

## **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 работы.** В современных условиях основным источником получения глинозёма остаются высококачественные бокситы с низким содержанием кремнезёма, однако такие месторождения отсутствуют на территории Таджикистана. Это обуславливает необходимость импорта сырья, что сопряжено со значительными экономическими затратами и приводит к удорожанию конечной продукции. В этой связи особую значимость приобретает исследование и внедрение технологий переработки местных глинозёмсодержащих пород, характеризующихся высоким содержанием кремнезёма, но обладающих большими разведанными запасами и благоприятным географическим расположением.

Применение сернокислотного метода переработки указанных видов сырья представляется перспективным, особенно с учётом наличия в республике действующего предприятия по производству серной кислоты. Возможность селективного отделения кремнезёма, малорастворимого в кислотах, от соединений алюминия уже на первичных стадиях технологического процесса открывает путь к созданию эффективной схемы переработки высококремнистого сырья.

Разработка и научное обоснование процессов сульфатизации, направленных на получение алюминиевых и фторсодержащих соединений, таких как сульфат алюминия, алюмокалиевые квасцы, криолит, гидроксид и оксид алюминия, представляют собой актуальное научно-практическое направление. Реализация таких технологий позволит обеспечить потребности алюминиевой промышленности и предприятий по производству фторидных солей в Таджикистане за счёт собственных ресурсов, что имеет важное экономическое и стратегическое значение.

**Структура, содержание и объём диссертации.** Диссертация Наимова Носира Абдурахмоновича включает введение, пять глав основного содержания, заключение, выводы и список использованных источников, насчитывающий 349 наименований. Общий объём работы составляет 373 страниц машинописного текста. Материал диссертации иллюстрирован 76 рисунками, 72 таблицами и дополнен 15 приложениями.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, чётко сформулированы цель и задачи работы, раскрыты её научная новизна и практическая значимость.

**Первая глава** посвящена аналитическому обзору литературных источников по вопросам переработки высококремнистого глинозёмсодержащего сырья и определению направлений авторских исследований.

**Во второй главе** изложены результаты физико-химического изучения процессов сульфатизации каолиновых глин месторождения «Зидди» с целью комплексного извлечения ценных компонентов.

**В третьей главе** рассмотрены теоретические основы и экспериментальные данные по разработке технологии переработки каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» с использованием серной кислоты.

**Четвёртая глава** содержит результаты исследований по переработке мусковит-ставролитовых сланцев и мусковитового концентрата месторождения «Курговад» методом сульфатизации.

**В пятой главе** представлены данные опытно-промышленных испытаний переработки глинозёмсодержащего сырья Таджикистана с проведением расчётов технико-экономических показателей предложенной технологии.

**В разделе «Выводы»** кратко изложены основные результаты выполненной работы, отражающие достигнутые научные и практические цели исследования.

### **Научная новизна диссертационной работы**

Научная новизна проведённого исследования заключается в разработке физико-химических и технологических основ комплексной переработки глинозёмсодержащего сырья Таджикистана методом сульфатизации с получением ряда ценных продуктов, а также в решении задач, связанных с оптимизацией параметров технологических процессов и их возможным масштабированием в промышленных условиях. К числу основных научных результатов, обладающих новизной, относятся:

1. Установлен химический и минералогический состав каолиновых глин месторождений «Зидди» и «Чашма-Санг», а также мусковит-ставролитовых сланцев Курговадского месторождения и их флотационных концентратов. Проанализирован состав продуктов сульфатизации, включая сульфат алюминия, алюмокалиевые квасцы, криолит, фторид натрия и другие соединения.
2. Выявлены ключевые физико-химические параметры, определяющие особенности поведения исследуемого сырья при термохимической сульфатизации. Обоснованы оптимальные режимы водной обработки

спеков, обеспечивающие высокий выход целевых продуктов – в первую очередь сульфата алюминия и алюмокалиевых квасцов.

3. Определены технологически целесообразные параметры последующей обработки сульфатсодержащих растворов в условиях известково-щелочной и щелочной нейтрализации, что позволило получить гидроксид алюминия, гидроксид железа, алюминат натрия и другие ценные продукты.
4. Исследованы термодинамические и кинетические особенности процессов сульфатизации глинозёмсодержащего сырья, а также реакций переработки смеси плавиковой и кремнефтористоводородной кислот с гидроксидом натрия с целью получения фторидных и алюминиевых соединений.
5. Установлены рациональные условия кристаллизации десульфатированного криолита с минимальным содержанием примесей. Показана возможность его синтеза путём взаимодействия фторида натрия с водными растворами сульфата алюминия и алюмокалиевых квасцов.
6. Разработаны практические рекомендации по внедрению технологий переработки глинозёмсодержащего сырья Таджикистана, подтверждённые результатами опытно-промышленных испытаний.
7. Проведена технико-экономическая оценка предложенных технологических решений с разработкой принципиальных и аппаратурно-технологических схем, что позволяет обосновать их производственную реализуемость и экономическую эффективность.

**Теоретическая и практическая значимость исследования** заключается в разработке эффективных технологий комплексной переработки местных алюминиевых минеральных ресурсов с применением метода сульфатизации, что позволяет получать целый ряд ценных продуктов, таких как гидроксид алюминия, глинозём, фторидные соединения, а также синтезировать сульфат алюминия и алюмокалиевые квасцы, которые могут быть использованы в качестве коагулянтов для очистки воды. В дополнение, исследована и предложена технология переработки смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот с участием гидроксида натрия для получения фторида натрия, который является ключевым реагентом в процессе производства криолита на основе сульфата алюминия и алюмокалиевых квасцов. Разработаны принципиальные и аппаратурно-технологические схемы комплексной переработки каолиновых глин, мусковит-ставролитовых сланцев и флотационных концентратов мусковита способом сульфатизации, а на основе этих схем были проведены опытно-промышленные работы. Результаты этих исследований успешно внедрены на ряде предприятий, включая ОАО «ТАЛКО», ООО «ТАЛКО Кемикал» и ГУП «Душанбеводоканал». Полученные продукты прошли испытания, которые подтвердили их эффективность, что было зафиксировано в актах о проведении лабораторных испытаний и выпуске опытно-промышленных

партий различных продуктов, таких как коагулянты, криолит, гидроксид алюминия и жидкое стекло.

**Степень обоснованности и достоверности основных результатов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,** высока, так как автором были тщательно исследованы кинетические особенности процессов сульфатизации каолиновых глин Зиддинского месторождения и ставролит-мусковитовых сланцев Курговадского месторождения, а также проведён анализ термодинамических расчётов, отражающих протекающие при этом процессы. В ходе исследования были определены состав и физико-химические свойства исходных материалов, а также получены конечные продукты, что подтверждается результатами применения различных методов физико-химического анализа. Эти исследования позволяют утверждать, что полученные результаты и рекомендации имеют высокую степень достоверности и обоснованности.

**Реализация результатов исследований,** представленных в диссертационной работе, позволит значительно расширить сырьевую базу Республики Таджикистан за счёт эффективного использования местных алюминийсодержащих минеральных ресурсов, что приведёт к снижению зависимости от импортного сырья и обеспечит устойчивое развитие алюминиевой и химической промышленности. Разработанные технологии переработки каолиновых глин и мусковит-ставролитовых сланцев с использованием сульфатизации, а также побочного продукта производства плавиковой кислоты откроют новые возможности для производства таких ценных продуктов, как сульфат алюминия, криолит, гидроксид алюминия, глинозём, фториды алюминия и натрия, кремнегель и жидкое стекло. Эти продукты являются ключевыми для развития электрохимической и химической отраслей, включая производство алюминия и фтористых солей, что способствует экономическому росту и улучшению экологической ситуации в республике. Внедрение технологий, основанных на результатах исследований, также создаст новые рабочие места и обеспечит дополнительные возможности для роста трудовой занятости, что окажет позитивное влияние на социально-экономическое развитие региона.

**Апробация работы.** Основные результаты, полученные диссидентом, были успешно апробированы на международных и республиканских семинарах и научно-практических конференциях. По теме диссертации опубликовано 66 статьи, из которых 28 статей размещены в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 4 статьи – в изданиях, входящих в РИНЦ, и 34 статьи в материалах международных и республиканских научно-практических конференций. Также изданы 2 монографии, получены 4 малых патента Республики Таджикистан и 1 Евразийский патент на изобретение, а также оформлено 9 актов о проведённых испытаниях продуктов и внедрении

технологий. Эти данные подтверждают высокий уровень аprobации диссертационной работы.

Таким образом, представленная диссертационная работа Наимова Носира Абдурахмоновича является завершённым научным исследованием, которое вносит значительный вклад в развитие производства неочищенных и очищенных коагулянтов, криолита, гидроксида алюминия, фторида алюминия, глинозёма, фторида натрия и других ценных химических соединений, а также в улучшение процессов переработки алюминийсодержащих руд и материалов на основе сульфатизации.

**Общая оценка работы.** Диссертационная работа Наимова Носира Абдурахмоновича представляет собой завершённое научно-исследовательское исследование, выполненное на высоком экспериментальном и опытно-промышленном уровне. В ходе работы были установлены основные факторы, влияющие на выход ключевых компонентов из состава каолиновых глин и ставролит-мусковитовых сланцев. Также проведено детальное изучение физико-химических свойств исходного сырья и продуктов, полученных в процессе сульфатизации. Разработаны принципиальные технологические и аппаратурно-технологические схемы для получения алюминиевых и фторидных соединений из глинозёмсодержащих руд Таджикистана, а также побочного продукта производства плавиковой кислоты.

**Соответствие автореферата основному содержанию диссертации, соответствие диссертации заявленной специальности и отрасли науки**

Автореферат Наимова Носира Абдурахмановича подготовлен в соответствии с требованиями ВАК и адекватно отражает структуру, содержание, цели, задачи и основные результаты диссертационного исследования. В нём последовательно изложены обоснование актуальности, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту. Оформление автореферата соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Диссертационная работа Наимова Н.А. по теме «Физико-химические и технологические основы комплексной переработки глиноземсодержащих руд Таджикистана способом сульфатизации» соответствует требованиям, предъявляемым к научным квалификационным работам по специальности 2.6.7 – «Технология неорганических веществ» (технические науки), и соответствует области технических наук.

Представленные в диссертации научные положения и результаты полностью укладываются в рамки паспорта указанной специальности, охватывая, в частности, пункты 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 и 12, что подтверждает правильность выбора научного направления и актуальность выполненного исследования.

## **Замечания и пожелания по диссертационной работе**

Следует отметить, что несмотря на значительный объём выполненных исследований и высокую научную ценность представленной работы, в процессе ознакомления с текстом диссертации и автореферата были выявлены отдельные замечания и недостатки, не снижающие в целом научной и практической значимости результатов, но заслуживающие внимания автора. К числу этих недостатков относятся:

1. В составе исследуемого минерального сырья – каолиновых глин и мусковит-ставролитовых сланцев – присутствует оксид железа, что подтверждено результатами химического и фазового анализа. Однако в диссертационной работе не представлена информация о степени извлечения железа в виде сульфата в процессе сульфатизации, что затрудняет комплексную оценку полноты протекания реакции и эффективности использования исходного сырья.
2. В работе указано, что в результате щелочной обработки сульфатсодержащих растворов образуется осадок гидроксида железа, однако его химический и фазовый состав автором не изучен. Это затрудняет оценку свойств побочного продукта и его возможного практического применения.
3. На страницах 108, 129, 172, 212 и 224 представлены результаты рентгенофазового анализа твёрдого остатка после водной обработки сульфатизированных спеков, согласно которым основной фазой является кварц. Однако степень чистоты полученного кварца автором не определена, что затрудняет оценку его возможной промышленной ценности.
4. На стр. 101 диссертации зафиксировано снижение степени извлечения глинозёма при увеличении продолжительности водной обработки спека из обожжённых каолиновых глин. Однако причины данного явления в работе не раскрыты, что затрудняет интерпретацию полученных результатов и оптимизацию режима процесса.
5. В пятой главе представлено технико-экономическое обоснование получения смеси гидроксидов алюминия и железа аммиачной технологией из сульфатов соответствующих металлов. Однако сама технология описана недостаточно подробно, что не позволяет в полной мере оценить её практическую реализуемость. Представляется целесообразным более подробно рассмотреть данный подход и привести мнение автора по его перспективности.
6. На стр. 84 и 122 приведены данные о химическом составе каолиновых глин месторождений «Зидди» и «Чашма-Санг», в том числе высокая потеря массы при прокаливании (около 6%). Однако причина столь значительной потери массы автором не раскрыта, что требует пояснения

для более полного понимания состава и поведения сырья при термической обработке.

7. На основе результатов рентгенофазового анализа сульфатизированного спека, полученного из каолиновых глин различных месторождений, выявлены линии минералов алуногена и миллозевичита. Однако в работе не рассмотрены причины образования как кристаллогидрата, так и безводного сульфата алюминия, что требует дальнейшего объяснения.
8. В подглавах 3.4 и 4.4 рассматриваются технологии щелочной обработки сульфатсодержащих растворов и карбонизации алюминатов натрия с последующим получением гидроксидов алюминия и глинозёма, соответствующих требованиям стандарта. Однако важным параметром алюминийсодержащих продуктов является их размер частиц, который в работе не изучен.
9. При щелочной обработке сульфата алюминия, полученного из каолиновых глин, и карбонизации алюмината натрия образуются сульфаты и карбонаты натрия в виде раствора, которые исследованы с помощью рентгенофазового анализа. Однако было бы целесообразно изучить химический состав этих продуктов, а также разработать методы их разделения.
10. В разделе 3.6 рассматривается технология утилизации побочного продукта плавиковой кислоты для получения фторида натрия, кремнегеля и жидкого стекла. Однако диссертация ориентирована на решение проблем обеспечения алюминиевой промышленности Таджикистана продукцией из местного минерального сырья. В связи с этим, было бы более целесообразно и логично на основе побочного продукта получить фторид алюминия, который является важным компонентом в производстве алюминия.
11. На странице 189 диссертации представлен химический анализ криолита, полученного из сульфата алюминия и алюмокалиевых квасцов. Однако не учтена доля калия в составе полученного продукта, что важно для полноценной оценки его состава и свойств.

Отмеченные недостатки не умаляют научной и практической ценности диссертационной работы и не снижают её актуальности. Несмотря на отдельные замечания, результаты проведённых исследований обладают высокой научной значимостью и могут быть использованы в дальнейших научных разработках. Все полученные данные нашли отражение в авторских научных публикациях, что подтверждает их важность и вклад в развитие соответствующей области науки. Автореферат адекватно передаёт основные идеи и выводы, изложенные в полной версии диссертации, обеспечивая их точное и полное представление.

## Заключение

Диссертационную работу Наимова Н.А. можно считать завершённой и полноценной научно-исследовательской работой, которая вносит значительный вклад в развитие технологии неорганических веществ. Приведённый в работе обширный экспериментальный материал, теоретические выводы и результаты опытно-промышленных исследований позволяют с уверенностью утверждать, что работа представляет собой важное достижение в своей области.

На основании представленных данных можно заключить, что диссертация Наимова Носира Абдурахмоновича на тему «Физико-химические и технологические основы комплексной переработки глинозёмсодержащих руд Таджикистана способом сульфатизации» полностью соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. С учётом научной значимости работы, а также её практического потенциала, считаю, что автор диссертации, Наимов Носир Абдурахмонович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ.

### Официальный оппонент:

Доктор технических наук,  
доцент, заведующая кафедрой  
«Технология производственных  
процессов»  
таджикский технический университет им. М.С. Осими  
академика М.С. Осими



Гайбуллаева Зумрат  
Хабибовна

Адрес: 734042, г. Душанбе проспект академиков Раджабовых 10, Республика Таджикистан;  
Телефон: (+992) 918-67-29-45;  
E-mail: [zumratihabib@rambler.ru](mailto:zumratihabib@rambler.ru);

Подпись официального оппонента,  
д.т.н., доцента Гайбуллаевой З.Х.

удостоверяю:

Начальник ОК и СУ ГТУ  
им. акад. М.С. Осими



Кодирзода Н.Х.

«10» сентября 2025г.