

ОТЗЫВ

официального оппонента - доктора технических наук, профессора Разыкова Зафара Абдукахоровича на диссертационную работу Курбонова Амиршо Сохибназаровича на тему: «Технологические основы переработки боросиликатных руд кислотными и спекательными методами», представленную на соискание учёной степени доктора химических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ.

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнения, так как разработка и освоение технологии переработки минерального сырья имеет важное значение для промышленности независимого Таджикистана.

В настоящее время все борсодержащие продукты в республику завозятся из других стран. Хотя по запасам борного сырья Таджикистан занимает одно из ведущих мест в мире. Борные соединения широко используются в промышленности, сельском хозяйстве и медицине. Месторождение Ак-Архар на Памире предложено к промышленному освоению, поэтому целесообразны различные подходы к переработке борного сырья. Автором диссертации подробно изучены кислотные и спекательные методы, которые являются наиболее оптимальными при решении данной задачи.

Основное содержание работы изложено в четырёх главах.

Во *введении* отражена актуальность проблемы отрасли и практическая значимость выбранной темы исследования.

В *первой главе* диссертации приводится краткий обзор по переработке боросиликатных руд. Освещены вопросы хлорной переработки борного сырья, низко- и высокотемпературные методы хлорирования боросиликатных руд. Соляно- и сернокислотное разложение борного сырья, кинетика кислотного разложения исходного боросиликатного сырья и его концентрата, технологические основы переработки руды минеральными кислотами.

В литературном обзоре также обобщены некоторые спекательные способы переработки борного сырья, обсуждено применение борных соединений в отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Во *второй главе* приведены методики проведения химических и физико-химических анализов, геологические характеристики и химико-минералогические составы борсодержащих руд, приведены результаты термодинамических оценок разложения боросиликатных руд азотной и уксусной кислотами, NaOH. Спеканием боросиликатных руд с NaOH и хлоридом кальция, выполнены стехиометрические расчёты указанных кислот и реагентов при разложении исходного сырья и его концентрата.

В *третьей главе* обобщены результаты исследования по азотнокислотному разложению исходных и обожжённых боросиликатных руд, приведена кинетика азотнокислотного разложения обожжённого боросиликатного сырья месторождения Ак-Архар, разработана принципиальная технологическая схема переработки борного сырья азотнокислотным методом. Также приводятся результаты разложения боросиликатных руд и их концентратов, предварительно обожжённых концентратов уксусной кислотой. Изучена кинетика уксуснокислотного разложения обожжённой исходной борсодержащей руды и кинетика уксуснокислотного разложения обожжённого борсодержащего концентрата. Разработана принципиальная технологическая схема переработки борсодержащих руд уксусной кислотой.

В *четвёртой главе* приведены спекательные способы переработки боросиликатных руд. Рассмотрено спекание исходных и обожжённых боросиликатных руд с NaOH. Также спекательный способ переработки концентрата и обожжённого концентрата борсодержащей руды в присутствии гидроксида натрия. Изучена кинетика процесса спекания обожжённой исходной боросиликатной руды в присутствии NaOH, а также кинетика спекания обожжённого боросиликатного концентрата с NaOH.

Разработана принципиальная технологическая схема переработки борного сырья спекательным способом с NaOH.

Изучен спекательный способ переработки боросиликатных руд Таджикистана хлорсодержащими реагентами, в частности, переработка исходной боросиликатной руды и её концентрата методом спекания с CaCl_2 , переработка исходной боросиликатной руды и её концентрата методом спекания с NaCl. Изучена кинетика процесса солянокислотного разложения спёка исходной боросиликатной руды и её концентрата с хлоридами кальция и натрия. Разработаны принципиальные технологические схемы переработки боросиликатных руд методом спекания с CaCl_2 и хлоридом натрия.

Самой важной частью диссертации является третья и четвёртая главы, где подробно изучены кислотные и спекательные способы переработки в зависимости от различных технологических параметров: температуры, продолжительности процесса, соотношения реагентов и др. Найдены оптимальные условия проведения процесса кислотного разложения и спекания борной руды с азотной и уксусной кислотами и хлоридами натрия и кальция. Изучены механизмы протекания процессов кислотного разложения и спекания. В этих главах изложены результаты исследования кислотного и спекательно-хлорного способа переработки исходной и предварительно обожжённой боросиликатной руды месторождения Ак-Архар и её концентрата без предварительного обжига и после обжига. Изучена кинетика процессов кислотного разложения и спекания боросиликатных руд с хлоридами натрия, кальция, а также с NaOH.

Особое значение имеют результаты исследований по разработке принципиальной технологической схемы получения борных продуктов из боросиликатных руд месторождения Ак-Архар кислотным и спекательным способом с натрий- и кальцийсодержащими реагентами.

Личное участие соискателя в получении результатов заключается в постановке задач и целей работы, разработке методов анализа, изучении

технологических особенностей извлечения полезных компонентов из борсодержащих руд кислотными и спекательно-хлорным методом, установлении оптимальных параметров извлечения оксидов бора, алюминия и железа из боратных руд. Разработка принципиальной технологической схемы переработки боратных руд спекательно-хлорным методом. Автором показаны пути использования борных продуктов, как комплексных удобрений и для получения борного стекла, как материала для защиты от нейтронов для ядерной техники (Акт испытаний от 15.09.2018 г., Акт испытаний от 25.11.2018 г.).

Степень достоверности результатов заключается в следующем:

- показана возможность кислотного разложения борного сырья азотной и уксусной кислотами;
- показана возможность спекательного способа переработки борсодержащих руд месторождения Ак-Архар Таджикистана с хлоридами натрия и кальция;
- показана эффективность спекания боросиликатного сырья с едким натрием, кислотными и спекательными методами;
- установлены преимущества азотной кислоты перед другими минеральными кислотами;
- установлена эффективность использования NaCl и CaCl_2 при разложении боратных руд, а также NaOH – эффективного реагента для получения борных продуктов;
- дана сравнительная оценка спекательного метода с другими методами;
- дана оценка кислотного метода при сравнении с комбинированными методами.

Особенно необходимо подчеркнуть выполненный диссертантом термодинамический анализ протекающих процессов при кислотном разложении и спекании боросиликатных руд с натрий- и кальцийсодержащими реагентами, который подтверждает хорошие знания

соискателя в области физической химии. Соискатель чётко показал возможности протекания процессов при изменении термодинамических параметров.

Курбоновым А.С. дана оценка влияния активаторов NaCl и CaCl_2 и активированного угля, описана вероятность протекания различных реакций с участием борного сырья, рассчитаны термодинамические характеристики протекающих процессов.

Необходимо также отметить выполненные работы в области изучения кинетики процесса разложения. Диссертантом рассчитана величина энергии активации для каждого процесса разложения. Найдены механизмы протекающих процессов.

Научная новизна работы не вызывает сомнений. Изучены кислотные и спекательные методы извлечения полезных компонентов из борсодержащих руд. Установлены механизмы оптимальных условий выделения бора, алюминия и железа из борсодержащих руд.

Разработаны принципиальные технологические схемы переработки борного сырья с азотной и уксусной кислотами. Показаны преимущества технологической схемы с участием азотной кислоты и предложены борные удобрения, которые одновременно содержат несколько полезных компонентов.

Разработаны технологические схемы спекательного метода с участием едкого натрия, хлоридов натрия и кальция. Показаны преимущества технологических схем с участием указанных реагентов.

Особое значение для работы имеет раздел обсуждения результатов, в котором соискатель Курбонов А.С. показал возможность извлечения полезных компонентов из различного вида боратных руд (исходная руда и концентрат). В этом разделе дана сравнительная оценка извлечения борного ангидрида при разложении сырья различными минеральными кислотами. Кроме того, дана сравнительная оценка извлечения полезных компонентов из боратных и алюмосиликатных руд. Заслуживает внимание степени

извлечения B_2O_3 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 методами спекания борного сырья натрий- и кальцийсодержащими реагентами, где автором чётко показано преимущество $CaCl_2$ по сравнению с другими реагентами. Обсуждение результатов показывает ценность проведённого исследования и свидетельствует о профессиональной подготовке соискателя.

Научная специальность указанной работы соответствует специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ (химические науки) по следующим параметрам:

- химические и физико-химические основы технологических процессов: химический состав и свойства веществ, термодинамика и кинетика химических и межфазовых превращений;

- явления переноса тепла и вещества в связи с химическими превращениями в технологических процессах;

- способы и последовательность технологических процессов переработки сырья, побочных и промежуточных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты;

- способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ;

- свойства сырья и материалов, закономерности физико-химических процессов для переработки, технологических расчётов.

Полнота изложения материалов диссертации отражена в 37 статья в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 14 статьях в журналах и сборниках международных, республиканских конференций и других изданий. Получено 3 патента.

Работа прошла апробацию на международных и республиканских конференциях и семинарах.

Вместе с тем, по работе можно сделать следующие замечания:

1. Во введении основные задачи исследования повторяются с основными положениями, выносимыми на защиту.

2. В литературном обзоре приведен большой объём данных по методам переработки борного сырья. Заслуживает внимание низкотемпературное хлорирование, хлорные методы, кислотное разложение и спекательные способы переработки борного сырья. Однако в литературном обзоре не отражены комбинированные и экстракционные методы выделения борных продуктов.
3. Во второй главе при описании методики проведения химического анализа не указаны погрешности анализа и что нового разработал соискатель при проведении химического анализа.
4. В работе не отражены обоснование выбора кислот (HNO_3 и CH_3COOH), а также NaCl и CaCl_2 .
5. При термодинамическом анализе возможности протекания химических реакций со щёлочью, нет необходимости приводить химические реакции с оксидами, входящими в состав борного сырья (стр.82).
6. При отражении в работе практической ценности спёка с NaCl и CaCl_2 , как борно-данбуритового удобрения, а также результатов изучения свойства борного сырья, как материала для новой техники, она приобрела бы более весомой значимости.

Отмеченные недостатки не умаляют научную и практическую ценности и не снижают актуальность выполненной диссертационной работы.

Автореферат отражает идеи и выводы, приведённые в работе.

Заключение

Диссертация Курбонова А.С. является завершённой научно-исследовательской работой, выполненной на хорошем уровне. Автором подробно изучено разложение исходного сырья и его концентрата азотной и уксусной кислотами. Найдены оптимальные параметры процесса разложения. Показаны преимущества HNO_3 перед другими минеральными

