

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента**  
**на диссертационную работу Маматова Эргаша Джумаевича на**  
**тему: «Физико-химические основы комплексной переработки боро- и**  
**алюмосиликатного минерального сырья Таджикистана»,**  
**представленную на соискание ученой степени доктора химических наук**  
**по специальности 1.4.4 - Физическая химия (химические науки)**

В мире известны единичные работы по созданию комплексной и безотходной технологии переработки минерального сырья. Учитывая, что боро- и алюмосиликаты – это низкокачественное сырьё переменного состава, их целенаправленное применение для получения глинозёма, солей алюминия, борной кислоты и буры сдерживается отсутствием единого методологического подхода к выбору и получению конечных продуктов, применяемых в промышленности и других отраслях народного хозяйства.

Как известно, бораты или борные соединения широко и разнообразно применяются во многих сферах промышленности и сельскохозяйственном секторе производства. Среди разнообразия применения боратов важнейшими являются следующие: производство различных стекловидных материалов (эмали, глазури и др.), стёкол и стекловолокон, отбеливающие и моющие средства, кроме того, бораты нашли широкое применение в придании огнестойких свойств строительным материалам, различным тканям, бумаге, в целом любым материалам на целлюлозной основе. Бура (тетраборат натрия) и борат аммония являются составными частями различных огнезащитных составов, используемых при производствах изделий из древесины, древесностружечных плит, пенопласта, для пропитки текстиля и дерева, и других горючих материалов. Применение буры в огнетушащих материалах при тушении пожаров и как флюс высокотемпературной пайки драгоценных и цветных металлов также широко используется в различных производствах.

Развития народного хозяйства Таджикистана неразрывно связаны с ростом потребности в материальных ресурсах, в том числе и глинозёмсодержащего сырья, для производства алюминия. Последний широко применяется в авиационной, космической, машиностроительной и других отраслях промышленности. Основным сырьём, на котором базируется мировая алюминиевая промышленность, являются высококачественные бокситы, из них глинозём получают наиболее экономичным и простым способом Байера. Промышленные запасы качественных бокситов ограничены, поэтому дальнейший рост алюминиевой промышленности следует ориентировать на широкое привлечение в сферу алюминиевого производства наиболее распространённого в природе алюминиевого сырья – низкокачественных бокситов, нефелинов, алунитов, каолинов, зол и др., запасы которых огромны.

В связи с этим, диссертация Маматова Э.Д., посвященная комплексному использованию, разработки и применению

высокоэффективных методов переработки (хлорные, щелочные, кислотные методы) боро- и алюмосиликатных руд Таджикистана, которые позволяют значительно расширить сырьевую базу, устранить существующий дефицит на востребованных в Таджикистане ценных продуктов, таких как - глинозём, бура, борная кислота, удобрений на основе бора, коагулянтов для очистки различных типов вод, **является, без сомнения, актуальной.**

Диссертация Маматова Э.Д. состоит из введения, 5 глав, посвященных обзору литературы, экспериментальной части, результатам исследований и их обсуждению, выводов и приложения, включающего патенты, акты внедрения диссертационной работы в производство и в учебный процесс и акты лабораторных испытаний полученных продуктов из боро- и алюмосиликатной руды. Содержание диссертации изложено на 422 страницах (404 стр. без приложения), включает 125 рисунков, 106 таблиц и список использованных литературных источников из 526 наименований.

Во введении обосновывается актуальность темы, изложены цель и научная новизна диссертации, практическая ценность и ее структура, апробация полученных результатов.

Первая глава включает обзор литературы (стр. 20-95, не более четверти всей работы). Смысловой акцент в обзоре сделан на обобщении основных подходов к получению соединений бора и алюминия, где изложены сведения, содержащиеся в первоисточниках, о структуре, свойствах, номенклатуре и областях применения борных соединений, глинозёма и сульфата алюминия. Подробно рассмотрены стадии промышленного получения борной кислоты, буры, глинозёма и сульфата алюминия, начиная с подготовки сырья и заканчивая целевыми продуктами. Дан детальный анализ существующих методов получения глинозёма, борной кислоты и сульфата алюминия, таких как термический, кислотный, хлорный, щелочной и хлоридовозгонный и т.д. Рассмотрены отдельно сведения о боро- и алюмосиликатных рудах, как перспективного и специфичного вида сырья. Обоснован выбор хлорирующего агента и кислот для проведения исследования боро- и алюмосиликатных руд Таджикистана. Также обоснована актуальность настоящего исследования, посвященного разработке методов получения глинозёма, сульфата алюминия, борной кислоты и буры, базирующихся на пониженных температурах и времени контакта реагирующих веществ с хлорирующим и выщелачивающим агентами.

Текст логически структурирован, изложен грамотно и охватывает необходимую информацию по заявленной теме, которая полностью раскрыта, что позволяет оценить значимость собственных результатов, полученных автором, на фоне известных данных.

Во второй главе приведена характеристика исходного боро- и алюмосиликатного материала, отбор проб и подготовка исходного сырья, предварительный обжиг сырья, методики определения химического и элементного состава боро- и алюмосиликатных руд, методики проведения низкотемпературного и высокотемпературного хлорирования в

динамическом режиме, методики определения содержания бора и алюминия в боро- и алюмосиликатных рудах, методики проведения физико-химических исследований, математической обработки результатов и методика расчёта термодинамических функций реакций кислотного, хлорного и щелочного разложения боро- и алюмосиликатных руд. Детальное ознакомление с материалами, приведенными в главах с выводами результатов, с текстом автореферата, а также с публикациями соискателя позволяет сделать вывод, что сформулированная **цель работы успешно достигнута. Задачи, поставленные в рамках диссертации, успешно завершены.** При этом получены **новые интересные результаты,** представляющие **фундаментальную значимость** и имеющие перспективы **практического использования.**

Так, при выполнении работы рентгенофазовым, дифференциально-термическим, ИК-спектроскопическим, химическим методами анализа определены минералогический, химический и элементный составы боро- и алюмосиликатных руд каолиновых глин, сиаллитов, аргиллитов Зидды и Чашма-Санг и боросиликатной руды месторождения Ак-Архар и её концентрата. Исследованы физико-химические свойства исходного и предварительно термически обработанного боро- и алюмосиликатного сырья, а также продуктов их переработки после щелочного, кислотного и хлорного разложения.

Важно, что выявлена и обсуждена взаимосвязь между структурой, составом и активацией боро- и алюмосиликатного минерального сырья.

Принципиально важно, что установлены основные закономерности процессов: а) кислотного разложения; б) хлорирования; в) щелочной обработки боро- и алюмосиликатного сырья Таджикистана. Определено влияние макро- и микрокомпонентов на реакционные способности боро- и алюмосиликатных руд при обработке растворами с разными рН кислот, щёлочи и газообразного хлора. Выявлены оптимальные условия процессов переработки исходного и предварительно термообработанного боро- и алюмосиликатного сырья кислотными, хлорными и щелочными способами.

Доказано, что важную роль для активации структуры и состава, боро- и алюмосиликатных руд играет процесс термической обработки. Установлен факт значительного ускорения процесса разложения боро- и алюмосиликатных руд под воздействием высокой температуры по сравнению с традиционными методами, на основе которого проведена оптимизация процесса в сторону улучшения качества и увеличения выхода целевых продуктов для выбранного вида минерального сырья.

Определены составы боро- и алюмосиликатных руд, и продуктов реакций кислотного, щелочного, хлорного разложения и доказана их структура методами рентгенофазового, дифференциально-термического, ИК-спектроскопического и другими методами анализов.

Определены термодинамические функции реакций разложения основных минералообразующих элементов и микрокомпонентов, боро- и алюмосиликатного сырья растворами серной, соляной, азотной кислот,

газообразным хлором и едким натрием. Исследована кинетика, рассчитаны соответствующие величины кажущейся энергии активации и константы скоростей реакций, раскрыты механизмы процессов и определены области течения реакций кислотного, хлорного и щелочного разложения боро- и алюмосиликатного сырья.

Разработана полнофакторная математическая модель и на её основе создан пакет программного обеспечения, связывающего вид и выход целевых продуктов из боросиликатного минерального сырья, а также технологических параметров, которая может быть использована для налаживания промышленного производства борной кислоты и её соединений при различных условиях и режимах.

На основе проведенных исследований и выявленных оптимальных параметров процессов разложения боро- и алюмосиликатной руды разработаны технологии получения борной кислоты, бората натрия, хлоридов алюминия и железа, сульфата алюминия, глинозёма, оксида кремния и керамических материалов: а) в динамическом режиме; б) под воздействием высокой температуры; в) обработки обожжённого материала; г) переработки соответствующим реагентом; д) непрерывного выделения продуктов реакций; е) предварительной обработки исходного сырья и полученного целевого продукта. Разработанные комплексные способы переработки боро- и алюмосиликатного сырья приводят к сокращению продолжительности процесса, исключают необходимость использования концентрированных растворов кислот и щёлочи, улучшают качество целевых продуктов и снижают их себестоимость.

Результаты исследований структуры, состава, активации и результаты исследований полученных продуктов обобщены в виде приложения (стр. 405-422).

Таким образом, результаты диссертации имеют высокую фундаментальную значимость и перспективы практического применения.

Следует отметить, что проведенные исследования выполнены на высоком научном уровне. Автор использован обширный набор современных физико-химических методов исследования (элементного, силикатного, рентгенофазового, дифференциально-термического (термоскан), комплексонометрического анализа и др. методы системного, корреляционного и методы математического моделирования), которые применяются профессионально и обоснованно. Новые соединения, полученные автором детально описаны. Таким образом, достоверность полученных экспериментальных данных не вызывает сомнений.

Результаты получены лично автором или при его основополагающем соавторстве. Автор принимал непосредственное участие в постановке цели и задач исследования, интерпретации и обобщении полученных результатов. Эксперименты опытов выполнены либо непосредственно автором, либо под его руководством.

Все формальные требования по фактическому наполнению как обсуждения результатов, так и экспериментальная части соблюдены.

Диссертация в целом отвечает критериям научного единства. Результаты работы отражены в виде 40 публикаций, рекомендованных ВАК РФ, что соответствует формальным требованиям к докторским диссертациям. Кроме того, имеются 8 статьи в республиканских и международных журналах, 3 монографии и 120 публикаций на материалах республиканских и международных конференций. Автором получено 3 малых патента Республики Таджикистан.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. Выводы достаточно четко сформулированы и полностью отражают полученные результаты, которые в полной мере были донесены до научной общественности.

Принципиальных недостатков, препятствующих защите, рецензируемая диссертация не имеет. Имеются лишь следующие замечания:

1. В работе отсутствуют погрешности измерений определяемых величин (констант скоростей, термодинамических характеристик и т.д.).
2. Вызывает сомнения корректность данных приведенных в таблице 3.10 по термодинамическим функциям для разложения оксида бора из боросиликатной руды соляной кислотой (образование борной кислоты). Во-первых, немонотонно изменяется энтропия реакции (см. значение при 318K); во-вторых, необходимо обосновать независимость энтальпии реакции от температуры; в-третьих, следует писать  $\Delta_r G$ , а не  $\Delta G$  и т.п.
3. Автор проводил рентгенофазовый анализ боросиликатной руды Ак-Архар (рисунок 3.1) и концентрата боросиликатной руды (рисунок 3.2). К сожалению, метод использовался только для качественного анализа и в работе отсутствуют количественные характеристики составов минеральных смесей.
4. К сожалению, в тексте не удалось избежать некоторых грамматических и стилистических ошибок.

Необходимо отметить, что представленные замечания не снижают ценности полученных результатов, во многом носят дискуссионный характер и лишь подтверждают неподдельный интерес к результатам работы.

В целом, **диссертационная работа** Маматова Э.Д. «Физико-химические основы комплексной переработки боро- и алюмосиликатного минерального сырья Таджикистана» **представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой решена важная научная проблема, имеющая перспективы практического применения** подтверждающиеся достаточной воспроизводимостью и повторяемостью экспериментальных результатов, которые были получены на сертифицированном оборудовании с привлечением широко апробированных современных физико-химических исследовательских методов, методов математического моделирования и системного анализа и заключается в следующем:

–разработан новый метод извлечения солей алюминия и железа из высокожелезистых силлимитов путём хлорирования, где оксиды железа и алюминия разлагаются избирательно;

–разработан новый метод получения борной кислоты, стадиями которого являются сульфатизация боросиликатных руд Ак-Архара, измельчение спёка, последующее выщелачивание спёка сульфатированной боросиликатной руды, исключаяющее процесс обжига при высоких температурах, длительную обработку, которая принципиально увеличивает выход борной кислоты и существенно улучшает её качественные характеристики.

Разработанные технологии по получению кварца и обезжелезнённого каолина из боро– и алюмосиликатного сырья апробированы на предприятии ЗАО «Лазурит» г. Турсунзаде и рекомендованы к внедрению.

Разработаны и испытаны в лабораторных условиях несколько способов получения коагулянта из алюмосиликатных руд и борной кислоты, буры из боросиликатной руды месторождения Ак-Архар и ее концентрата.

В целом, по актуальности, новизне и научной значимости полученных результатов, по перспективам и практического применения и по формальным критериям диссертация **отвечает требованиям ВАК РФ**, предъявляемым к докторским диссертациям (в том числе пунктам 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013г.), а ее автор, **Маматов Эргаш Джумаевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук** по специальности 1.4.4- Физическая химия (химические науки).

31 июля 2024г

Официальный оппонент:

**Князев Александр Владимирович,**

доктор химических наук, профессор,

заведующий кафедрой аналитической и медицинской химии химического факультета ФГБАУ ВО Национальный исследовательский Нижегородский университет имени Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород.

E-mail: knyazevav@gmail.com

рабочий телефон: +7-920-07-77-288

почтовый адрес: 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23,

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»



Л.Ю. Черноморская  
Ученый секретарь ННГУ  
Тел. 462-30-21