое спасибо, коллеги, за участие в обсуждении. Спасибо большое за замечания, я учту в дальнейшей работе. Хочу выразить благодарность отечественному руководителю и рецензентам, а также всем сотрудникам кафедры «Химические процессы и промышленная экология!».

Председатель заседания заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», к.т.н., ассоц. профессор Кубекова Ш.Н.: «От себя хочу пожелать Вам, уважаемая Айнура Сагинжанкызы, скорейшей и успешной дальнейшей защиты!».

ПОСТАНОВИЛИ

Рекомендовать к защите диссертационную работу Раимбековой А.С. на тему: «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по направлению Химические процессы и производство химических материалов (по образовательным программам «8D07108 – Основные процессы синтеза и производства органических и полимерных материалов» и «8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы»).

Председатель:  Ш. Кубекова

Секретарь:  Д. Курманалиева

