

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Наимова Носира Абдурахмоновича на тему «Физико-химические и технологические основы комплексной переработки глиноземсодержащих руд Таджикистана способом сульфатизации», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.7 – «Технология неорганических веществ»

**Актуальность темы исследования.** В условиях стремительной индустриализации Таджикистана, определённой стратегическим курсом страны, внедрение научных достижений в промышленность играет ключевую роль в экономическом развитии. Важнейшей задачей является эффективная переработка местных глиноземсодержащих ресурсов, что требует комплексных исследований и внедрения инновационных методов переработки. Это способствует созданию новых производств, увеличению объёмов экспорта и укреплению международных связей.

До недавнего времени производство глинозёма в основном базировалось на высококачественном бокситовом сырье. Однако с увеличением спроса на алюминий и истощением бокситовых месторождений возникла необходимость использования других видов глиноземсодержащего сырья, таких как каолиновые глины, нефелины, алюниты и другие. Эти материалы содержат полезные компоненты, такие как кремний, железо, титан, а также редкие металлы, что делает их переработку не только технически возможной, но и экономически оправданной.

На территории Таджикистана имеются значительные месторождения таких руд, в том числе мусковит-ставролитовые сланцы и каолиновые глины. Ресурсы этих месторождений, например, на «Курговаде», составляют более 7 миллиардов тонн. В условиях потребности в глинозёме для предприятий алюминиевой и химической промышленности разработка технологий переработки низкокачественного сырья становится актуальной.

Переработка высококремнистого сырья с применением кислотных методов, в частности сернокислотного, позволяет максимально извлечь глинозём и другие ценные компоненты при низких затратах. Это важно для обеспечения сырьём отечественных предприятий и уменьшения зависимости от импорта.

Таким образом, исследования, направленные на переработку местных глиноземсодержащих руд для получения сульфата алюминия, криолита и

других продуктов, способствуют развитию химической отрасли и укреплению экономической независимости страны.

**Степень разработанности проблемы.** Вопрос переработки глиноземсодержащих руд, особенно низкокачественных материалов, таких как каолиновые глины, мусковитовые сланцы и нефелины, является актуальной проблемой как для отечественной, так и для мировой алюминиевой промышленности. Наиболее распространёнными методами переработки являются кислотный и щелочной. Однако щелочной метод требует значительных затрат, что делает его нецелесообразным для низкокачественного сырья. В отличие от этого, сернокислотный метод сульфатизации, благодаря низкой стоимости серной кислоты и возможности её массового производства, является более экономически эффективным для переработки высококремнистых руд.

Мировая практика и отечественные исследования подтверждают, что использование серной кислоты для переработки низкосортного сырья позволяет извлекать значительные количества глинозёма и других полезных компонентов. Однако, несмотря на успешные разработки, процесс нуждается в дальнейшей оптимизации для повышения его эффективности.

Тема, предложенная автором, направлена на переработку местных глиноземсодержащих руд Республики Таджикистан, что имеет большое значение для обеспечения сырьём алюминиевой промышленности, снижения зависимости от импорта и укрепления экономической независимости страны. Исследования по данной теме являются своевременными и востребованными, однако требуются дальнейшие научные изыскания для полного раскрытия потенциала переработки таких руд.

**Научная новизна.** Научная новизна работы заключается в разработке новых физико-химических и технологических основ переработки глиноземсодержащих руд Таджикистана методом сульфатизации, а также в решении задач оптимизации технологических процессов для их промышленного масштабирования. В работе представлены результаты анализа химического и минералогического состава сырья, таких как каолиновые глины и мусковит-ставролитовые сланцы, а также продуктов сульфатизации, таких как сульфат алюминия, криолит и др. Определены оптимальные условия термохимической сульфатизации для получения сульфата алюминия и алюмокалиевых квасцов, а также условия обработки сульфатсодержащих растворов для получения алюмината натрия и гидроксида алюминия. Исследованы термодинамические и кинетические

особенности процессов сульфатизации и переработки смесей кислот для получения фтористых солей и алюминиевых соединений. Установлены физико-химические условия для кристаллизации криолита с минимальным содержанием сульфатных примесей, а также разработаны пути внедрения технологий на промышленный уровень. Проведена технико-экономическая оценка технологий для определения их промышленной эффективности и возможности внедрения в производство.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке эффективных технологий комплексной переработки алюминийсодержащих местных минералов с применением сульфатационного метода. Полученные в процессе работы продукты, такие как гидроксид алюминия, глинозём, фторидные соединения, имеют важное значение для производства алюминия. Также предложены технологии синтеза сульфата алюминия и алюмокалиевых квасцов, которые могут быть использованы в качестве коагулянтов для водоочистки, а также технологии переработки смеси КФВК и плавиковой кислот для получения фторида натрия, аморфного кремнезёма и жидкого стекла. В результате проведённых опытно-промышленных работ разработаны схемы переработки каолиновых глин, мусковит-ставролитовых сланцев и флотационных концентратов сульфатационным методом, которые успешно внедрены на предприятиях, включая ОАО «ТАЛКО», ОАО «ТАЛКО Кемикал» и ГУП «Душанбеводоканал». Продукция, полученная в ходе работы, продемонстрировала свою эффективность, что подтверждается актами испытаний и сертификацией продукции на разных стадиях производства, включая коагулянты, криолит, гидроксид алюминия и жидкое стекло.

**Степень обоснованности и достоверности основных результатов.** Диссертация представляет собой основательное научное исследование, в котором автором проделана значительная работа по термодинамическим и кинетическим характеристикам переработки глинозёмсодержащих руд Таджикистана методом сульфатизации. Получены убедительные фактические данные, подтверждающие обоснованность предложенной технологии. Выполнены комплексные физико-химические анализы сырья и продуктов обработки, что подтверждает достоверность представленных результатов.

Работа решает важные научные и практические задачи, включая разработку технологий получения коагулянтов, криолита, гидроксида алюминия, фторида алюминия и других продуктов. Автор использует

современные методы исследования, такие как рентгенофазовый и дифференциально-термический анализ, весовые и титриметрические исследования, что обеспечивает высокую достоверность полученных результатов. На основании этих исследований сформулированы новые теоретические положения, что подтверждает научную новизну работы.

### **Соответствие паспорту научной специальности.**

Тематика и содержание диссертации полностью соответствуют паспорту специальности 2.6.7. – Технология неорганических веществ. Работа охватывает следующие пункты паспорта:

1. *Технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты.* В подглавах 2.2-2.5, 3.2-3.4, 3.6, 3.8, 4.2, 4.4, 4.5, 4.8 подробно рассмотрены технологические процессы получения сульфата алюминия, алюмокалиевых квасцов, криолита, гидроксида алюминия, фторида алюминия, глинозема, фторида натрия, аморфного кремнезёма и жидкого стекла, включая методы их синтеза, очистки и переработки побочных продуктов.

2. *Явления переноса тепла в веществах в связи с химическими превращениями в технологических процессах. Кинетика и термодинамика химических и межфазных превращений.* В подглавах 2.2, 3.5, 4.3 и 4.7 представлены детализированные термодинамические и кинетические расчёты, которые описывают химизм взаимодействия серной кислоты с глиноземсодержащими рудами, а также реакции смеси КФВК и плавиковой кислот с гидроксидом натрия, включая их термодинамическую и кинетическую оценку.

4. *Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты.* В подглавах 2.2-2.5, 3.2-3.4, 3.6, 3.8, 4.2, 4.4, 4.5, 4.8 подробно описаны способы переработки глиноземсодержащих руд с применением сульфатизационного процесса, а также переработки промежуточных продуктов и побочных материалов. Рассматриваются процессы, направленные на превращение отходов, таких как побочный продукт производства плавиковой кислоты, в целевые неорганические продукты. Приведены последовательности операций для эффективной

переработки сырья и вторичных материальных ресурсов с получением высококачественных неорганических веществ.

5. *Экологические проблемы создания неорганических материалов и изделий на их основе. Способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ.* В подглавах 3.6-3.8 и 5.1-5.4 рассматриваются экологические аспекты переработки побочного продукта, образующегося при производстве плавиковой кислоты. Описана технология утилизации этого отхода с получением фторида натрия, который затем используется для производства криолита. В рамках исследования приведены результаты выпуска и испытания коагулянтов, используемых для очистки питьевых и сточных вод, что способствует снижению экологической нагрузки и улучшению качества водных ресурсов.

6. *Свойства сырья и материалов, закономерности технологических процессов для разработки, технологических расчетов, проектирования и управления химико-технологическими процессами и производствами.* В главах 2-5 приведены детализированные исследования свойств сырья, включая глиноземсодержащие руды, их фракционный состав, а также материалы, используемые в процессе сульфатизации и других технологических этапах. Особое внимание уделено физико-химическим характеристикам материалов, что позволяет оптимизировать технологические процессы переработки сырья. Все исследования поддержаны соответствующими расчетами, что способствует более эффективному проектированию процессов и улучшению управления химико-технологическими процессами.

8. *Разработка теоретических основ и установление общих закономерностей проектирования и технологий изготовления неорганических материалов.* В диссертации исследуются теоретические основы технологических процессов переработки глинозёмсодержащих руд с целью получения целевых неорганических продуктов, таких как сульфат алюминия, гидроксид алюминия, криолит и другие. Также рассмотрены методы переработки побочного продукта производства плавиковой кислоты с получением фторида натрия и его дальнейшее использование в производстве криолита. В рамках работы установлены закономерности, которые позволили усовершенствовать существующие технологии и предложить новые подходы для повышения эффективности производства этих материалов.

9. *Разработка оптимальных структур и конструкций, а также инновационных технологий изготовления материалов с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями для обеспечения снижения затрат на организацию их производства и повышение качества продукции.* В главе 5 диссертации приведены результаты опытно-промышленных работ, направленных на получение ценных компонентов, таких как фторид натрия, криолит, алюминиевые соединения и коагулянты. Осуществлены технико-экономические анализы исследуемых технологий, что позволило оценить рентабельность предложенных методов и их влияние на снижение затрат на производство и повышение качества конечной продукции. Разработаны рекомендации по оптимизации процессов, что способствует улучшению технико-экономических показателей производства.

12. *Создание теоретических основ и разработка методов организации производства неорганических материалов. В диссертации разрабатывается теоретические основы для организации производства неорганических материалов, таких как коагулянты, глинозем, криолит, фторид алюминия и другие алюминиевые соединения.* В диссертации разработаны теоретические основы организации производства неорганических материалов, таких как коагулянты, глинозем, криолит, фторид алюминия и другие алюминиевые соединения. Исследованы химические и термодинамические процессы переработки глиноземсодержащих руд, а также предложены методы оптимизации процессов для получения высококачественных продуктов. Рассматриваются организационные аспекты переработки сырья, что способствует созданию эффективных и экономичных методов производства неорганических материалов.

**Полученные диссидентом результаты прошли широкую апробацию на международных и республиканских семинарах, а также научно-практических конференциях, что свидетельствует о высоком уровне научной значимости работы.** По теме диссертации опубликовано 66 статьи, из которых 28 статей опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ и 4 статьи – в изданиях, входящих в РИНЦ. В частности, 3 статьи были опубликованы в базах данных Scopus и Web of Science, 11 – в российских журналах, из них 2 статьи относятся к категории К1, 9 – к категории К2, а 17 – к категории К3. В дополнение к этому, 34 статьи были опубликованы в материалах международных и республиканских научно-практических конференций. Кроме того, диссидентом опубликованы 2 монографии,

получено 4 малых патента Республики Таджикистан и 1 Евразийский патент на изобретение. В рамках проведенных исследований было также зафиксировано 9 актов о испытаниях продуктов и внедрении технологий.

Материал диссертации представлен логично и последовательно, хорошо иллюстрирован, а выводы обоснованы на основе глубоких научных изысканий.

Таким образом, диссертация Наимова Носира Абдурахмоновича является завершённой научно-исследовательской работой, вносящей значительный вклад в развитие химической технологии, водоподготовки и алюминиевой промышленности в целом.

**Общая оценка работы.** Диссертационная работа Наимова Носира Абдурахмоновича является завершённым научно-квалификационным исследованием. В ходе работы определены физико-химические параметры, термодинамика и кинетика процессов переработки высококремнистых глинозёмсодержащих руд Таджикистана методом сульфатизации с целью получения сульфата алюминия, алюмокалиевых квасцов, криолита, гидроксида алюминия, глинозёма, фторида алюминия, фторида натрия, аморфного кремнезёма, жидкого стекла и других продуктов.

С использованием физико-химических методов анализа были выявлены коагулирующие способности продуктов переработки для очистки питьевых и сточных вод. Разработаны принципиальные технологические и аппаратурно-технологические схемы переработки глинозёмсодержащих руд и побочных продуктов. Проведены опытно-промышленные работы по получению опытных партий востребованных продуктов и их испытания, а также выполнены технико-экономические расчёты, направленные на оценку рентабельности предложенных технологий.

**Соответствие автореферата основному содержанию диссертации.** Автореферат диссертационной работы Наимова Носира Абдурахмоновича в полной мере отражает основное содержание диссертации, корректно излагая ключевые моменты, результаты и выводы, представленные в работе. Структура и содержание автореферата соответствуют общепринятым требованиям для такого рода научных публикаций. Оформление списка цитируемой литературы выполнено в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертации и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. М.: Стандартинформ, 2012», что подтверждает правильность и точность ссылок на использованные источники.

**Общие замечания.** При ознакомлении с диссертационной работой Наимова Носира Абдурахмановича были выявлены следующие замечания и вопросы, требующие разъяснения со стороны автора:

1. В разделе, посвящённом переработке сульфатсодержащего раствора, полученного при сульфатизации каолиновых глин месторождения «Зидди», используется известково-щелочная обработка, тогда как для каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» и мусковит-ставролитовых сланцев месторождения «Курговад» применена щелочная обработка. Хотелось бы получить пояснение автора о причинах различий в подходах к переработке данных типов сырья.
2. На странице 9 автореферата указано, что в составе сульфатизированного спека, полученного из обожжённых каолиновых глин, идентифицированы минералы кварц и алуноген. Однако рентгенограмма, подтверждающая данный вывод, в работе не представлена. Представляется целесообразным включить соответствующую рентгенофазовую характеристику.
3. Согласно рисунку 3.5 диссертации, увеличение продолжительности выщелачивания свыше 40 минут при соотношении твёрдого и жидкого более 1:4 приводит к снижению степени извлечения сульфата алюминия. Однако объяснение причин данного явления в тексте отсутствует. Уточнение механизма снижения извлечения представляется важным с научной и практической точек зрения.
4. По данным рентгенофазового анализа, при карбонизации сульфатсодержащего раствора, полученного из каолиновых глин, образуется минерал байерит, в то время как при карбонизации раствора, полученного из мусковит-ставролитовых сланцев, формируется аморфный гидроксид алюминия. Причины различий в фазовом составе продуктов карбонизации не раскрыты и требуют пояснения.
5. Согласно рентгенофазовому анализу, криолит, полученный из мусковит-ставролитовых сланцев, содержит минерал эльпасолит. Однако количественное определение калиевого криолита (калийсодержащего аналога) в работе не проведено. Было бы целесообразно включить такие данные, учитывая их значимость для оценки качества полученного продукта.
6. Автором представлены химические составы продуктов, полученных в ходе лабораторных и опытно-промышленных испытаний. Вместе с тем, анализ фракционного состава данных продуктов в работе отсутствует.

Проведение такого анализа позволило бы более полно охарактеризовать свойства полученных материалов.

7. В разделе 4.6 рассматривается флотационное обогащение мусковит-ставролитовых сланцев, при котором получен концентрат с выходом 55 % и содержанием глинозёма свыше 28 %. Подобные показатели представляются недостаточными для промышленных условий. Хотелось бы услышать мнение автора относительно перспективности предложенной схемы обогащения в условиях реального производства.
8. В диссертации рассмотрены особенности флотационного обогащения мусковит-ставролитовых сланцев, однако в разделе анализа литературных источников не представлена информация о существующих подходах к обогащению глиноземсодержащих руд. Включение подобного анализа позволило бы более полно отразить актуальность и научную обоснованность выбранного направления исследований.
9. В работе не представлено сопоставление результатов, полученных при переработке каолиновых глин и мусковит-ставролитовых сланцев, в контексте энергетических затрат и выхода целевых продуктов, что ограничивает возможность выбора наиболее эффективного сырья.
10. В Республике Таджикистан, наряду с каолиновыми глинами и мусковит-ставролитовыми сланцами, имеются значительные запасы нефелиновых сиенитов месторождения «Турпи», представляющих интерес в качестве глиноземсодержащего сырья. Однако возможность их переработки методом сульфатизации в диссертации не рассмотрена. Хотелось бы узнать мнение автора относительно причин исключения данного сырья из круга исследований.
11. В тексте диссертационной работы встречаются отдельные технические опечатки, допущенные при компьютерном наборе.

Следует отметить, что указанные замечания носят частный характер и не умаляют научной и практической значимости выполненной диссертационной работы. Тема исследования является актуальной и соответствует современным направлениям в области переработки глиноземсодержащего сырья с целью получения алюминиевых и фторидных соединений. Представленные в диссертации результаты являются новыми, обоснованными и имеют высокую прикладную значимость. Основные положения и выводы работы опубликованы в научных изданиях, включая статьи, входящие в перечень ВАК. Автореферат в полной мере отражает содержание, цели и итоги проведённого исследования.

## **Заключение.**

Диссертационная работа Наимова Носира Абдурахмоновича на тему «Физико-химические и технологические основы комплексной переработки глиноземсодержащих руд Таджикистана способом сульфатизации» соответствует пункту 10 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 28.08.2017 г.), предъявляемым к докторским диссертациям.

Работа содержит совокупность новых научных результатов и положений, выносимых автором на публичную защиту, которые в своей совокупности представляют собой крупное научное достижение, имеющее существенное значение для развития химической технологии и переработки минерального сырья.

Автор диссертационной работы Наимов Носир Абдурахмонович заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ.

### **Официальный оппонент:**

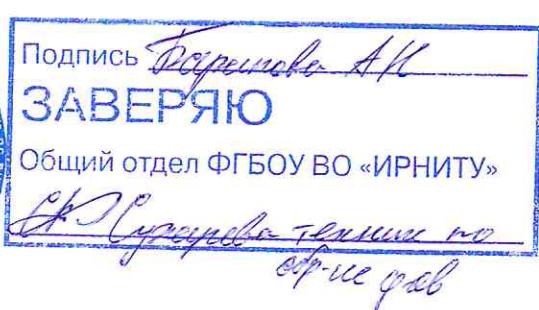
Доктор технических наук, проф.,  
профессор кафедры  
«Металлургия цветных  
металлов» Института высоких  
технологий ФГБОУ ВО  
«Иркутский национальный  
исследовательский технический  
университет



Баранов Анатолий  
Никитич

**Адрес:** 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Российская Федерация;

**Телефон:** +7 3952 405-116;  
**E-mail:** [baranov@istu.edu](mailto:baranov@istu.edu);



« 10 » сентября 2025г.