

## АННОТАЦИЯ

диссертационной Раимбековой Айнур Сагинжанкызы на тему: «Получение и исследование свойств марганецсодержащих антикоррозионных материалов на основе техногенного сырья Казахстана», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07109 – «Инновационные технологии и новые неорганические материалы»

**Актуальность исследуемой темы.** Одной из актуальных мировых проблем современности является проблема утилизации огромной массы промышленных отходов, среди которых центральное место занимают отходы горнодобывающих и обогатительных предприятий в том числе отвалы вскрышных и вмещающих пород, а также хвостов обогащения рудного сырья. Эти отходы лишь в небольшом количестве используются в производстве строительных материалов, а основная масса складывается в хвостохранилищах и не утилизируется. Также актуальной для Казахстана, как и для стран СНГ, является проблема коррозии стальных конструкций и трубопроводов, которые эксплуатируются без специальных мер защиты. Коррозия не только приводит к потерям металла, но и оказывает отрицательное влияние на окружающую среду из-за аварий, вызванных коррозионными поражениями.

**Объекты исследования.** Вскрышные породы марганцевой руды месторождения Жайрем, отвальные хвосты гравитационного обогащения марганцевой руды м.Жайрем.

### **Цель и задачи исследования.**

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

Для достижения цели были поставлены следующие научные задачи:

- физико-химические исследования вещественного и фазового состава вскрышных пород и отвальных хвостов гравитационного обогащения марганцевой руды месторождения Жайрем и выбор возможных путей их использования в процессах получения марганецсодержащих антикоррозионных материалов;
- синтез и исследование состава и антикоррозионных свойств кальций-марганец фосфатного продукта, полученного на основе хвостов обогащения, как ингибитора коррозии низкоуглеродистой стали в нейтральных водных средах;
- исследование процесса фосфорнокислотного выщелачивания вскрышных пород месторождения Жайрем и изучение возможности использования полученного продуктивного раствора в качестве пленкообразователя в процессах фосфатирования низкоуглеродистой стали.

### **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;

- 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, возможно при температуре 200°C и мольным соотношением основных компонентов в пересчете на оксиды  $\text{CaO}:\text{MnO}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1,00:0,11:1,54$ ;

- впервые исследовано коррозионное поведение низкоуглеродистой стали (Ст3) в нейтральной водной среде в присутствии кальций-марганец фосфатного продукта, синтезированного на основе отходов обогащения марганцевой руды месторождения Жайрем при 200°C и показано, что кальций-марганец фосфатный ингибитор  $(\text{Ca},\text{Mn})(\text{PO}_3)_2$  снижает скорость коррозии стали (Ст3) во всем исследованном диапазоне концентраций от 1,0 до 100,0 мг $\text{P}_2\text{O}_5$ /л. При этом степень ингибирующего действия лежит в пределах  $20,2 \div 98,2\%$ . Впервые изучена морфология поверхности защитных пленок, образовавшихся 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, повысит надежность работы металлического оборудования и трубопроводов, будет

способствовать сохранности природных запасов металлов и защите окружающей среды;

- по результатам исследований получены 2 патента на полезную модель РК (Патент на полезную модель № 7655 «Шихта для получения водорастворимого ингибитора коррозии металлов», Бюллетень №2022/0686.2 от 09.12.2022. Патент на полезную модель №7652 «Способ получения марганцевого концентрата фосфатирования», Бюллетень №2022/0735.2 от 09.12.2022).

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

- Кальций-марганец фосфатный ингибитор, синтезированный на основе отвальных хвостов крупнокусковой отсадки марганцевой руды месторождения Жайрем кислотнo-термическим методом при 200°C обладает растворимостью 92,6 отн.% и обеспечивает высокую эффективность ингибирования низкоуглеродистой стали марки Ст3 в водных средах.

- Наибольшая эффективность ингибирования стали (Ст3) 98,2% достигается в нейтральных водных средах при концентрации синтезированного кальций-марганец фосфатного ингибитора 50 мгP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/л, тогда как в водах с повышенным содержанием сульфатов (1000 мг/л) эффективность ингибирования 96,2% достигается при концентрации 100 мгP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/л.

- Раствор фосфатирования, выделенный из вскрышных отходов месторождения Жайрем фосфорнокислотным выщелачиванием при температуре 75°C, соотношении Т:Ж = 1:10, концентрации H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 10%, времени выщелачивания 4 часа, имеет технические характеристики Mn(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> : Fe(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> = 8,1; Mn(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> : Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> = 1: 2,19; Ко/Кс = 6,33 и создает на поверхности стали (Ст3) защитные покрытия с усредненной массой фосфатного слоя 11,2 г/м<sup>2</sup> и защитным действием 240 секунд, определенным по среднему времени капельной пробы.

#### **Связь темы научно-исследовательскими работами и Государственными программами.**

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 гг.) и НИР по НТП № BR21881939 «Разработка ресурсосберегающих, энергогенерирующих технологий для горно-металлургического комплекса и создание инновационного инжинирингового центра» (2023-2025 гг.).

**Степень достоверности и апробация результатов.** Результаты диссертационной работы получены с использованием современных физико-химических методов научных исследований и классического химического анализа, а также применением известных стандартных методов и методик. Степень достоверности подтверждается достаточной степенью совпадения результатов инструментальных и химических методов анализа, лабораторных и укрупненных испытаний.

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, Petroșani, 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).

**Публикации по теме диссертации.** 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.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 122 страницах машинописного текста, содержит 29 таблиц, 47 рисунка. Работа состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка использованных источников из 160 наименований и 2 приложений.