

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационное исследование Гафорзода Сулаймони Мусулмон на тему: «Технологические основы переработки алюмосиликатных руд Таджикистана кислотными и спекательными методами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.17.00-Химическая технология (05.17.01-Технология неорганических веществ) и 02.00.00-Химия (02.00.01-Неорганическая химия)

### **Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности.**

Диссертационная работа выполнена на пересечении двух научных направлений и носит междисциплинарный характер. В ней сочетаются технологические и химические аспекты переработки минерального сырья, что позволило автору комплексно подойти к поставленной задаче.:

05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ)

02.00.00 – Химия (02.00.01 – Неорганическая химия)

***Соответствие паспорту специальности 05.17.01 – «Технология неорганических веществ»***

Диссертация соответствует следующим положениям формулы специальности:

**Пункт 1.** Производственные процессы получения неорганических продуктов включают широкий спектр технологий, связанных с синтезом и переработкой минерального сырья. К основным видам продукции относятся соли, кислоты, щёлочи, минеральные удобрения, изотопы, высокочистые неорганические вещества, катализаторы, сорбенты и другие соединения, находящие применение в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и науке.

**Пункт 2.** Технологические процессы направлены на изменение состава, состояния, свойств и формы сырья и материалов. В работе проанализированы процессы кислотного и термического воздействия на алюмосиликатное сырьё, включая операции измельчения, спекания и кислотного выщелачивания. Проведённые исследования показали, что данные методы приводят к существенным изменениям фазового и химического состава материала, что открывает возможности для целенаправленного получения ценных продуктов переработки.

**Пункт 3.** Предложена безотходная схема переработки алюмосиликатных руд, предусматривающая повторное использование

побочных продуктов, что обеспечивает рациональное природопользование и снижение экологической нагрузки.

**Пункт 4.** Разработаны технологические схемы кислотного и спекательного разложения алюмосиликатного сырья, проведены технико-экономические расчёты, что подтверждает соответствие работы требованиям по разработке, проектированию и управлению технологическими процессами и качеством продукции в рамках данной специальности.

***Соответствие паспорту специальности 02.00.01 – «Неорганическая химия»***

Область исследования диссертации полностью соответствует положениям паспорта специальности, отражая актуальные направления и требования, предъявляемые к разработке и совершенствованию технологий переработки минерального сырья:

**Пункт 1.** Изучены фундаментальные основы получения объектов исследования и материалов на их основе, обеспечивающие формирование их свойств и состава.

Проведено исследование химического и фазового состава алюмосодержащих руд — нефелин-сиенитов месторождения Трупы, каолинов и зелёных глин месторождения Чашма-Санг, с целью их дальнейшего химико-технологического использования.

**Пункт 4.** Изучена реакционная способность неорганических соединений в различных агрегатных состояниях и при экстремальных условиях, что позволяет прогнозировать поведение веществ в технологических процессах.

Выполнен термодинамический, кинетический и термогравиметрический анализ реакций кислотного и высокотемпературного разложения алюмосиликатного сырья, включая изучение фазовых превращений под воздействием нагрева и кислотных агентов.

**Пункт 5.** Рассмотрена взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений, а также изучены особенности неорганических наноструктурированных материалов.

Установлена зависимость минерального состава алюмосиликатного сырья от эффективности его разложения и обоснованы подходы к получению ценных неорганических продуктов.

**Актуальность темы исследования.** Актуальность диссертационной работы очевидна, поскольку разработка и внедрение технологий переработки минерального сырья имеет важное значение для промышленного развития независимого Таджикистана. Одной из приоритетных задач экономического

сектора Республики является повышение эффективности деятельности ОАО «Таджикская алюминиевая компания» (ОАО «ТАЛКО») — крупнейшего промышленного предприятия страны. Ключевым условием её устойчивого функционирования является обеспечение производства глинозёмом и использованием местных видов сырья.

При этом в Таджикистане отсутствуют значительные запасы высококачественного алюминиевого сырья, необходимого для нужд ОАО «ТАЛКО». Вместе с тем республика располагает крупными месторождениями низкосортных алюмосодержащих руд, комплексная переработка которых требует проведения углублённых научно-практических исследований.

Для эффективного извлечения глинозёма и сопутствующих ценных компонентов из указанных руд необходимы принципиально новые технологические подходы, обеспечивающие высокие показатели разложения и извлечения целевых продуктов. Современные направления в области химической технологии предусматривают использование различных методов переработки высококремнистого алюминиевого сырья — щелочных, кислотных, хлорных, термических и комбинированных.

В представленной диссертации обобщены и систематизированы результаты экспериментальных исследований по переработке местных алюмосодержащих руд Таджикистана с применением кислотных и спекательных методов, что подтверждает научную и практическую значимость проведённой работы.

**Степень научной новизны результатов диссертации и положения, выносимые на защиту.**

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается проведением химических анализов по нескольким параллельностям (не менее трёх) с использованием сертифицированного лабораторного оборудования, что обеспечивает воспроизводимость и точность измерений. Экспериментальные данные и материалы обрабатывались с применением современных компьютерных программ и специализированных приложений для статистической обработки, что позволило повысить объективность интерпретации полученных результатов. Надёжность выводов подтверждается их согласованностью с теоретическими расчётами и сопоставимостью с литературными данными.

Особое значение имеет проведённый диссертантом термодинамический анализ процессов кислотного разложения, который свидетельствует о глубоком знании соискателем основ физической химии. В

работе убедительно показано влияние изменения термодинамических параметров на возможность и направление протекания реакций.

Научная новизна диссертационной работы заключается в систематическом исследовании процессов переработки алюмосиликатных руд с использованием кислотного метода и спекания, а также в изучении механизмов протекания реакций разложения и спекания с реагентами NaOH и  $\text{CaCl}_2$ . Достоверность полученных результатов подтверждается современными и усовершенствованными методами анализа, включая химические исследования, дифференциальный термический анализ (ДТА) и рентгенофазовый анализ (РФА).

Впервые разработаны обобщённые технологические подходы к переработке глинозёмистого сырья как кислотными методами, так и методами спекания, что открывает возможности для комплексного использования алюмосиликатных руд и повышения эффективности извлечения ценных компонентов.

Особое значение в диссертации имеет раздел обсуждение результатов, в котором соискатель Гафорзода Сулаймони Мусулмон продемонстрировал возможности извлечения ценных компонентов из различных типов алюмосиликатных руд. В данном разделе выполнена сравнительная оценка извлечения оксидов алюминия и железа при переработке руд различными минеральными кислотами. На основании анализа экспериментальных данных сделан вывод, что для кислотного разложения аргиллитового сырья месторождения Чашма-Санг наибольшую перспективу представляет азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ ) по сравнению с другими минеральными кислотами.

Обсуждение результатов подчёркивает научную ценность проведённого исследования и свидетельствует о высокой профессиональной подготовке соискателя.

#### **Степень изученности научной темы.**

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме переработки алюмосиликатных руд Таджикистана с использованием кислотных и спекательных методов. В представленном тексте обоснована актуальность исследования, показано, что процессы кислотного разложения каолинов, нефелинов и других алюмосиликатов являются предметом многочисленных исследований, в ходе которых выявлены закономерности растворения оксидов алюминия и кремния в минеральных кислотах. Указано, что спекательные методы, в частности спекание с NaOH и  $\text{CaCl}_2$ , позволяют значительно повысить степень извлечения целевых компонентов.

Представленный диссертационный материал адекватно отражает современное состояние научной базы по исследуемой проблеме,

демонстрирует глубокое знание как отечественных, так и зарубежных источников. При этом автор обоснованно подчёркивает необходимость дальнейших исследований в контексте переработки алюмосиликатного сырья Таджикистана. Корректно отмечено, что существующие научные данные создают основу для разработки эффективных методов переработки алюмосиликатных руд; вместе с тем, для руд Таджикистана данный вопрос изучен лишь фрагментарно, что подчеркивает актуальность и практическую значимость настоящей работы.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация Гафорзода Сулаймони Мусулмон включает введение, обзор литературы, четыре главы, заключение, список использованных источников и приложения. Работа изложена на 152 страницах, содержит 44 рисунка, 24 таблицы, 151 источник литературы и приложения, что свидетельствует о её полноте и завершённости.

Во введении обоснована актуальность темы, определены объект, предмет, цели и задачи исследования, степень изученности проблемы, теоретико-методологическая база, а также научная новизна и практическая значимость работы.

В *первой главе* приведён обзор литературы по переработке низкокачественных алюмосиликатных руд, обозначены основные методы комплексной переработки и получены обоснования для выбора направлений собственных исследований автора.

Во *второй главе* представлены методики физико-химических исследований, данные о составе алюмосиликатных руд, результаты ДТА, термодинамической оценки разложения кислотами и расчёта материального баланса процессов с использованием различных кислот и их смеси ( $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ).

В *третьей главе* исследованы кислотные и спекательные методы разложения алюмосиликатных руд, разработаны технологические схемы переработки и проведена оценка эффективности различных кислот для определения рациональных условий процессов.

В *четвертой главе* приведены выводы работы, оценено значение полученных результатов, проведено их сравнение с данными других исследований, обозначены ограничения и предложены направления для дальнейших исследований.

Работа завершается общими выводами, обобщающими основные результаты исследования, а также списком использованных источников и приложениями.

Структура диссертации логична, содержание соответствует цели и задачам, результаты имеют научную новизну и практическую значимость.

### **Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации.**

Диссертационная работа представляет собой системное исследование процессов разложения алюмосиликатного сырья Таджикистана с применением кислотных и спекательных методов, что делает её результаты научно значимыми. В частности, автором установлены закономерности извлечения оксидов алюминия и сопутствующих элементов, выявлены факторы, влияющие на эффективность переработки, и определены оптимальные условия для различных типов руд. Эти данные расширяют существующие научные представления о химических и технологических аспектах переработки алюмосиликатного сырья и могут служить теоретической основой для дальнейших исследований в области неорганической технологии и цветной металлургии.

Практическая значимость работы состоит в разработке технологических схем переработки алюмосиликатного сырья для получения алюминиевых и железных солей, а также силикатных продуктов, пригодных в качестве коагулянтов, с возможностью их внедрения в промышленное производство.

Результаты работы имеют экономическую значимость, так как позволяют эффективно использовать алюмосиликатное сырьё Таджикистана, снижать энергозатраты и расход химических реагентов, что ведёт к уменьшению себестоимости продукции и повышению её конкурентоспособности.

Социальная и экологическая значимость работы заключается в улучшении качества питьевой воды и снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду, что повышает экологическую безопасность и качество жизни населения.

Результаты работы обладают высокой научной и практической ценностью, экономической значимостью и положительным социально-экологическим эффектом, что подтверждает их актуальность для внедрения в практику.

**Публикации результатов исследования по теме диссертации.** Включают 20 научных работ, отражающих результаты исследований. В их числе: 7 статей, опубликованных в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Таджикистан (ВАК РТ), и 13 тезисов докладов, представленных в материалах международных и республиканских научно-практических конференций, получен 2 Малый патент Республики Таджикистан.

### **Соответствие диссертации требованиям Комиссии.**

Аннотация диссертации соответствует требованиям Порядка присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, №267.

Несмотря на это, в диссертации имеются некоторые недостатки, спорные, положения, статистические ошибки, грамматические орфографические ошибки, среди которых можно выделить следующие:

По работе можно сделать следующие замечания.

1. В литературном обзоре представлен значительный объём данных по методам переработки алюмосиликатного сырья. Вместе с тем, не рассмотрены комбинированные методы переработки, что ограничивает полноту анализа современных подходов.

2. Во второй главе при описании методики химического анализа не указаны погрешности измерений, а также не отмечено, какие новые подходы и усовершенствования были предложены и реализованы соискателем.

3. Необходимо было бы дополнительно обосновать выбор реагентов — соляной и фосфорной кислот ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), а также гидроксида натрия и хлорида кальция ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) — применительно к конкретным процессам переработки алюмосиликатного сырья.

4. В работе приведены ограниченные объяснения значений термодинамических функций; отсутствуют расчёты теплоёмкости минералов, что снижает полноту термодинамического анализа процессов разложения руд.

5. При кислотном разложении одним из ключевых факторов, влияющих на степень извлечения компонентов, является размер фракций сырья. Этот фактор в работе не рассмотрен.

6. Основные публикации автора относятся к изданиям НАН Таджикистана; в дальнейшем целесообразно публиковать результаты диссертации в международных рецензируемых журналах, что повысит видимость и цитируемость работы.

7. В тексте диссертации и автореферате встречаются неудачные языковые обороты, грамматические и стилистические ошибки, требующие редакционной доработки.

Указанные замечания и недостатки в целом не снижают качество и положительную научную оценку данной диссертации и не оказывают отрицательного влияния на ее научный уровень.

В целом, диссертация Гаффорзода Сулаймони Мусулмон на тему «Технологические основы переработки алюмосиликатных руд Таджикистана кислотными и спекательными методами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.17.00-Химическая технология (05.17.01-Технология неорганических веществ) и 02.00.00-Химия (02.00.01-Неорганическая химия), выполнена на высоком научно-методическом уровне, соответствует требованиям п. 31, 33, 34 и 35 Порядка присуждения ученых степеней, утверждённом постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, №267, а ее автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по указанной специальности.

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук,  
профессор кафедры «Химии и биологии»  
Российско – Таджикского (Славянского)  
университета (РТСУ)

А.А. Бердиев

Дата: « 03 » 09 2025 г.

Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. М. Турсун-заде, 30  
Российско-Таджикский (Славянский) университет  
E-mail: [berdiev75@mail.ru](mailto:berdiev75@mail.ru) тел. +992934577282

Подпись д.т.н., профессора Бердиева А.А. подтверждаю:

Начальник управления кадров РТСУ



Х.Х. Нуриддинов

Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. М. Турсун-заде, 30  
Российско-Таджикский (Славянский) университет  
E-mail: [p.rektora@mail.ru](mailto:p.rektora@mail.ru) тел. (+992-37) 221-35-50  
E-mail: [rtsu.slavistica@mail.ru](mailto:rtsu.slavistica@mail.ru)

Дата: « 03 » 09 2025 г.