

АННОТАЦИЯ

диссертации **Райымбекова Еркебулана Батырбекулы** на тему «Разработка технологии обогащения некондиционного сырья и отходов фосфорной отрасли Республики Казахстан», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07160 – «Химическая технология неорганических веществ»

Актуальность проблемы. Каратауский фосфоритоносный бассейн является основным источником сырья для производства фосфорных соединений в стране. На мировом уровне он относится к крупному месторождению фосфоритов. Запасы фосфоритных пород Каратауского бассейна по P_2O_5 составляют около 700 млн тонн.

Известно, что существуют подземные и открытые способы добычи фосфоритов. В Республике Казахстан при добыче фосфоритов открытым способом без сортировки вырабатывается большое количество остаточных горных пород в виде фосфатно-кремнистого пласта вокруг месторождений. Они составляют вне балансовый запас фосфоритов Каратау со средним содержанием P_2O_5 14-15%. В настоящее время накоплено 25 млн тонн этих техногенных минеральных образований. В обозримом будущем ожидается накопление еще 18-19 млн т этих остаточных горных пород. Значительная ее часть была подвержена обогащению на месте накопления и использовано в производстве фосфорной продукции. В это время в зависимости от их химического состава образуются новые вторичные отходы обогащения в виде карбонатных и кремниевых соединений. Данные отходы только на территории одной Жанатасской суспензионно-обогажительной фабрики составляют 350 тыс. тонн с содержанием P_2O_5 около 15%. На территории Каратауской флотационной обогажительной фабрики такой объем отходов составляет 13 млн тонн. Среднее содержание P_2O_5 в нем составляет около 14-17%. Проблема обогащения и утилизация вышеуказанных вторичных фосфатных отходов на производствах фосфорной отрасли сегодня не нашли рационального решения. Результаты исследований, проведенных с применением ряда известных сегодня методов кальцинации, флотации и специальных депресантов, поверхностно-активных веществ, ограничиваются только уровнями лабораторных исследований и до сих пор не используются в производственных условиях, поскольку эффективность и рациональность не обоснованы последовательно.

Вместе с тем, одним из наиболее актуальных вопросов для фосфорной отрасли в стране является определение возможности вовлечения в промышленную эксплуатацию бедных запасов фосфатного сырья. Для этого необходимо внедрять технологические решения по их обогащению. Запасы бедных фосфоритов, которые в настоящее время остаются вне эксплуатации, составляют около 20 млн. т. Истощение существующих в настоящее время месторождений фосфоритов, наличие в их составе оксида фосфора (V) на низком уровне приводит к снижению спроса на мировом рынке

отечественного горно-рудного сырья и производимой из них продукции, что требует научных изысканий по обогащению и комплексному использованию, которые соответствуют целевым задачам «Концепции развития геологической отрасли Республики Казахстан до 2030 года», утвержденной Постановлением Правительства Республики Казахстан от 13 августа 2012 года № 1042.

В этой связи поиск новых, технологически оптимальных, экономически эффективных возможностей обогащения низкосортного фосфоритного сырья и отходов и внедрение полученных результатов является актуальным вопросом, отвечающим целевому содержанию стратегии развития «Казахстан-2050».

Связь с планом научно-исследовательских работ. Диссертационная работа выполнена в соответствии с научным направлением кафедры «Химическая технология неорганических веществ» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова в рамках госбюджетной темы Б-16-02-03 «Исследования по созданию альтернативно-инновационных технологий обогащения сырья и получения продуктов синтеза неорганических соединений из природных рудно-минеральных ресурсов и техногенных отходов различных отраслей промышленности» на 2016-2022 гг. и НИР-21-03-02 «Разработка новых перспективных технологий и усовершенствование традиционных технологий получения неорганических продуктов, экологически безопасных удобрений и стимуляторов роста растений на основе минерального сырья и техногенных отходов» на 2021-2025 гг.

Объекты исследований. Фосфатно-кремнистые сланцы месторождения Жанатас, низкосортные фосфориты месторождений Акжар и Чилисай; обогащенные фосфатные концентраты, ацетатный раствор.

Методы исследований. При проведении химического анализа использовались фотометрические, гравиметрические и титриметрические методы исследования. Для определения элементно-весового состава и микроструктуры образцов был применен растровый электронный микроскоп. Определение минералогического состава выполнялось на металлографическом микроскопе, а инфракрасная спектроскопия проводилась на приборе ИК-Фурье. Рентгенодифракционный анализ осуществлялся на дифрактометре Bruker D8 (Германия) на базе АО «Институт металлургии и обогащения», входящего в состав КазННТУ им.К. Сатпаева. Термодинамический анализ процессов обогащения низкосортных фосфоритов уксусной кислотой проведен на современном, многофункциональном программном комплексе HSC 9.3, основанный на принципе максимальной энтропии и минимизации энергии Гиббса. Статистическая и математическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась в приложении Статистика Онлайн.

Цель и задачи исследования. Разработка научно-обоснованной технологии уксуснокислотного обогащения некондиционного фосфатного сырья и отходов фосфорной отрасли по оксиду фосфора (V) на основе изучения их вещественного состава.

Для достижения цели были решены следующие научные задачи:

- анализ методов обогащения некондиционного фосфатного сырья на основе известных научных публикаций и патентных изысканий;
- на основе химического анализа, элементно-весового, ИК-спектроскопического, рентгено-дифракционного и минералогического анализов установить вещественный состав фосфатно-кремнистых сланцев месторождения Жанатас, низкосортных фосфоритов месторождения Акжар и Чилисай;
- изучение химизма и термодинамическое обоснование процессов обогащения некондиционного сырья и отходов фосфорной отрасли с помощью уксусной кислоты;
- определение оптимальных режимных показателей процессов обогащения, изучение кинетики процессов, статистическая и математическая обработка экспериментальных данных;
- разработка принципиальной схемы процесса обогащения, проведение технико-экономического обоснования;
- описание физико-химических свойств обогащенных концентратов и побочных продуктов, оценка их пригодности;
- исследование процесса регенерации ацетатных растворов, образовавшихся в процессе обогащения некондиционного сырья и отходов фосфорной отрасли с помощью серной кислоты, определение оптимальных режимных показателей.

Научная новизна исследования:

- впервые установлены закономерности процесса уксуснокислотного обогащения некондиционного сырья (фосфориты Акжар, Чилисай) и отходов (фосфатно-кремнистые сланцы) по оксиду фосфора (V). В результате экспериментальных исследований установлено, что содержание общего P_2O_5 увеличилось до 20,04% в фосфатно-кремнистых сланцах, до 22,19% в фосфоритах Акжар, до 25,58% фосфоритах Чилисай;
- установлено, что по мере увеличения температуры и времени скорость реакции снижается в 2-3 раза. Это объясняется тем, что ацетатные соли, образующиеся в пульпе в результате взаимодействия карбонатов в составе фосфатного сырья с уксусной кислотой, оказывают существенное диффузионное сопротивление исследуемому процессу. «Кажущаяся» энергия активации процесса уксуснокислого обогащения фосфатного сырья для трех видов сырья равна 24,5 кДж/моль, 19,7 кДж/моль и 23,3 кДж/моль соответственно, а также на основании указанных значений установлено, что исследуемый процесс лимитируется внешней диффузией;
- выявлен и термодинамически обоснован химизм процессов, использованных в основе уксуснокислотного обогащения некондиционного сырья и отходов фосфорной отрасли;

Основные положения, выносимые на защиту:

- вещественный состав фосфатно-кремнистых сланцев месторождения Жанатас, низкосортных фосфоритов Акжар и Чилисай;

- химизм и термодинамика процессов, имеющих место в уксуснокислотном обогащении некондиционного сырья и отходов фосфорной отрасли;

- установленные оптимальные режимные показатели процессов уксуснокислотного обогащения, кинетика процессов, результаты статистической и математической обработки экспериментальных данных;

- разработанная принципиальная схема, технико-экономическое обоснование процесса обогащения;

- изученные физико-химические свойства обогащенных концентратов и побочных продуктов, оценка их пригодности;

- химизм процесса регенерации ацетатных растворов, образовавшихся в процессе уксуснокислотного обогащения, с помощью серной кислоты, определенные оптимальные режимные показатели этого процесса.

Практическая значимость работы:

- разработана экономически эффективная технология уксуснокислотного обогащения фосфатно-кремнистых сланцев месторождения Жанатас, низкосортных фосфоритов месторождений Акжар и Чилисай;

- установлено, что процесс обогащения происходит при низких температурах и в течение короткого периода времени;

- проведена оценка пригодности концентратов, полученных в результате обогащения, для производства фосфора и фосфорсодержащих продуктов;

- впервые изучен процесс регенерации ацетатных растворов с помощью серной кислоты, установлены и термодинамически обоснованы механизмы химических реакций.

- по результатам проведенных исследований получен патент на полезную модель.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением современного лабораторного оборудования, апробированных методов проведения исследований, а также методами статистической обработки экспериментальных данных. Апробация процесса обогащения некондиционного сырья и отходов фосфорной отрасли с помощью уксусной кислоты была проведена в виде опытно-лабораторных испытаний, проведенных в научной лаборатории Жамбылского филиала ТОО «Казфосфат» (НДФЗ).

Публикации по теме работы.

Научные статьи, опубликованные в журналах, входящих в базу данных Web of Science / Scopus:

1. Beneficiation of phosphate-siliceous slates via acetic acid // International Journal of Chemical Reactor Engineering (De Gruyter). – 2021. – Vol. 19, №11. – P. 1187-1195.

2. Review of methods and technologies for the enrichment of low-grade phosphorites // Reviews in Inorganic Chemistry. – 2022.

Научные статьи, опубликованные в изданиях, входящих в перечень Комитета по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан:

1. Қаратау фосфориттерінің жарамдылығы төмен шикізаты мен қалдықтары өндірістік тауарлы шикізат ретінде // Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ Хабаршысы. – 2020. – №1(137). – Б. 664-668.

2. Review of methods for enrichment of phosphate raw materials in the world // Bulletin of the Karaganda University, Chemistry Series. – 2020. – №2(98). – P. 92-96.

3. Recovery of used acetic acid via sulfuric acid // Bulletin of the Karaganda University, Chemistry Series. – 2020. - №4(104). – P. 149-162.

В трудах конференции:

1. Resource Indicators of Phosphate Raw Materials in the World // Proceeding VII International Conference «Industrial Technologies and Engineering» (ICITE – 2021) (Shymkent: M. Auezov South Kazakhstan University, 2021. – 10-11 November 10-11. – Vol. 1. – P. 60-62.

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа состоит из 137 страниц, в том числе из 4 разделов, содержит 61 рисунок и 60 таблиц, 154 источника использованной литературы, 4 приложений.