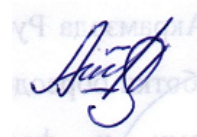


НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
ИНСТИТУТ ХИМИИ им. В. И. НИКИТИНА

На правах рукописи



УДК: 546.18 (575.3)

ББК: 24.125 (2тадж)

А-38

АКРАМЗОДА Рустами Джурахон

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ
БОРСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ТАДЖИКИСТАНА
ОРГАНИЧЕСКИМИ РЕАГЕНТАМИ И
ФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание учёной степени
доктора философии (PhD), доктора по специальности
6D060600 – Химия (6D060601 - Неорганическая химия)
(технический наук)**

Душанбе – 2025

Диссертация выполнена в лаборатории «Комплексная переработка минерального сырья и промышленных отходов» Института химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана

Научный руководитель:

Курбонов Амиршо Сохибназарович - доктор химических наук, директор филиала Агентство по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности (г. Бохтар) Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ)

**Официальные
оппоненты:**

Гайбуллоева Зумрат Хабибовна - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой “Технология производственных процессов” филиала Таджикского технического университета им. акад. М.С.Осими на ОАО АЗОТ

Ведущая организация:

Шаймурадов Фирдавс Иноятович - кандидата технических наук, ведущий научный сотрудник Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистан
ГУ «Научно-исследовательский институт металлургии» ОАО «Таджикская Алюминиевая Компания»

Защита состоится «11» августа 2025 года в 9⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.КОА-042 при диссертационного совета Институте химии им. В.И. Никитина НАНТ и Агентство по ХБРЯ безопасности НАНТ по адресу: 734063, г. Душанбе, ул. Айни 299/2, E-mail: f.khamidov@cbrn.tj, тел.:+992934366463.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Института химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистан www.chemistry.tj

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



Хамидов Ф.А.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость проведения исследования. В данном диссертационном исследовании рассматриваются проблемы, посвящённые извлечению борсодержащих материалов из борного сырья и из рапы озера Сасык-куль Таджикистана методом экстракции органическими реагентами и разложение борсодержащего сырья ортофосфорной кислотой.

Необходимость проведения исследования определяется необходимостью получения из местного сырья различных борных соединений и борсодержащих материалов, в которых нуждаются различные отрасли народнохозяйственного комплекса страны.

В Институте химии им. В. И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана проводятся перспективные исследования, направленные на разработку эффективных технологий переработки боросиликатного сырья с использованием хлорных и кислотных (на основе неорганических кислот) методов. Актуальность данных направлений обусловлена наличием в стране значительных объёмов отработанного хлора, а также планируемых развитием производственной базы по выпуску минеральных кислот, что создаёт благоприятные предпосылки для внедрения данных технологий в промышленную практику.

Борные соединения (бораты) обладают широким спектром применения в различных секторах промышленности и сельского хозяйства. Наиболее значимыми областями их использования являются стекольная промышленность (включая производство стекла, стекловолокна, глазури, эмалей и других стекловидных материалов), а также изготовление моющих и отбеливающих средств.

Бораты активно применяются в производстве огнестойких материалов, таких как огнеупорная бумага, строительные материалы ткани и иные изделия на основе целлюлозы. В частности, борат аммония и бура входят в состав антипиренов, используемых при изготовлении пенопластов, древесностружечных плит (ДСП), а также при огнезащитной обработке деревянных и текстильных изделий. Кроме того, бура применяется в рецептурах противопожарных составов, используемых для тушения возгораний.

Бор играет важную роль и в агрономии, выступая в качестве микроэлемента, необходимого для полноценного роста и развития растений. Он критически важен для большинства плодовых, кормовых, масличных и технических культур. Дефицит бора в почве приводит к задержке роста зелёной массы у люцерны, клевера, кукурузы, ухудшению питательных качеств арахиса, снижению урожайности сахарной свёклы и льна, а также ускоренному формированию пробкового слоя на стволах яблонь и груш. Кроме того, бор способствует повышению морозоустойчивости многих овощных и плодовых культур, включая томаты.

Проведение исследований, направленных на изучение физико-химических основ переработки боросодержащих материалов фосфорной

кислотой и органическими реагентами является актуальной задачей. Так как это даёт возможность получать ценные продукты - такие как бура, борная кислота, борный спирт, микроудобрения и фосфатные комплексные удобрения.

Степень изученности научной проблемы. Ранее в работах сотрудников Института химии НАН Таджикистана были изучены кислотные и хлорные методы разложения боросиликатных руд месторождения Ак–Архар. В основном работы были посвящены изучению комплексной переработки боросиликатного сырья Таджикистана. Однако выделение борных продуктов из рассола рапы озера Сасык-Куль и разложение руды фосфорной кислотой не изучены в литературе.

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Диссертационное исследование выполнено в лаборатории переработки минерального сырья и отходов Института химии им. В. И. Никитина НАН Таджикистана на основе двух проектов: «Разработка селективных методов разложения высококремнистых бор- и алюмосодержащих руд Таджикистана» - номер Гос. регистрации 0116 TJ 00541 и «Физико-химические и технологические основы получения соединений бора, алюминия, минеральных удобрений, коагулянтов, фарфоровых и строительных материалов» - номер Гос. Регистрации 0121 TJ 1147.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования в данной работе было получение ценных востребованных соединений из различных боросодержащих материалов (рапы озера Сасык-Куль и отдельных типов боросиликатного сырья), выявление экспериментальным путём оптимальных критериев переработки указанных материалов, при которых возможно максимальное извлечение ценных соединений, исследование термодинамических и кинетических характеристик протекания процессов разложения данного сырья, поиск целесообразных направлений переработки указанного сырья.

Задачи исследования:

- исследование характеристик борсодержащих материалов;
- изучение термодинамики разложения боросодержащих материалов и на её основе представление термодинамической оценки процесса;
- изучение фосфорнокислотной переработки боросодержащих материалов с целью выявления оптимальных критериев данной переработки;
- изучение разложения боросодержащих материалов с точки зрения протекания кинетических процессов и получение кинетических характеристик;
- разработка процессов получения различных материалов, имеющих в своём составе бор;
- изучение технологических основ фосфорнокислотной переработки боросодержащих материалов;

- разработка лабораторно-полупромышленных технологических схем получения из боросодержащих материалов борных соединений с оптимизацией процесса различными органическими реагентами.

Объектом исследования являются борсодержащие материалы – борная руда и рапа озера Сасык-куль с целью получения ценных продуктов.

Предмет исследования – переработка борсодержащих материалов, содержащих значительные количества бора, для получения оксида бора, пербората натрия. Разработка эффективных методов получения этих соединений.

Методы исследования. Физико-химические исследования сырья и продуктов переработки осуществляли с применением современных методов анализа – РФА, ДТА, спектрометрии. В работе использованы передовые методы химического анализа: атомно-адсорбционный анализ, пламенная фотометрия, спектральный анализ (спектроскан). Расчёт материального баланса. Термодинамическая оценка процессов переработки сырья фосфорной кислотой.

Отрасль исследования относится к задачам борсодержащих материалов, где рассматриваются проблемы по специальности «Неорганическая химия» (технические науки).

В соответствии с паспортом специальности «Неорганическая химия» (технические науки), в работе рассматриваются общие закономерности протекания химических реакций, основные задачи химической термодинамики, как раздела неорганической химии о превращениях энергии при протекании химических реакций.

Рассматривается выделение ценных продуктов из рассолов и минерального сырья с разработкой технологических схем.

Рассматриваются методы физической химии в неорганической химии (РФА, ДТА и др.).

Этапы исследования включают изучение литературных источников, термодинамическую оценку борсодержащих руд Таджикистана, разработку методов анализа, постановку экспериментов по переработке борсодержащих материалов методом экстракции и кислотным разложением. Разработку обобщённых технологических схем для переработки борсодержащих материалов и рассолов, содержащих бор.

Основная информационная и экспериментальная база охватывает поиск научных статей по аналогичным тематикам в научных журналах через международные информационные системы. Особое внимание уделяется научным электронным литературным источникам и использованию компьютерных сетей. Работа в основном была выполнена на базе лаборатории “Переработка минерального сырья и промышленных отходов” Института химии НАН Таджикистана. С помощью современной экспериментальной базы Института химии НАН Таджикистана проведены исследования рассматриваемых руд, изучены физико-химические характеристики борсодержащих материалов. РФА и ДТА анализы проведены

в Институте химии НАН Таджикистана на современном оборудовании. Проведена разработка эффективных методов для переработки боросодержащего сырья.

Научная новизна исследования. Исследован ряд методов применительно к разложению боросодержащим материалам, включая кислотные методы и экстракцию с помощью органических растворителей, проведено определение механизмов, по которым осуществляется переработка рассматриваемых боросодержащего сырья, современными усовершенствованными способами. Разработаны обобщённые усреднённые технологии с целью переработки указанных видов боросодержащих материалов.

Теоретическая ценность исследования. Теоретическая ценность работы – это раскрытие механизмов кислотного разложения и экстракции бора из боросодержащих материалов, термодинамическая оценка протекающих процессов кислотного разложения.

Практическая ценность исследования заключается в том, что по результатам диссертационного исследования разработаны схемы технологических процедур по переработке боросодержащих материалов Таджикистана кислотными методами и экстракцией, которые являются комплексными и малоотходными. Разработанные схемы технологических процедур при внедрении позволят получить определённые экономические эффекты.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований по боросодержащим материалам, в том числе продуктов, получаемых после их разложения, которые были получены химико-минералогическими, химическими и физическими методами);
- термодинамики разложения боросодержащих материалов и на её основе представление термодинамической оценки процесса;
- результаты фосфорнокислотной переработки боросодержащих материалов с целью выявления оптимальных критериев данной переработки;
- результаты переработки боросодержащих рассолов экстракционным способом с оптимизацией процесса различными органическими реагентами;
- оптимальные критерии разложения боросодержащих материалов с использованием различных кислот (оптимальные температуры, продолжительности разложения и соотношения (боросодержащий материал / реагенты);
- результаты исследования разложения боросодержащих материалов с точки зрения протекания кинетических процессов и получения кинетических характеристик;
- разработанные лабораторно-полупромышленные технологические схемы получения из боросодержащих материалов борных соединений кислотными и экстракционными методами с оптимизацией процесса различными органическими реагентами.

Достоверность диссертационных результатов подтверждена контролируемыми методами физико-химического анализа, химическими анализами нескольких образцов и проведением параллельных экспериментов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности (6D060601-Неорганическая химия) по следующим пунктам:

- пункт 1 – фундаментальные основы получения объектов исследования и материалов на их основе (исследование состав и свойств борсодержащих руд и рассола озеро Саык-Куль);
- пункт 2 – синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами (получение метаборат натрия, борная кислота, борной спирт);
- пункт 4 – реакционная способность неорганических соединений в различных агрегатных состояниях и экстремальных условиях (термический, термодинамический и кинетический анализ процессов);
- пункт 5 – взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы (научные основы технологии переработки неорганических материалов);

Личный вклад соискателя. Включает постановку исследовательских задач, анализ источников литературы по тематике диссертационного исследования, определение методов решения поставленных задач, проведение экспериментальных исследований, обработку полученных экспериментальных данных.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

Республиканской научно-практической конференции “Инновационное развитие науки” (Душанбе, НАНТ, 2020); II Международной научно-практической конференции “Современные проблемы химии, применение и их перспективы”, посвящ. 60-летию кафедры органической химии и памяти д.х.н., проф. Ш. Х. Халикова (Душанбе, 2021); XVI Нумановских чтениях “Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан”, посвящ. 75-летию Института химии НАНТ и 40-летию лаборатории “Коррозионностойкие материалы” (Душанбе, 2021); Республиканской научно-практической конференции “Современные проблемы развития природоведческих (естественных) наук: перспективы дальнейшего развития”, посвящ. 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан и 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (Бохтар, Таджикистан, 2021); Республиканской научно-практической конференции (III-годовой) ГОУ «Хатлонский государственный медицинский университет», посвящ. 30-

летию XVI сессии Верховного Совета Республики Таджикистан (Дангара, Таджикистан, 2022); XVIII Нумановских чтениях “Развитие современной химии: теоретические и практические аспекты” (Душанбе, 2023).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликована 21 работа, в том числе 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте РТ, а также 12 в материалах международных и республиканских конференций, получен 1 Малый патент Республики Таджикистан.

Объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, 4 главы, в том числе обсуждение результатов, изложена на 138 страницах компьютерного набора, включает 28 таблиц, 31 рисунков, а также список литературы из 121 библиографических наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, а также раскрыты её научная новизна и практическая значимость.

Первая глава посвящена анализу литературных данных, касающихся термодинамических характеристик процессов разложения алюмосиликатного и боросиликатного сырья с использованием различных реагентов. Кроме термодинамических аспектов, рассмотрены сведения о разложении указанного сырья с применением хлорных, кислотных и спекательных методов с участием различных активаторов и реагентов.

Во второй главе приведены техника работы с боросиликатным сырьём и методики проведения химических и физико-химических анализов. Методами химического анализа и РФА определены химические и минералогические составы боросиликатных руд, и с помощью ДТА выявлены происходящие изменения в составе руды при термообработке. Приведены результаты термодинамических оценок разложения боросиликатных руд ортофосфорной кислотой, а также дана сравнительная термодинамическая оценка разложения боросодержащего сырья с различными минеральными кислотами.

Третья глава содержит результаты экспериментальных исследований по выделению борной кислоты из минеральных рассолов озера Сасык-Куль с применением различных органических экстрагентов, а также по разложению боросодержащего сырья фосфорной кислотой. Разработаны принципиальные технологические схемы: экстракции борной кислоты из рассолов органическими реагентами и фосфорнокислотного разложения боросиликатных руд. Кроме того, изучена кинетика процесса разложения боросиликатного сырья ортофосфорной кислотой.

В четвертой главе приведена заключительная часть работы, где объясняется значение полученных результатов, сравниваются их с другими исследованиями, выделяются ограничения и предлагаются направления для дальнейшего исследования.

ХАРАКТЕРИСТИКА БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД АК-АРХАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАДЖИКИСТАНА, МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Характеристика боросодержащих руд

Боросиликатное сырьё месторождения Ак-Архар характеризуется высоким содержанием диоксида кремния (SiO_2), доля которого составляет около 60% от общего количества минеральных компонентов (см. диаграмму на рисунке 1).

Химический состав был также проанализирован для концентрата боросиликатного сырья в котором содержание ангидрида борной кислоты (B_2O_3) достигает приблизительно 20.0% (см. диаграмму на рисунке 2).

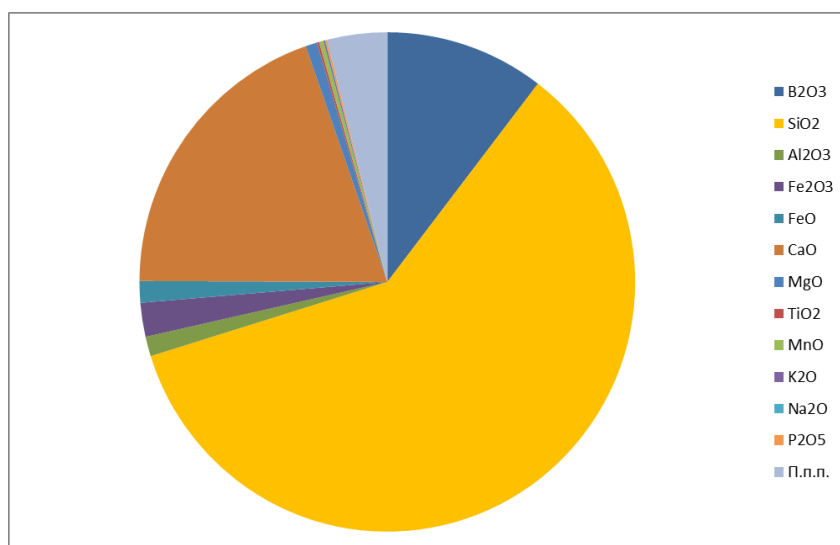


Рисунок 1. - Химсостав боросиликатных материалов (сырья) Ак–Архар

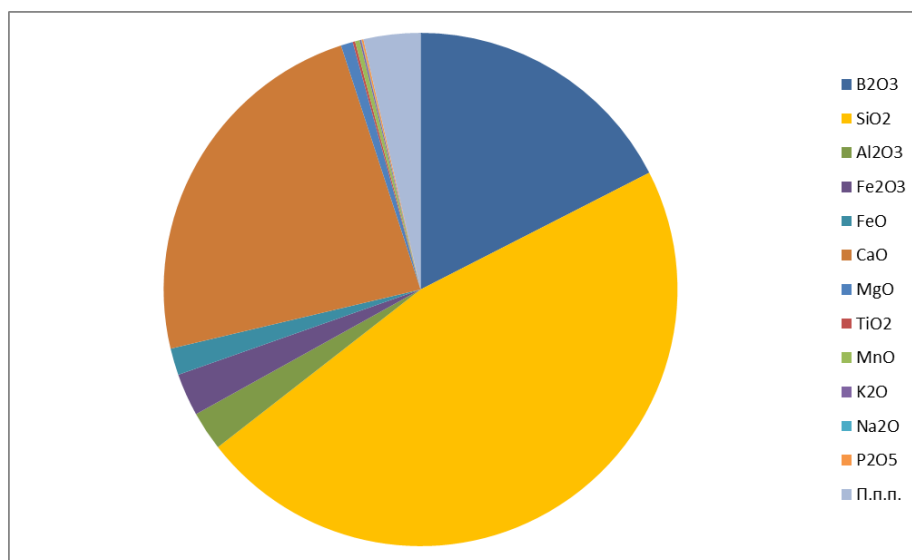


Рисунок 2. - Химсостав концентрата боросиликатных материалов (сырья) Ак–Архар

Дифференциальный термический анализ (ДТА) боросиликатного сырья

Для образца исходного боросиликатного сырья с использованием метода ДТА была получена термограмма (рисунок 3).

Как видно, термограмма исходного сырья имеет чётко проявленные эндоэффекты – в количестве трёх, каждый из которых проявился при определённой температуре разложения: соответственно, 120 – 780 – 950 °С. Проявление указанных эндоэффектов свидетельствует о том, что из сырья удаляется адсорбированная кристаллизационная воды и разлагается соединение ($\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$) - диборат кальция.

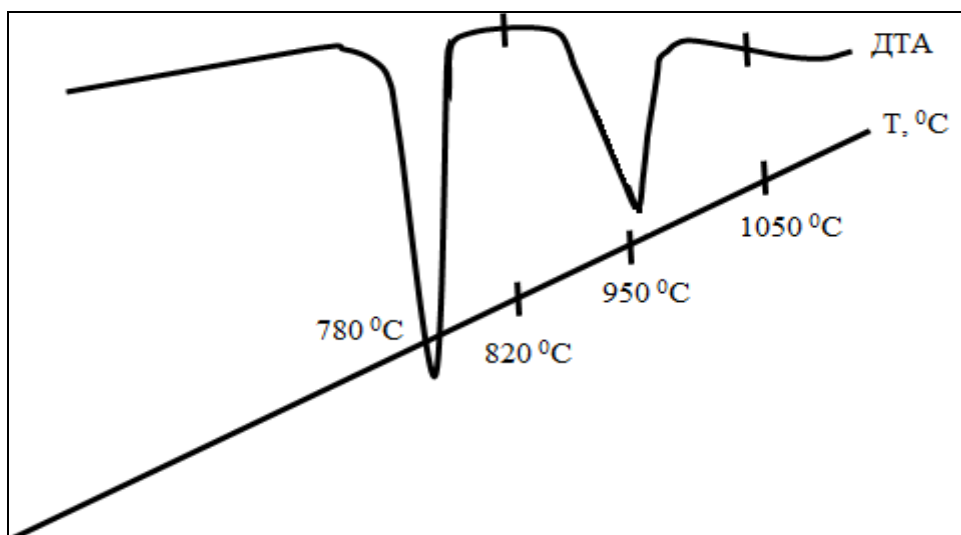


Рисунок 3. – Термограмма боросиликатного сырья (исходного)

С помощью ДТА также был исследован исходный боросиликатный кон-центрат. Для получения данного концентрата использовался данбурит. Для образца исходного боросиликатного концентрата с использованием метода ДТА была получена термограмма (рисунок 4)

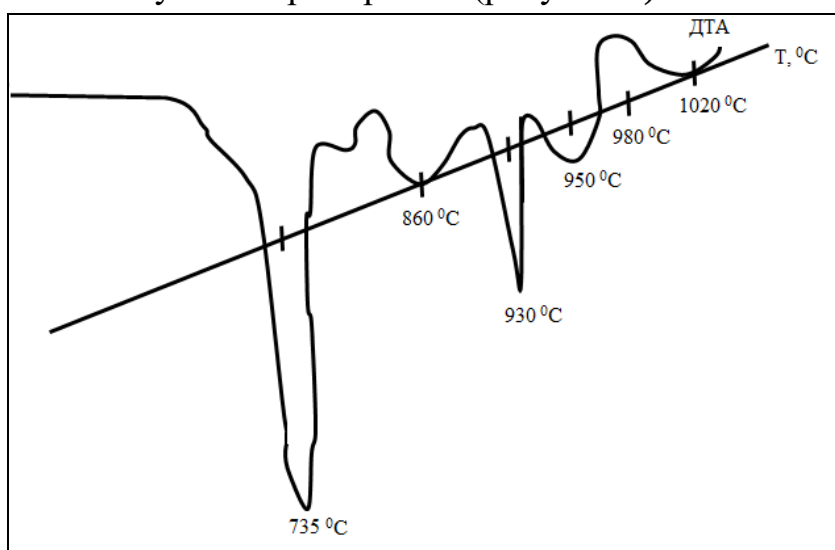


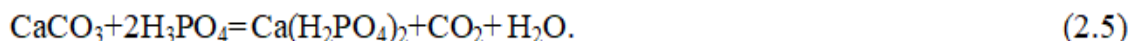
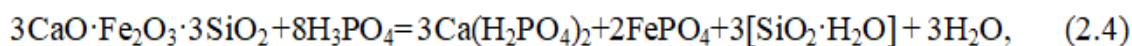
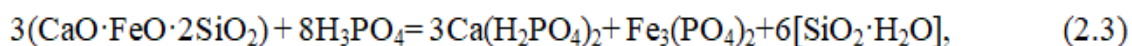
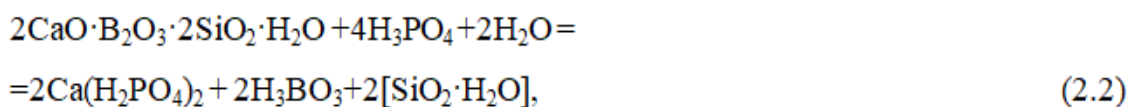
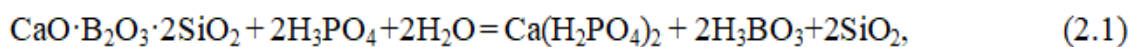
Рисунок 4. - Термограмма, полученная при ДТА концентрата данбуритовой руды

Как можно увидеть из термограммы, представленной на рисунке 4, она имеет три эндотермических эффекта, очень незначительных, которые последовательно проявились при температурах разложения - 860 – 890 – 1020°C, соответственно.

Термодинамические характеристики протекающих реакций при разложении боросиликатных руд с помощью ортофосфорной кислоты

В данном параграфе вычислены величины термодинамических характеристик всех возможных химреакций процесса разложения для подтверждения вероятности прохождения химреакций минералов боросиликатного сырья и фосфорной кислотой.

Фосфорнокислотное разложение боросиликатного материала протекает при осуществлении следующих химических реакций:



Чтобы определить - могут ли вышеуказанные химические реакции (2.1)-(2.5) протекать самопроизвольно при стандартных температурах, проводился расчёт их термодинамических характеристик с учётом стандартных термодинамических характеристик, результаты расчётов обобщаются в таблице 1.

Таблица 1. – Термодинамические критерии химреакций (2.1)-(2.5) при фосфорнокислотном разложении минералов боросиликатного сырья

Номер химреакции	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	ΔS_{298}^0 , Дж/моль·град	ΔG_{298}^0 , кДж/моль
(2.1)	-85.83 ± 0.41	8.43 ± 2.34	-88.34 ± 1.11
(2.2)	-150.52 ± 2.26	122.06 ± 2.51	-186.89 ± 1.51
(2.3)	-455.04 ± 0.91	-758.49 ± 2.51	-229.0 ± 0.16
(2.4)	-269.9 ± 4.77	-956.39 ± 0.84	15.19 ± 4.52
(2.5)	-13.97 ± 5.48	230.83 ± 9.59	-82.75 ± 2.62

После получения химреакций (2.1)-(2.5) в диапазоне температуры ($T=298-363$ К) вычислялись для каждой из реакций величины энергии Гиббса, как важной термодинамической характеристики (таблица 2), далее изучалась зависимость, характеризующая изменение энергии Гиббса от температуры (рисунок 5).

Соответственно, на основании рисунка 5 и таблицы 2 сделан вывод - для реакций (2.1), (2.2) и (2.5) происходит сдвиг энергии Гиббса в сторону отрицательных величин, что в свою очередь вызывается увеличением температуры разложения. Соответственно, при этом также происходит увеличение энтальпии, её значения находятся в области положительных значений ($\Delta S > 0$), что в целом положительно влияет на разложение боросиликатного сырья фосфорнокислотным способом.

Таблица 2. – Величины ΔG_{298}^0 (энергии Гиббса) для химреакций при фосфорнокислотном разложении минералов боросиликатного сырья в широком диапазоне температуры

Реак- ция	кДж/моль							
	ΔG_{298}^0	ΔG_{303}^0	ΔG_{313}^0	ΔG_{323}^0	ΔG_{333}^0	ΔG_{343}^0	ΔG_{353}^0	ΔG_{363}^0
(2.1)	-88.34 ± 1.11	-88.38 ± 1.14	-88.46 ± 1.16	-88.55 ± 1.19	-88.63 ± 1.21	-88.72 ± 1.23	-88.8 ± 1.26	-88.89 ± 1.28
(2.2)	-186.89 ± 1.51	-187.5 ± 1.49	-188.72 ± 1.47	-189.94 ± 1.45	-191.16 ± 1.41	-192.38 ± 1.39	-193.61 ± 1.37	-194.82 ± 1.35
(2.3)	-229.0 ± 0.16	-225.21 ± 0.14	-217.63 ± 0.12	-210.04 ± 0.09	-202.46 ± 0.06	-194.8 ± 0.04	-187.29 ± 0.02	-179.71 ± 0.01
(2.4)	15.19 ± 4.52	19.88 ± 4.52	29.45 ± 4.51	39.01 ± 4.505	48.57 ± 4.49	58.14 ± 4.48	67.7 ± 4.48	77.27 ± 4.47
(2.5)	-82.75 ± 2.62	-83.91 ± 2.53	-86.22 ± 2.44	-88.53 ± 2.34	-90.83 ± 2.24	-93.14 ± 2.14	-95.45 ± 2.05	-97.76 ± 1.95

Таким образом, выявлена зависимость, что при увеличении температуры процесса разложения значения энергии Гиббса становятся более положительными, но для кислотного разложения боросиликатного сырья нет необходимости включать в процесс разложения высокие температуры, так как с повышением температур происходит заметное снижение и переход в более отрицательные значения энергии Гиббса этих

процессов. Также можно утверждать о высокой термодинамической вероятности химреакций между минералами указанного вида сырья.

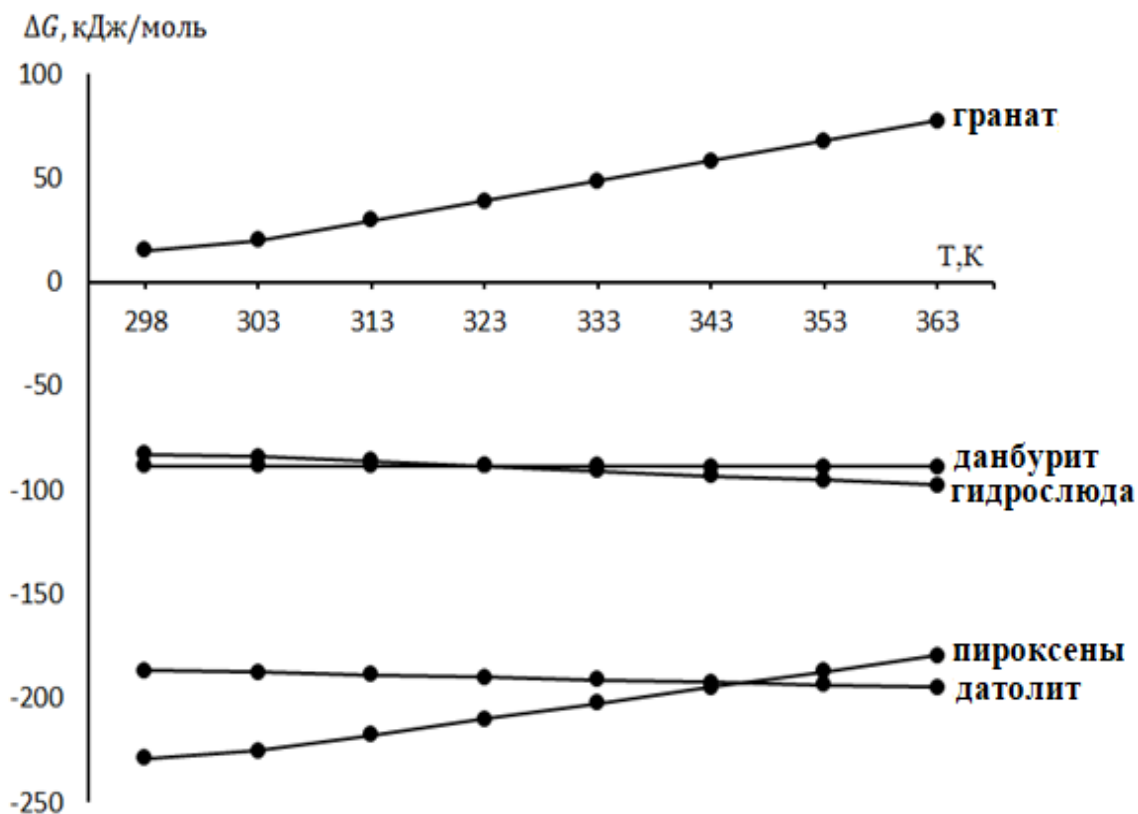


Рисунок 5. – Изменение значений энергии Гиббса в зависимости от температуры химреакций при фосфорнокислотном разложении минералов боросиликатного сырья

ВЫДЕЛЕНИЕ БОРНОЙ КИСЛОТЫ ОРГАНИЧЕСКИМИ РЕАГЕНТАМИ И РАЗЛОЖЕНИЕ БОРОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ

Выделение борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана одноатомными алифатическими спиртами

В данном разделе представлены результаты лабораторных исследований и стендовых испытаний процессов экстракций борной кислоты из водно-солевых растворов с использованием алифатических спиртов-гексанола и октанола.

Был изучен процесс перехода борной кислоты из водной фазы в органическую в зависимости от продолжительности процесса экстракции (рисунок 6).

Из диаграммы рисунка 6 видно, что при увеличении продолжительности процесса экстракции переход борной кислоты из водной в органическую фазу постепенно возрастает. Максимальное извлечение

борной кислоты из водной фазы происходит при продолжительности процесса экстракции 75 мин, составляя более 85%.

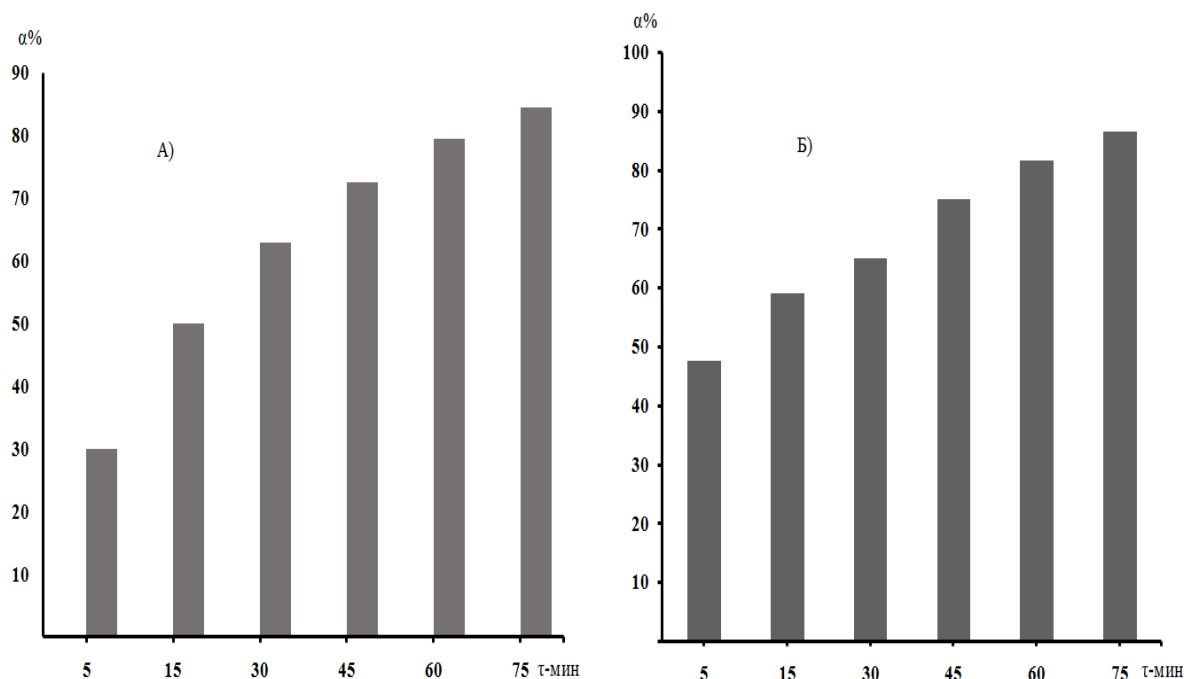


Рисунок 6. – Влияние времени экстрагирования на выход H_3BO_3 в зависимости от различных экстрагентов: А) гексанола, Б) окатнола

Таким образом, наиболее эффективными условиями экстракции борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль одноатомными спиртами (гексанол и октанол) являются следующие: соотношение экстрагент/рассол равно 1:1, рН среды 1-2, экстракция в течение 75 минут.

Выделение борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана изобутиловым спиртом и трибутилфосфатом

В продолжение этих исследований в данном подразделе в виде тезисов приводятся результаты экстракционного способа переработки боросодержащих рассолов озера Сасык-Куль двумя органическими реагентами - изобутиловым спиртом и трибутилфосфатом с получением H_3BO_3 .

Методом РФА установлены также другие компоненты состава исследуемой воды. Для этого сначала воду испаряли, и твёрдый остаток подвергали РФА, результаты рентгенофазового анализа сухого остатка обобщаются в виде термограмм на рисунке 7.

Анализ показал, что вода содержит значительные количества хлоридов калия и натрия, а также карбоната натрия.

На рисунке 8а приведены результаты исследования зависимости перехода борной кислоты в органическую фазу от продолжительности

процесса экстракции изобутиловым спиртом при температуре 40-50°C и соотношения рассол/изобутиловый спирт (рисунок 8б).

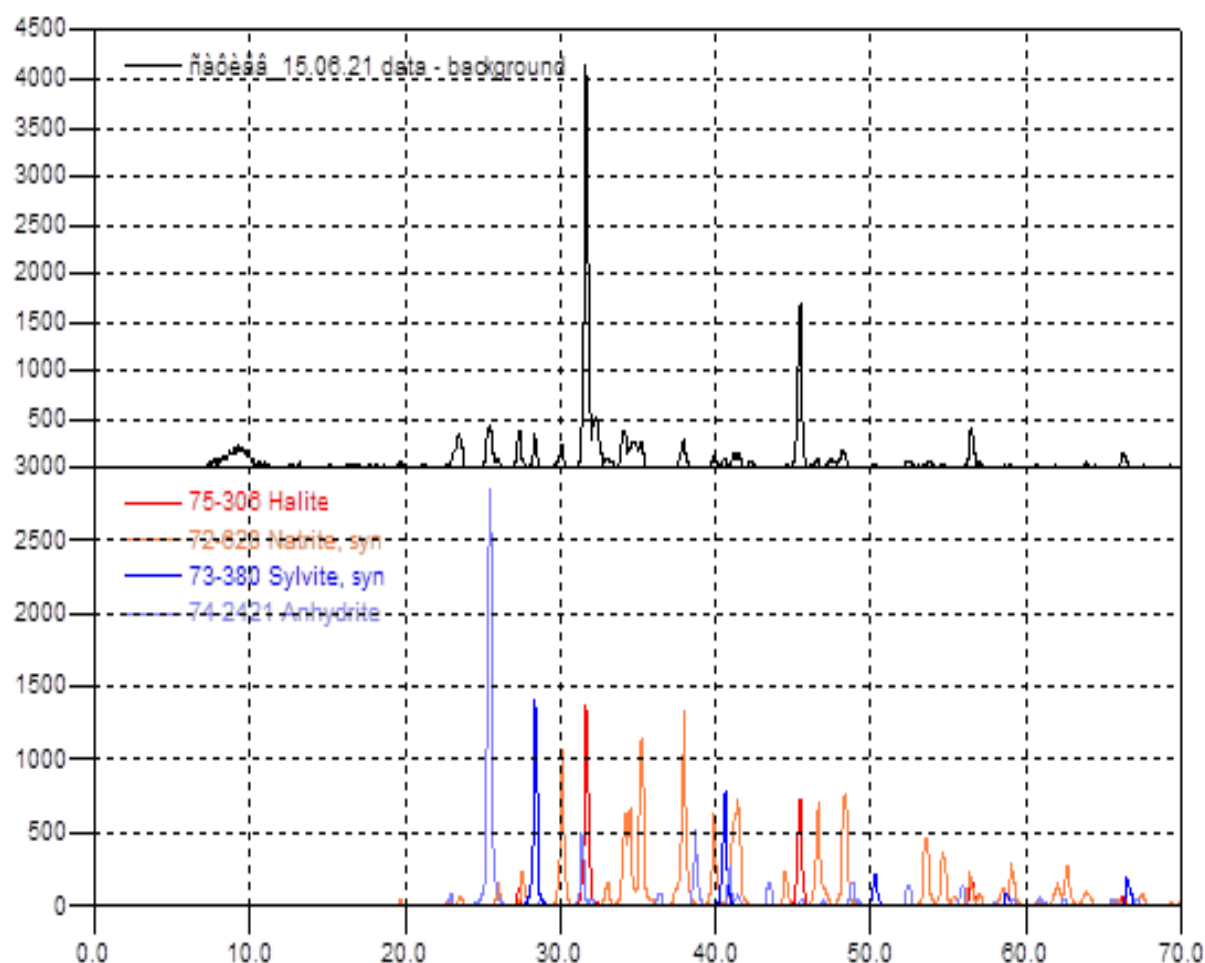


Рисунок 7. - РФА сухого остатка воды озера Сасык-Куль

Также был получен значительный объём данных, который систематизирован в виде рисунка 8а, на котором наглядно можно увидеть, что при продолжительности экстракции до 60 мин переход борной кислоты в органическую фазу достигает максимальных значений и составляет 210 мг/л.

Результаты исследования зависимости перехода борной кислоты в органическую фазу от объёмных соотношений рассол/органический реагент приведены на рисунке 8б. В опытах выявлены оптимальные объёмные соотношения исходных рассолов к органическим реагентам (1:2), при которых достигаются максимальные извлечения борной кислоты – свыше 210 мг/л.

Кроме изобутилового спирта были проведены исследования извлечения H_3BO_3 экстракцией органическим реагентом трибутилфосфатом (ТБФ) (рисунок 9).

На основании рисунка 9 сделан вывод, что максимальных извлечений H_3BO_3 из боросодержащих рассолов можно достичь при условиях: время

экстракции 60 минут (рисунок 9а) и объёмных соотношениях рассол/ТБФ, равных 1:2 (рисунок 9б), соблюдение указанных условий позволяет извлечь из рассолов борную кислоту в максимальных количествах (198 мг/л).

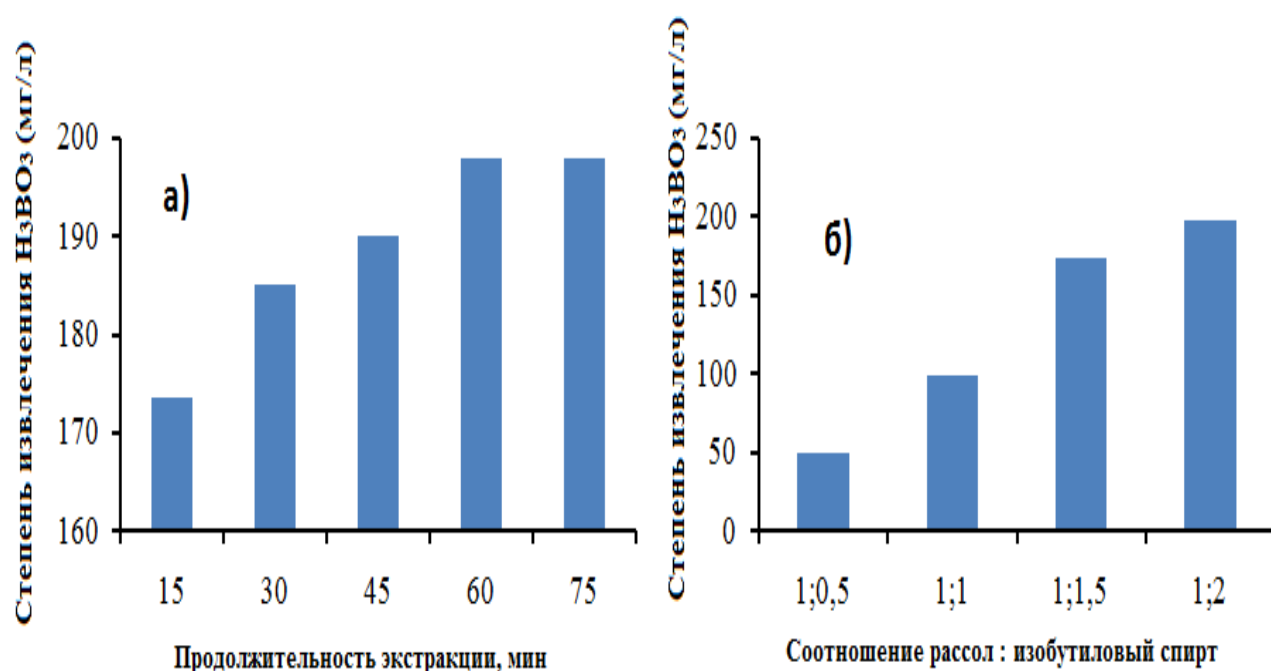


Рисунок 8. – Влияние времени экстракции (а) и соотношения рассола к изобутиловому спирту (б) на извлечение борной кислоты из боросодержащих рассолов

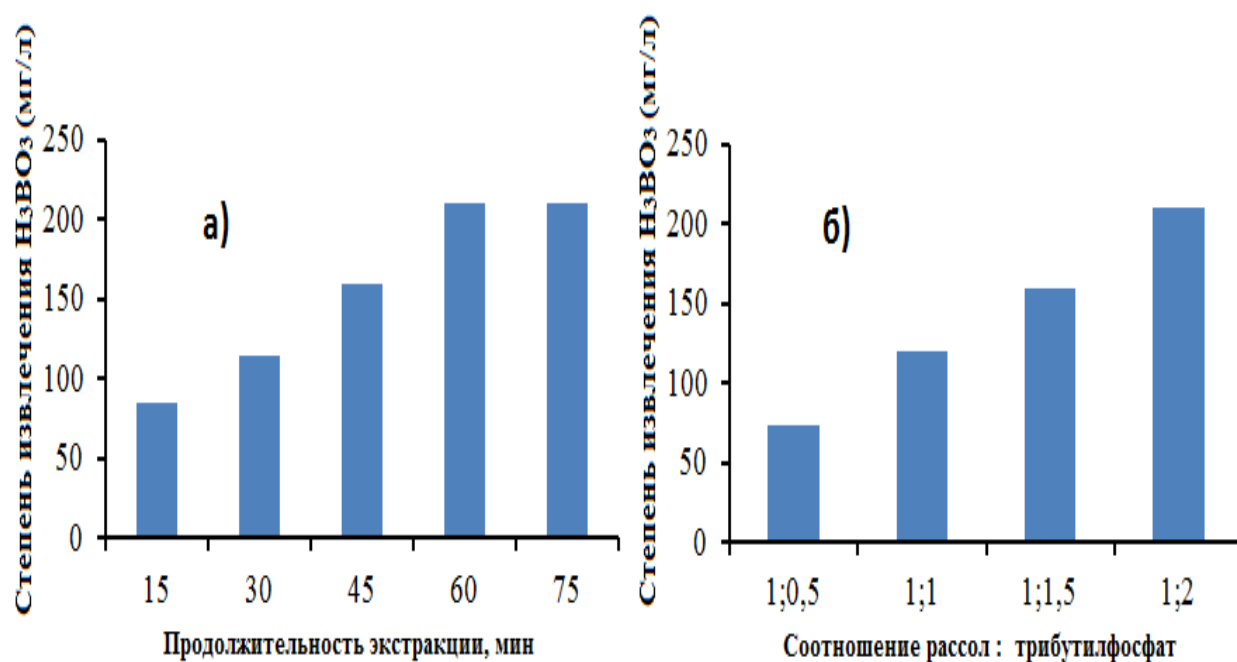


Рисунок 9. – Извлечение H_3BO_3 из боросодержащих рассолов экстракционным способом с реагентом трибутилфосфатом в зависимости от: а) продолжительности экстракции; б) соотношения рассол/трибутилфосфат

Фосфорнокислотное разложение боросиликатного сырья Переработка боросиликатного сырья фосфорной кислотой

Данный раздел посвящён исследованию кислотной переработки исходного боросиликатного сырья месторождения Ак-Архар с применением фосфорной кислоты. Проведено определение оптимальных условий фосфорнокислотного разложения, а также изучены его кинетические закономерности.

Полученные экспериментальные данные по влиянию различных факторов на процесс кислотного разложения обобщены в виде схемы на рисунке 10.

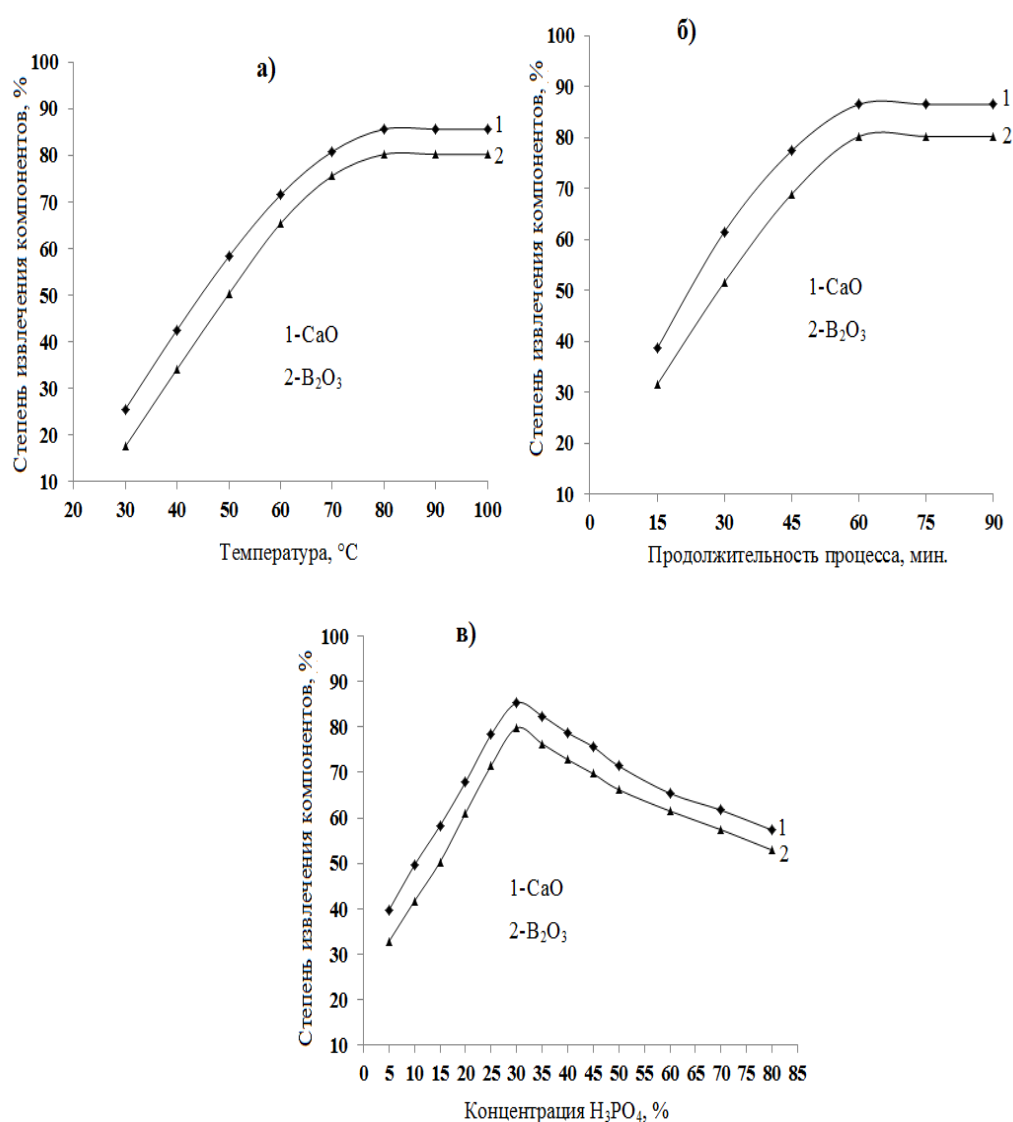


Рисунок 10. - Влияние параметров разложения: (а) температуры, (б) продолжительности, (в) концентрации H_3PO_4 на извлечение оксидов CaO и B_2O_3 из боросиликатных материалов

Влияние температуры. Обработку боросиликатного сырья в данной серии опытов осуществляли в течение 60 минут ортофосфорной кислотой 27-30-процентной. Как показано на рисунке 10а, при повышении температуры разложения до 90 °С достигается максимальное извлечение оксидов кальция и бора. В частности, степень извлечения оксида кальция (CaO) составляет 85.4%, а оксида бора (B_2O_3) – 80.1%.

На рисунке 10б представлены зависимости степени извлечения оксидов CaO и B_2O_3 от времени фосфорнокислотного разложения боросиликатного сырья. Максимальная эффективность процесса достигается при продолжительности разложения 60 минут, при которой извлечение оксидов составляет: для CaO – 85.5%, для B_2O_3 – 80.1%.

Влияние концентрации ортофосфорной кислоты на степень извлечения оксидов на рисунке 10в. В данной серии экспериментов изучалось, как изменение концентрации кислоты влияет на эффективность разложения боросиликатного сырья и извлечение целевых компонентов. Максимальные извлечения оксидов были получены при использовании 30-процентной фосфорной кислоты: по оксиду CaO – 85.6%, по оксиду B_2O_3 – 80.1%.

Таким образом, в опытах по фосфорнокислотной переработке боросодержащих материалов экспериментально определены параметры, при которых извлечение оксидов CaO и B_2O_3 достигается максимальным: предварительный термообжиг при $T=950...980^{\circ}C$, продолжительность термообжига 60 мин, фосфорнокислотная переработка при $T=95^{\circ}C$ продолжительностью 60 мин, концентрация фосфорной кислоты 27-30-процентна.

Разложение концентрата боросиликатного сырья фосфорной кислотой

Для концентрата боросиликатного сырья изучены несколько зависимостей параметров с целью увеличения извлечений оксидов CaO и B_2O_3 : (рисунок 11а) зависимость извлечения от температуры, (рисунок 11б) зависимость извлечения от продолжительности процесса фосфорного разложения, (рисунок 11в) от концентрации фосфорной кислоты..

Воздействие температуры. Концентрат в экспериментах подвергался обработке ортофосфорной кислотой с концентрацией 27-30% в течение 60 минут. На основе кривых линий на рисунке 11а сделан вывод, что при достижении температуры разложения 100 °С максимальные уровни извлечения оксидов CaO и B_2O_3 составляют, в частности, 93.4% для оксида CaO и 88.1% для оксида B_2O_3 .

Воздействие времени разложения. На рисунке 11б представлены зависимости извлечения оксидов CaO и B_2O_3 при разложении боросиликатного концентрата от продолжительности реакции с фосфорной кислотой. Этот параметр варьировался в пределах от 10 до 60 минут. Соответственно, на кривых рисунка 11б видно, что при температуре 80°C и концентрации H_3PO_4 27-30% извлечение оксидов CaO и B_2O_3 начинается уже

при 15-минутной обработке, составляя: 51.8% для оксида CaO и 35.4% для оксида B_2O_3 .

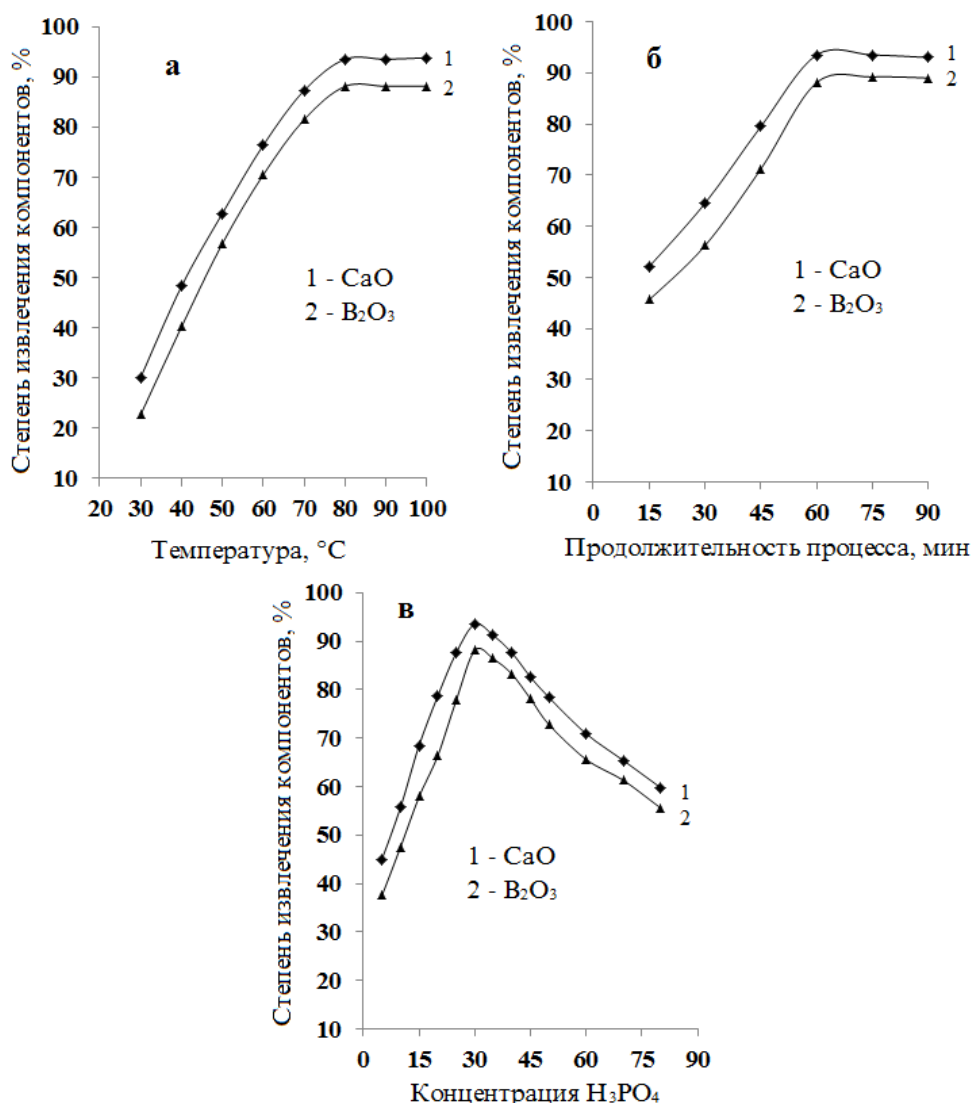


Рисунок 11. - Влияние параметров разложения: (а) температуры, (б) продолжительности, (в) концентрации H_3PO_4 на извлечение оксидов CaO и B_2O_3 из концентрата боросиликатного сырья

Воздействие концентрации ортофосфорной кислоты. В данной серии экспериментов исследовалось влияние концентрации фосфорной кислоты на извлечение оксидов CaO и B_2O_3 (см. рисунок 11в). Максимальные извлечения оксидов были получены при использовании 28-30-процентной фосфорной кислоты: по оксиду CaO — 92.8%, по оксиду B_2O_3 — 88.9%.

Таким образом, в опытах по фосфорнокислотной переработке боросодержащих концентратов экспериментально определены параметры, при которых извлечение оксидов CaO и B_2O_3 достигается максимальным: предварительный термообжиг при $T=950\ldots980^\circ\text{C}$, продолжительность термообжига 60 мин, фосфорнокислотная переработка при $T=80^\circ\text{C}$

продолжительностью 60 мин, концентрация фосфорной кислоты 24...27-процентная.

Кинетические параметры фосфорнокислотного разложения обожжённого боросиликатного концентрата

Для исследования кинетических параметров фосфорнокислотного разложения концентрата обожжённого боросиликатного сырья варьировали температуру процесса в диапазоне 30-90°C и время разложения в интервале 15-60 минут.

Рисунок 12а характеризует возможность фосфорнокислотного разложения предварительно подвергнутого термической обработке борного концентрата и извлечения оксида бора в продуктивный раствор в зависимости от температуры разложения с кинетической точки зрения. Как можно увидеть по расположению полученных кривых линии зависимости извлечения B_2O_3 от температуры, наиболее оптимальной для извлечения оксида бора температурой показана $T=98^\circ\text{C}$ в течение 60-минутной фосфорнокислотной обработки, при этих параметрах достигается максимум извлечения оксида бора из предварительно подвергнутого термической обработке борного концентрата, составивший 88.9 процентов.

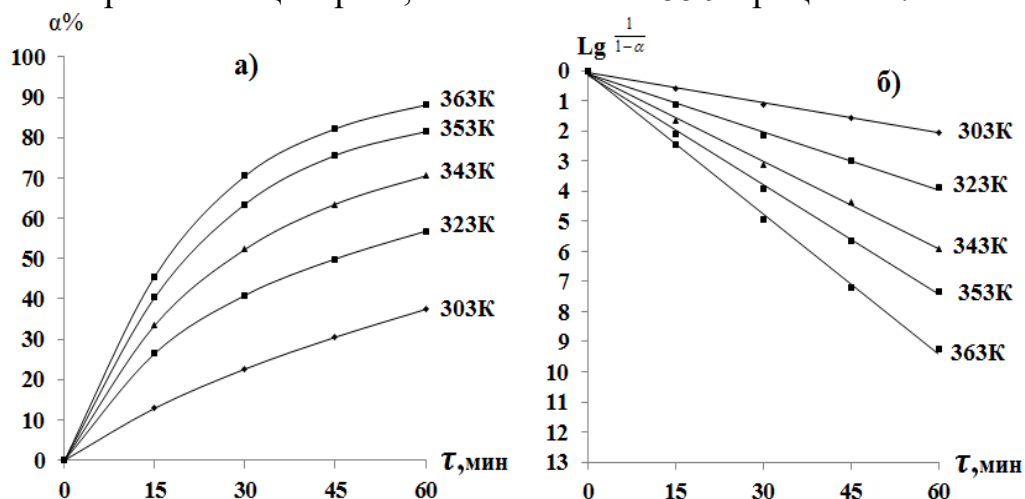


Рисунок 12. - Влияние продолжительности разложения (а) и зависимости значений $Lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от продолжительности разложения (б) на фосфорнокислотное разложение предварительно подвергнутого термической обработке борного концентрата

Для исследования кинетических параметров фосфорнокислотного разложения предварительно подвергнутого термической обработке борного концентрата и извлечения из концентрата B_2O_3 было необходимым фактором явилось вычисление для данного разложения величины (E) - энергии активации, которое осуществили с использованием уравнения Аррениуса.

Значение (E) было вычислено в процессе проведения опытов и составило 27.5 кДж/моль, что указывает на то, что данный процесс протекает

в диффузионной области. Величина (E) – это энергия активации, а область, в которой протекает данный процесс, была определена графическим методом после построения графика (рисунок 13), который отображал зависимость логарифма усреднённых констант скорости химической реакции от обратной температуры.

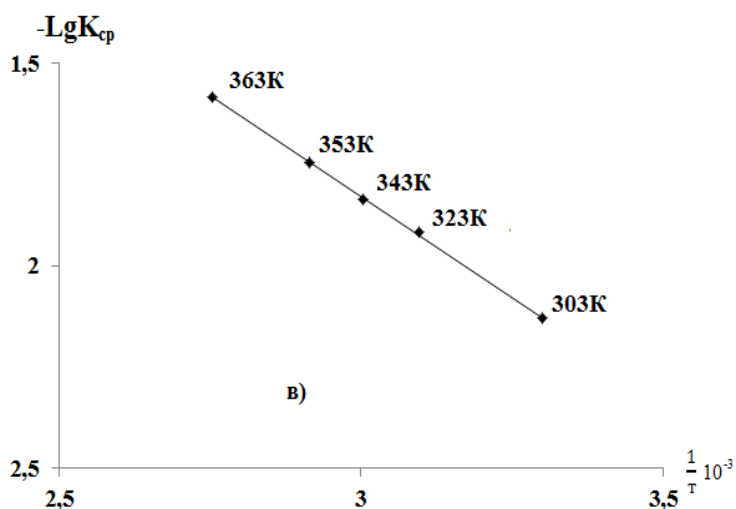


Рисунок 13. - Зависимость lgK_{cp} от $1/T \cdot 10^3$, характеризующая фосфорнокислотное разложение предварительно подвергнутого термической обработке борного концентрата

Обобщённая технологическая схема для переработки боросиликатного сырья фосфорной кислотой

После серии экспериментальных работ по разложению боросиликатного сырья с использованием H_3PO_4 была проведена разработка обобщённой технологии для фосфорнокислотной переработки данного вида сырья (рисунок 12).

Согласно предлагаемой технологии предлагается получение помимо основных целевых продуктов – оксидов бора и кальция также получение удобрений на основа бора, которые являются необходимыми для сельскохозяйственной отрасли страны, перспективными и востребованными при выращивание многих сельхозкультур, особенно зерновых.

Согласно разработанной технологии, предлагается боросиликатное сырьё предварительно подвергать термообработке (обжигу) в течение 60 минут при $950-980^\circ C$. Следующий шаг в технологическом решении предполагает дробление шихты после предварительного термообжига до фракций 0,1-0,3 мм, размолотую шихту обрабатывают 28-30% H_3PO_4 .

Далее пульпу последовательно обрабатывают сначала раствором аммиака, затем водой и проводят разделение твёрдой и жидкой фаз фильтрованием.

Следовательно, в жидкую фазу – фильтрат переходят такие соединения, как фосфатные соли кальция и аммония, а также борная кислота. Эти соединения выделяют из фильтрата кристаллизацией, затем

полученную твёрдую фазу и жидкую фазу разделяют между собой фильтрованием.

Твёрдая фаза затем высушивается с получением твёрдого сухого остатка, который представляет собой комплексное боросодержащее удобрение. Параллельно при разложении происходит образование кремнезёма. И в качестве строительного сырья можно использовать не растворившуюся массу, представляющую собой смесь минералов кварца, данбурита и кальцита.

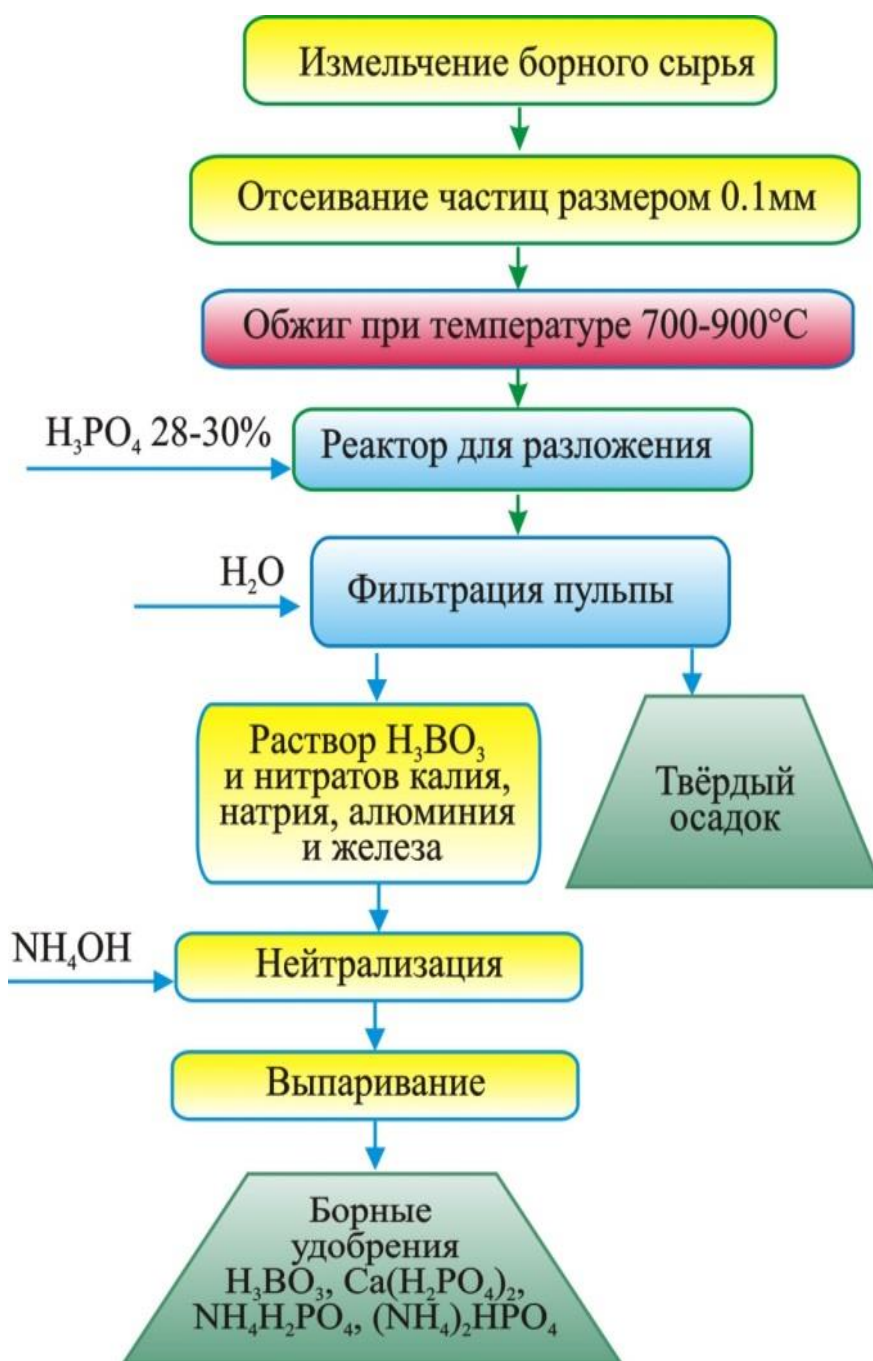


Рисунок 14. – Обобщённая упрощённая схема для фосфорнокислотного разложения боросиликатных материалов с получением борных удобрений, соединений кальция и бора

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сравнительная оценка разложения бор- и алюмосиликатных руд фосфорной кислотой

В данном диссертационном исследовании ставилась и решалась задача изучить и провести анализ специфичности переработки боросиликатных материалов месторождения Ак-Архар различными кислотами и разложения алюмосиликатов месторождения Чашма-Санг фосфорнокислотным способом.

В работе изучалось разложение алюмосиликатного сырья, которое было представлено аргиллитом, с использованием фосфорнокислотного способа разложения и получены оксиды Al_2O_3 и Fe_2O_3 (рисунок 15). Процесс изучен при различных параметрах и их вариациях: (а) температура разложения, (б) продолжительность разложения, (в) концентрация фосфорной кислоты, с целью определения оптимальных параметров для максимальных извлечений оксидов. Как видно из кривых линий рисунка 15, максимальные извлечения соответствуют температуре $T=100^{\circ}C$ и равны: по оксиду Al_2O_3 – 92%, по оксиду Fe_2O_3 – 48%.

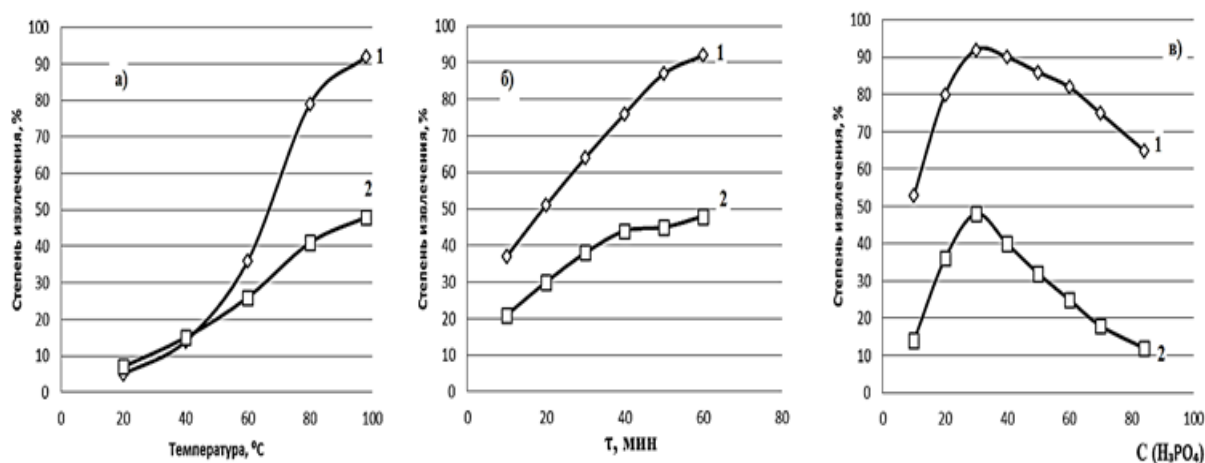


Рисунок 15. – Влияние температуры (а), времени разложения (б) и концентрации фосфорной кислоты (в) на извлечение Al_2O_3 (1) и Fe_2O_3 (2) из состава аргиллита при его фосфорнокислотном разложении

В работе также изучено разложение боросиликатного сырья, которое было представлено данбуритом с использованием фосфорнокислотного способа разложения и получены оксиды CaO и B_2O_3 (рисунок 16). Процесс изучен при различных параметрах и их вариациях: (а) температура разложения, (б) продолжительность разложения, (в) концентрация фосфорной кислоты, с целью определения оптимальных параметров для максимальных извлечений оксидов. Как видно из кривых линий рисунка 16, максимальные извлечения соответствуют температуре $T=100^{\circ}C$ и равны: по оксиду CaO – 85.6%, по оксиду B_2O_3 – 80.1%

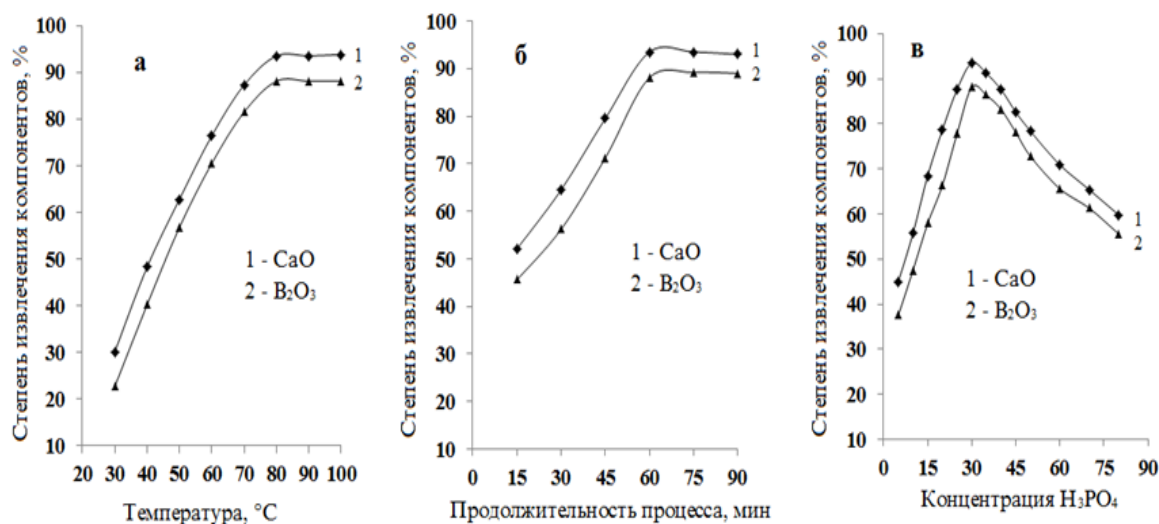


Рисунок 16. – Влияние температуры (а), времени разложения (б) и концентрации фосфорной кислоты (в) на извлечение CaO (1) и B_2O_3 (2) из состава данбурита при его фосфорнокислотном разложении

Таким образом, сделано заключение о возможности и перспективности применения H_3PO_4 для разложения как алюмосиликатного, так и боросиликатного сырья с высокими выходами оксидов. Фосфорная кислота – перспективный и достаточно дешёвый и доступный реагент, и в процессе разложения получают широкий спектр ценных продуктов, включая фосфорные удобрения.

ВЫВОДЫ

1. Методами химанализа, методами РФА и ДТА проведено установление химико-минералогических составов боросиликатных материалов месторождения **Ак – Архар** и рассолов озера Сасык-Куль Таджикистана с изучением их физико-химических характеристик [3-А, 11-А, 13-А, 18-А].

2. Осуществлён термодинамический анализ возможности протекания ряда химических реакций при обработке боросиликатного сырья Таджикистана ортофосфорной кислотой. Анализ показал возможность протекания реакций почти всех минералов состава боросиликатного сырья выщелачиванием ортофосфорной кислотой в исследуемом интервале температур [2-А, 4-А, 5-М, 6-М, 12-М].

3. Определены оптимальные условия экстракции борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль одноатомными спиртами (гексаноном и октанолом). Наиболее эффективными условиями являются: соотношение экстрагент/рассол = 1:1, рН среды 1-2, продолжительность процесса экстракции 75 мин. С соблюдением указанных оптимальных параметров извлечение борной кислоты (H_3BO_3) составляет 85% [8-А, 16-А, 17-М, 19-А, 20-А].

4. Определены оптимальные условия выделения борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль изобутиловым спиртом и трибутилфосфатом. Наиболее эффективными условиями являются: соотношение экстрагент/рассол = 1:1, pH среды 1-2, продолжительность процесса экстракции 60 мин. С соблюдением указанных оптимальных параметров извлечение борной кислоты (H_3BO_3) изобутиловым спиртом составляет 210 мг/л, трибутилфосфатом – 198 мг/л [3-А, 17-А].

5. Исследован процесс кислотного разложения исходного предварительно термически обработанного боросиликатного сырья и его концентрата с использованием H_3PO_4 , а также определены оптимальные параметры фосфорнокислотного разложения: кислотное разложение в течение 60 минут при 80°C, с концентрацией H_3PO_4 25-30%, с выходом оксида бора из исходного сырья 80.1% из концентрата 86.7% [2-А, 4-А, 14-А, 15-А].

6. Исследованы кинетические характеристики кислотного разложения предварительно термообработанного концентрата боросиликатного сырья с использованием H_3PO_4 . В соответствии с вычисленным значением энергии активации данного процесса (27.6 кДж/моль) определено, что процесс протекает в диффузионной области [1-А, 7-А, 14-А].

7. Разработана обобщённая технологическая схема переработки боросиликатного сырья Ак-Архар с использованием H_3PO_4 , где в качестве конечных продуктов получены борные удобрения. В схему включены следующие технологические этапы: предварительная термическая обработка (обжиг) сырья при 950°C, дробление, разложение фосфорной кислотой, нейтрализация, разделение твёрдой и жидкой фаз фильтрованием, кристаллизация конечных соединений [9-А, 10-А, 15-А, 18-А, 21-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов:

- разработанные технологические процедуры по экстракции борной кислоты (H_3BO_3) из рассолов озера Сасык-Куль Таджикистана рекомендованы к использованию для получения борной кислоты из природных рассолов;

- рекомендовано разложение боросиликатного сырья с использованием H_3PO_4 для извлечения из него борной кислоты (H_3BO_3) и фосфорных соединений - фосфатов аммония и кальция, используемых в сельскохозяйственной отрасли, как комплексные удобрения.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

[1-А]. Акрамзода, Р. Дж. Кинетика процесса фосфорнокислотного разложения обожжённого концентрата боросиликатной руды / Дж. Д. Джураев, А. С. Курбонов, Р. Дж. Акрамзода, У. М. Мирсаидов // Известия

АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2020. - № 3 (180). - С. 113-117.

[2-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Сравнительная оценка термодинамических характеристик разложения боросиликатных руд минеральными кислотами и уксусной кислотой / А. С. Курбонов, М. М. Тагоев, Р. Дж. Акрамзода, А. П. Тагаев, У. М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. - 2021. - Т. 64. - № 5-6. - С. 314-17.

[3-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Экстракция борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана изобутиловым спиртом и трибутилфосфатом / Р. Дж. Акрамзода, А. С. Курбонов, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. - 2021. - Т. 64. - № 9-10. - С. 542-546.

[4-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Термодинамические процессы разложения боросиликатных руд Таджикистана / Р. Дж. Акрамзода // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2022. - № 3 (188). - С. 119-124.

[5-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Термодинамический анализ реакций, протекающих при совместном спекании бор- и алюмосиликатных руд Таджикистана с сульфатом натрия / А. С. Давлатов, Р. Дж. Акрамзода, М. М. Тагоев, Ш. Б. Назаров, А. П. Тагаев // Доклады НАН Таджикистана. - 2022. - Т. 65. - № 7-8. - С. 518-522.

[6-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Термодинамические характеристики процессов разложения борного сырья путём активации с NaOH и CaCl₂ / Р. Дж. Акрамзода, Ф. А. Назаров, М. М. Тагоев, А. С. Курбонов, А. С. Давлатов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2022. - № 4 (189). - С. 97-104.

[7-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Кинетика разложения боросиликатных руд Таджикистана минеральными кислотами / А. С. Курбонов, А. П. Тагаев, Р. Дж. Акрамзода, А. С. Давлатов, М. М. Тагоев // Доклады НАН Таджикистана. - 2022. - Т. 65. - № 9-10. - С. 647-652.

[8-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Экстракция борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана с одноатомными алифатическими спиртами / А. С. Курбонов, Д. О. Давлатов, Сумани Неъматулло, Р. Дж. Акрамзода, К. О. Бобоев // Вестник Бохтарского государственного университета имени Н. Хусрава. - 2023. - № 2/3 (113). - С. 83.

Публикации в материалах научных конференций:

[9-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Разработка технологии извлечения глинозёма из алюмосиликатных руд Таджикистана / Ш. О. Аъзамов, Н. М. Джамолов, Д. Х. Мирзоев, Р. Дж. Акрамзода, У. М. Мирсаидов // Республиканская научно-практическая конференция « Инновационное развитие науки» с участием международных организации. - Душанбе, 2020. - С. 13-15.

[10-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Технологические аспекты переработки алюмосиликатных руд серной кислотой / Ш. Д. Отаев, Д. Х. Мирзоев, Р. Дж. Акрамзода, Н. М. Джамолов, У. М. Мирсаидов // Республиканская научно-

практическая конференция « Инновационное развитие науки» с участием международных организаций. - Душанбе, 2020. - С. 121-123.

[11-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Получение и свойства боросиликатного стекла / А. С. Курбонов, Б. Б. Баротов, Р. Дж. Акрамзода, Ш. Б. Назаров, У. М. Мирсаидов // II Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы химии, применение и их перспективы». – Душанбе, Таджикский национальный университет, 2021. - С. 312-314.

[12-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Термодинамические характеристики протекающих реакций при спекании боросиликатных руд с NaOH / Ф. А. Назаров, А. С. Курбонов, М. М. Тагоев, Х. Э. Пулатов, Р. Дж. Акрамзода // XVI Нумановские чтения «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан». – Душанбе, 2021. - С. 36-39.

[13-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Оценка разложения борного и глинозёмсодержащего сырья азотной кислотой / А. М. Каюмов, С. Д. Махмаднабиев, Р. Дж. Акрамзода, Д. Х. Мирзоев, У. М. Мирсаидов // XVI Нумановские чтения «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан». – Душанбе, 2021. - С. 42-45.

[14-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Сравнительная оценка разложения бор- и алюмосиликатных руд фосфорной кислотой / А. С. Курбонов, Дж. Х. Джураев, Н. М. Джамолов, А. М. Каюмов, Р. Дж. Акрамзода // XVI Нумановские чтения «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан». – Душанбе, 2021. - С. 53-56.

[15-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Разложения бор- и алюмосиликатных руд фосфорной кислотой / А. С. Курбонов, Дж. Х. Джураев, Н. М. Джамолов, Р. Дж. Акрамзода, С. М. Ходжаев // Республиканская научно-практическая конференция «Современные проблемы развития природоведческих (естественных) наук: перспективы дальнейшего развития». – Бохтар, 2021. - С. 18-20.

[16-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Экстракция борной кислоты медицинского назначения из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана с одноатомными алифатическими спиртами / Ё. Кудратуллоев, Р. Ёрматов, Р. Дж. Акрамзода // Республиканская научно-практическая конференция (III-годовая) «Актуальные вопросы современной медицины: проблемы и их решение». – Дангара, ГОУ «Хатлонский государственный медицинский университет», 2022. - С. 408-409.

[17-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Комплексная переработка рапы озера Сасык-Куль Таджикистана / И. Мирсаидзода., А. С. Курбонов, Р. Дж. Акрамзода, Б. Б. Баротов, А. С. Давлатов // Республиканская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа». – Душанбе, 2023. - С. 24-28.

[18-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Переработка боросиликатных руд Ак-Архарского месторождения Таджикистана смесью ортофосфорной и азотной кислот / Р. Акрамзода., М.К. Кувватова., Ш.У. Олимова, Д.О. Давлатов., А.С. Курбонов // Республиканская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа». – Душанбе, 2023. - С. 130-132.

[19-А]. **Акрамзода, Р. Дж.** Экстракция борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана с одноатомными алифатическими спиртами / А. С. Давлатов, Дж. Солиев, Ё. Кудратуллоев, Р. Ёрматов, Р. Дж. Акрамзода // Республиканская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа». – Душанбе, 2023. - С. 139-140.

[20-А]. **Акрамзода Р.Дж.** Экстракция борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана с одноатомными алифатическими спиртами / А. С. Давлатов, Дж. Солиев, Ё. Кудратуллоев, Р. Ёрматов, Р. Дж. Акрамзода / Маҷмуаи маводҳо хонишҳои XVIII Нӯзмонӣ «Рушди кимиёи муосир ва ҷанбаҳои назариявӣ ва амалии онҳо». – Душанбе, 2023. - С. 21-23.

Патенты и изобретения:

[21-А]. Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1405. Способ получения борной кислоты медицинского назначения / Р. Дж. Акрамзода, А. С. Курбонов, А. С. Давлатов, М. М. Тагоев, Р. Дж. Акрамзода, Х. Э. Пулотов, А. П. Тагаев, У. М. Мирсаидов. – 2022.

**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
ИНСТИТУТИ КИМИЁИ ба номи В.И. НИКИТИН**

Бо ҳуқуқи дастнавис



ВБД: 546.18 (575.3)

ТБК: 24.125 (2 тоҷ.)

А-38

АКРАМЗОДА Рустами Ҷурахон

**АСОСҲОИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ КОРКАРДИ МАВОДИ БОРДОРИ
ТОҶИКИСТОН БО РЕАГЕНТҲОИ ОРГАНИКӢ
ВА КИСЛОТАИ ФОСФАТ**

АВТОРЕФЕРАТИ

**диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии
доктори фалсафа (PhD), доктор аз рӯйи ихтисоси
6D060600 – Химия (6D060601 – Химияи ғайриорганикӣ)
(илмҳои техникӣ)**

Душанбе – 2025

Кори диссертатсионӣ дар озмоишгоҳи «Коркарди комплекси ашёи минералӣ ва партовҳои саноатӣ»-и Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон иҷро карда шудааст.

Роҳбар илмӣ:

Қурбонов Амиршо Соҳибназарович - доктори илмҳои химия, директори филиали Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон (АМИТ), дар вилояти Хатлон

Муқарризони расмӣ:

Ғайбуллоева Зумрат Хабибовна – доктори илмҳои техникаӣ, профессор, мудири филиали кафедраи “Технологияи равандҳои истеҳсолӣ” Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ дар корхонаи ҚСҚ “АЗОТ”

Шаймурадов Фирдавс Иноятович – номзади илмҳои техникаӣ, ходими пешбари илмии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Муассисаи пешбар:

МД “Пажӯҳишгоҳи илмӣ таҳқиқоти металлургия” – и ҚСҚ “Ширкати Алюминийи Тоҷик”

Ҳимояи диссертатсия санаи «11» август соли 2025, соати 9⁰⁰ дар ҷаласи шурои диссертасионии муштараки 6D.КОА-042 назди Институти химияи ба номи В.И. Никитин АМИТ ва Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии АМИТ баргузор мегардад. Суроға: 734063, ш. Душанбе, кӯчаи. Айни, 299/2. E-mail: f.khamidov@cbrn.tj, тел.:+992934366463.

Бо матни диссертатсия дар китобхонаи илмии Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон ва дар сомонаи www.chemistry.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи « » соли 2025 фиристода шуд.

Котиби шурои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникаӣ



Ҳамидов Ф.А.

САРСУХАН

Мубрамият ва зарурати гузаронидани таҳқиқот. Дар рисолаи тадқиқоти мазкур масъалаҳое баррасӣ мешаванд, ки ба ҷудокунии маводҳои бордошта аз ашёи бордор ва аз намақоби кӯли Сасиқ-кӯли Тоҷикистон бо усули экстракционӣ бо реагентҳои органикӣ ва таҷзия намудани ашёи бордор бо кислотаи фосфат бахшида шудааст.

Зарурати гузаронидани таҳқиқот бо зарурияти ба даст овардани пайвастаҳои мухталифи бор ва маводи бордор аз ашёи маҳаллӣ, ки ба онҳо соҳаҳои гуногуни хоҷагии халқӣ мамлакат ниёз дорад, муайян карда мешавад.

Дар Институти химия ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон таҳқиқоти умедбахш гузаронида мешаванд, ки ба таҳияи технологияҳои самараноки коркарди ашёи хоми боросиликатӣ бо истифодаи усулҳои хлор ва кислота (бар асоси кислотаҳои ғайриорганикӣ) равона гардидаанд. Ақтуалии ин самтҳо бо мавҷудияти ҳаҷмҳои зиёди хлори истифодашуда дар кишвар ва инчунин бо рушди банақшагирифтаи пойгоҳи истеҳсолии истеҳсоли кислотаҳои минералӣ вобаста аст, ки шароити мусоид барои ҷорӣ намудани ин технологияҳо ба амалияи саноатӣ фароҳам меорад.

Пайвастаҳои бордор (боратҳо) дорои доираи васеи истифода дар соҳаҳои гуногуни саноат ва кишоварзӣ мебошанд. Самтҳои муҳимтарини истифодаи онҳо саноати шишасозӣ (аз ҷумла истеҳсоли шиша, нахҳои шишагӣ, сирдорҳо, эмалҳо ва дигар маводҳои шишамонанд) ва инчунин истеҳсоли маводҳои шустани ва сафедкунанда ба ҳисоб мераванд.

Пайвастаҳои бор дар истеҳсоли маводҳои тобовар ба оташ, аз ҷумла қоғазӣ оташногузар, маводҳои сохтмонӣ, матоъҳо ва дигар маҳсулоти асоси целлюлозадошта истифода мешаванд. Хусусан, борати аммоний ва бура ба таркиби антипиренҳо дохил мешаванд, ки дар истеҳсоли пенопластҳо, тахтаҳои нахи ҷӯбӣ (ДСП), инчунин барои коркарди муҳофизатии маснуоти ҷӯбӣ ва матоъҳо аз оташ истифода мегарданд. Илова бар ин, бура дар таркиби маҳлулҳои зиддисӯхторӣ, ки барои ҳомӯш кардани сӯхтор истифода мешаванд, ба кор меравад.

Бор ҳамчунин дар агрономия нақши муҳимро иҷро мекунад, зеро ҳамчун микроэлемент барои рушди пурраи растаниҳо зарур мебошад. Он барои аксари зироатҳои мевадиханда, хӯрокӣ, рағандех ва техникӣ аҳамияти ҳаётан муҳим дорад. Норасоии бор дар ҳок боиси суст шудани афзоиши массаи сабз дар беда, бедаи сурх ва ҷуворимакка, коҳиши арзиши ғизоии чормағзи заминӣ, пастшавии ҳосили лаблабуи қанд ва зағир мегардад, инчунин ба ташаккули босуръати қабати пӯсти кандашуда дар танаи себу нок оварда мерасонад. Ғайр аз ин, бор ба баланд шудани тобоварии бисёр зироатҳои сабзавотӣ ва мевагӣ, аз ҷумла помидор, ба сармо мусоидат мекунад.

Анҷом додани таҳқиқоте, ки ба омӯзиши асосҳои физикӣ-химиявии коркарди маводи бордор бо кислотаи фосфат ва реагентҳои органикӣ равона карда шудааст, масъалаи муҳим мебошад. Ин имкон медиҳад, ки маҳсулоти

арзишдор ба монанди танакор (бура), кислотаи борат, спирти дорои кислотаи борат, микронурӣ ва нуриҳои комплекси фосфатӣ ба даст оварда шаванд.

Дараҷаи омӯзиши масъалаи илмӣ. Қаблан дар корҳои кормандони илмии Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон бо усулҳои кислотагӣ ва хлорронӣ таҷзияи маъданҳои бордори кони Ак-Архар таҳқиқ карда шудааст. Асосан ин корҳо ба омӯзиши коркарди комплекси ашӯи боросиликати Тоҷикистон бахшида шудаанд. Аммо омӯзиши ҷудокунии маҳсулоти бордор аз намакоби кӯли Сасиқ-кӯл ва таҷзия намудани маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи фосфат дар адабиёт оварда нашудааст.

Робитаи кори илмӣ бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзӯҳои илмӣ. Таҳқиқоти диссертасионӣ дар озмоишгоҳи “Коркарди ашӯи минералӣ ва партовҳои саноатӣ”-и Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон, дар асоси ду лоиҳа: «Коркарди усулҳои селективии таҷзияи баландҳароратии маъданҳои бор- ва алюминийдори Тоҷикистон» - рақами Қайди давлатиаш 0116 ТҶ 00541 ва «Асосҳои физикӣ-химиявӣ ва технологияи ҳосилкунии пайвастаҳои бор, алюминий, нуриҳои минералӣ, коагулянтҳо, маводи фарфорӣ ва сохтмонӣ» - рақами Қайди давлатиаш 0121 ТҶ 1147 иҷро карда шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ КОР

Мақсади таҳқиқот дар ин кор ба даст овардани пайвастаҳои пурқиммат ва серталаб аз маводи гуногуни бордор (намакоби кӯли Сасиқ-кӯл ва намудҳои алоҳидаи ашӯи боросиликатӣ), бо роҳи таҷрибавӣ ошкор намудани меъёрҳои муносиби коркарди маводи нишондодашуда, ки дар онҳо имконияти ҷудокунии максималии моддаҳои арзишдор мавҷуд аст, омӯзиши тавсифоти термодинамикӣ ва кинетикии гузариши равандҳои таҷзия шудан ва ҷустуҷӯи самтҳои мақсадноки коркарди ашӯи зикршуда ба ҳисоб меравад.

Вазифаҳои таҳқиқот:

- таҳқиқи тавсифоти маводҳои бордор;
- омӯзиши термодинамикаи таҷзияи маводи бордор ва дар асоси он пешниҳод кардани баҳои термодинамикӣ ба ин раванд;
- таҳқиқи коркарди фосфатии маводи бордор бо мақсади ошкор намудани меъёрҳои муносиби (оптималии) коркарди маводи мазкур;
- омӯختани таҷзияи маводи бордор аз нуктаи назари гузариши равандҳои кинетикӣ ва ба даст овардани тавсифоти кинетикӣ;
- кор карда баромадани равандҳои дарёфти маводҳои гуногун, ки дар таркибашон элементи бор дорад;
- мавриди таҳқиқ қарор додани асосҳои технологияи коркардаи фосфатии маводи бордор.

Объекти таҳқиқот маводи бордор - маъдани бордор ва намакоби кӯли Сасиқ-кӯл бо мақсади ҳосил кардани маҳсулоти арзишдор мебошад.

Мавзӯи (предмети) таҳқиқот – барои ҳосил намудани оксиди бор ва перборати натрий, коркард намудани маводи бордор, ки дар таркибашон

миқдори зарурии бор дорад. Кор карда баромадани усулҳои самараноки ба даст овардани ин моддаҳо.

Усулҳои таҳқиқот. Таҳқиқи физикӣ-химиявии ашё ва маҳсулоти коркардшуда бо тариқаҳои муосири таҳлил – ТРФ, ТХД ва спектрометрия анҷом дода шуд. Дар ин кор усулҳои мутараққии таҳлили химиявӣ истифода шуданд: таҳлили атомӣ-адсорбсионӣ, фотометрияи аланга, таҳлили спектралӣ (спектроскан), тарозуи (баланси) моддӣ (материалӣ) ҳисоб карда шуд. Ба равандҳои коркарди ашё бо кислотаи фосфат баҳои термодинамикӣ дода шуд.

Соҳаи таҳқиқот ба масъалаҳои маводи бордор, ки дар онҳо вазифаҳо аз рӯи ихтисоси «Химияи ғайриорганикӣ» (илмҳои техникӣ) таҳқиқ мешаванд, мансуб мебошад.

Дар мувофиқа бо шиносномаи ихтисоси «Химияи ғайриорганикӣ» (илмҳои техникӣ), дар ин кор қонуниятҳои умумии гузариши реаксияҳои химиявӣ, масъалаҳои асосии термодинамикаи химиявӣ ҳамчун як фасли химияи ғайриорганикӣ оид ба табодули энергия зимни ба амал омадани реаксияҳои химиявӣ баррасӣ карда мешавад. Ҷудокунии маҳсулоти қиматдор аз намакобҳо ва ашёи минералӣ бо коркарди нақшаҳои технологӣ таҳқиқ карда мешавад. Тариқаҳои химияи физикӣ (ТРФ, ТХД ва ғайра) дар химияи ғайриорганикӣ дида баромада мешаванд.

Марҳилаҳои таҳқиқот омӯзиши сарчашмаҳои адабиёт, баҳодиҳии термодинамикии маъданҳои бордори Тоҷикистон, коркарди усулҳои таҳлил, гузаронидани таҷрибаҳо оид ба коркарди маводи бордор бо усули экстраксия ва таҷзиякунӣ бо кислотаро фарогир мебошад. Нақшаҳои ҷамъбастшудаи технологӣ барои коркарди маводи бордор ва намакобҳо, ки дар таркибашон бор доранд, тайёр карда шуданд.

Пойгоҳи асосии иттилоотию таҷрибавӣ ҷустуҷӯи мақолаҳои илмиро мувофиқи мавзӯҳои монанд дар маҷаллаҳои илмӣ тавассути системаҳои иттилоотии байналхалқӣ дар бар мегирад. Таваҷҷуҳи махсус ба адабиёти илмӣ электронӣ ва истифодаи шабакаҳои компютерӣ дода шудааст. Қори илмӣ асосан дар пойгоҳи озмоишгоҳи “Коркарди ашёи минералӣ ва партовҳои саноатӣ”-и Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон анҷом дода шудааст. Бо ёрии пойгоҳи муосири таҷрибавии Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон таҳқиқи маъданҳои омӯхташаванда гузаронида шуда, тавсифоти физикӣ-химиявии маводи бордор мавриди омӯзиш қарор дода шуд. Таҳлилҳои рентгенофазавӣ (ТРФ) ва ҳароратии дифференциалӣ (ТХД) дар Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон бо истифодаи таҷҳизоти ҳозиразамон гузаронида шуданд. Кор карда баромадани усулҳои самарноки коркарди ашёи бордор анҷом дода шуд.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқот. Як қатор усулҳои қабулшудаи таҷзияи маводи бордор ба монанди тариқаҳои кислотагӣ ва экстраксия намудан бо ёрии ҳалқунандаҳои органикӣ таҳқиқ карда ва муайянкунии механизмҳо анҷом дода шуд, ки аз рӯи онҳо коркарди ашёи баррасишавандаи бордор бо

усулҳои муосири такмилдодашуда ба роҳ монда шуд. Технологияҳои ҷамъбасткардашуда бо мақсади коркарди намудҳои нишондодашудаи маводи бордор кор карда баромада шуд.

Аҳамияти назариявии таҳқиқот. Аҳамияти назариявии кор – ин ошкор намудани механизмҳои таҷзияи кислотагӣ ва экстраксия кардани бор аз маводи бордор, баҳодиҳии термодинамикии равандҳои гузарандаи таҷзияи кислотагӣ мебошад.

Аҳамияти амалии таҳқиқот аз он иборат аст, ки аз рӯйи натиҷаҳои таҳқиқоти диссертатсионӣ нақшаҳои технологияи равандҳои кокради маводи бордори Тоҷикистон бо усулҳои кислотагӣ ва экстраксия, ки онҳо тариқаҳои комплексӣ ва кампартов мебошанд, пешниҳод карда шуданд. Нақшаҳои технологияи коркардшудаи равандҳои татбиқкунӣ имконият доданд, ки самараҳои муайяни иқтисодӣ ба даст оварда шаванд.

Нуктаҳои асосии ҷимояшавандаи диссертатсия:

- натиҷаҳои таҳқиқот оид ба маводи бордор, аз ҷумла, маҳсулоте, ки пас аз таҷзиякунии онҳо бо усулҳои химиявӣ-минералогӣ ва физикӣ ба даст оварда шуданд;

- термодинамикаи таҷзиякунии маводи бордор ва дар асоси он ба ин раванд додани баҳои термодинамикӣ;

- натиҷаҳои коркарди фосфатии маводи бордор бо мақсади муайян намудани меъёрҳои муносиби (оптималии) ин тарзи коркардкунӣ;

- натиҷаҳои коркарди намакобҳои бордор бо усули экстраксия ва муносиб намудани раванд бо истифодаи реагентҳои гуногуни органикӣ;

- меъёрҳои муносиби таҷзия кардани маводи бордор бо истифодаи кислотаҳои мухталиф (ҳарорати муносиб, давомнокии раванди таҷзиякунӣ ва таносуби моддаҳо (маводи бордор/реагентҳо));

- натиҷаҳои таҳқиқи таҷзияи маводи бордор аз нуктаи назари гузариши равандҳои кинетикӣ ва дарёфти тавсифоти (характеристикаҳои) кинетикӣ;

- коркарди нақшаҳои технологияи лабораторӣ-нимасаноатӣ бо усулҳои кислотагӣ ва экстраксия бо роҳи муносиб намудани раванд бо истифодаи реагентҳои органикӣ аз маводи бордор ҳосилкунии пайвастаҳои бор.

Эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсия бо тариқаҳои назоратшавандаи таҳлили физикӣ-химиявӣ, таҳлили химиявии якҷанд намуна ва гузаронидани таҷрибаҳои мувозӣ (праллелӣ) тасдиқ карда шуд.

Шиносномаи ихтисоси илмӣ. Диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси 6D060601 – Химияи ғайриорганикӣ аз рӯйи нуктаҳои зерин мувофиқат мекунад:

- нуктаи 1-ум – асосҳои бунёдии (фундаменталии) ба даст овардани объектҳои таҳқиқот ва маводҳо дар асоси онҳо (таҳқиқи таркиб ва хосиятҳои маъданҳои бордор ва намакоби кӯли Сасиқ-кӯл);

- нуктаи 2-юм – синтези павастаҳои нави ғайриорганикӣ ва моддаҳои махсусан тоза бо хосиятҳои додашуда (ҳосилкунии метаборати натрий, кислотаи борат, спирти борат);

-нуктаи 4-ум – қобилияти реаксионии моддаҳои ғайриорганикӣ дар ҳолатҳои гуногуни агрегатӣ ва шароитҳои экстремалӣ (таҳлили ҳароратӣ, термодинамикӣ ва кинетикии равандҳо);

-нуктаи 5-ум – робитаи байни таркиб, сохт ва хосиятҳои пайвастаҳои ғайриорганикӣ. Маводҳои наноструктурии ғайриорганикӣ (асосҳои илмӣ ва технологияи коркарди маводҳои ғайриорганикӣ).

Саҳми шахсии доктара аз гузоштани масъалаҳои таҳқиқот, таҳлил намудани манбаъҳои адабиёт доир ба мавзуи диссертатсия, муайянкунии усулҳои ҳалли масъалаҳои гузошташуда, гузаронидани таҳқиқоти таҷрибавӣ ва коркард намудани маълумоти гирифташудаи таҷрибавӣ иборат аст.

Тасвир ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Маводи кори диссертатсионӣ дар конференсияҳои зерин маъруза ва муҳокима карда шуд:

Конференсияи илмӣ-амалии “Рушди инноватсионии илм” (Душанбе, АМИТ, 2020); конференсияи II байналхалқии илмӣ-амалии “Масъалаҳои муосири химия, истифодабарӣ ва имкониятҳои онҳо”, бахшида ба 60-солагии кафедраи химияи органикӣ ва гиромидошти хотираи д.и.х., проф. Ш.Х. Холиқов (Душанбе, 2021); Хониши XVI Нуъмоновии “Дастоварди илми химия дар 30 соли Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон”, бахшида ба 75-солагии Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ ва 40-солагии озмоишгоҳи “Маводи ба коррозия усутвор” (Душанбе, 2021); конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалии “Масъалаҳои муосири рушди илмҳои табиатшиносӣ: ояндабинӣ ва рушди минбаъда”, бахшида ба 30-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 20-солаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқи ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф (Бохтар, Тоҷикистон, 2021); конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалии (соли III) МДТ «Донишгоҳи давлатии тиббии Хатлон», бахшида ба 30-солагии иҷлосияи XVI Шурои Олии Ҷумҳурии Тоҷикистон (Данғара, Тоҷикистон, 2022); Хонишҳои XVIII Нуъмоновии “Рушди химияи муосир: ҷанбаҳои назариявӣ ва амалӣ” (Душанбе, 2023).

Интишорот аз рӯйи мавзуи диссертатсия. Аз рӯйи мавзуи диссертатсия 21 мавод, аз ҷумла, 8 мақола дар маҷаллаҳои илмӣ тақризшавандаи КОА-и назди Президенти ҚТ, 12 фишурдаи мақола дар маводи конференсияҳои байналхалқӣ ва ҷумҳуриявӣ нашр карда шуда, 1 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Кори диссертатсионӣ аз сарсухан, 4 боб, аз ҷумла баррасии натиҷаҳои таҳқиқот иборат буда, дар ҳаҷми 138 саҳифаи чопи компютерӣ таҳия шуда, 28 ҷадвал, 31 расм, инчунин рӯйхати библиографии адабиёт бо 121 номгӯйро дар бар мегирад.

МУНДАРИҶАИ АСОСИИ КОР

Дар сарсухан мубрами мавзӯ, аниқ кардани мақсад ва вазифаҳои кори диссертатсионӣ, инъикоси аҳамияти илмӣ ва амалии он оварда шудаанд.

Дар боби якум маълумоти мавҷудбуда оид ба тавсифоти термодинамикии равандҳои таҷзияи ашёи алюмосиликатӣ ва боросиликатӣ бо реагентҳои гуногун баррасӣ карда шуд. Ғайр аз тавсифоти термодинамикии таҷзияи ашёи таҳқиқишаванда, дар ин боб маълумоти адабиёт дар бораи таҷзияи ашёи боросиликатӣ ва алюмосиликатӣ бо усули кислотагӣ ва бо хлор, инчунин усули ғудохтакунӣ бо баъзе активаторҳо-реагентҳо оварда шудааст.

Дар боби дуюм техникаи кор бо ашёи боросиликатӣ ва методикаи гузаронидани таҳлилҳои химиявӣ ва физикӣ-химиявӣ оварда шудаанд. Бо тариқаҳои таҳлили химиявӣ ва ТРФ таркиби химиявӣ ва минералогии маъданҳои боросиликатӣ муайян ва бо ёрии ТХД (таҳлили ҳароратии дифференсиалӣ) тағйироти зимни коркарди ҳароратӣ дар таркиби маъдан баамалоянда ошкор карда шуд. Натиҷаҳои баҳодиҳии термодинамикии таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи ортофосфат оварда ва ба таҷзияи ашёи боросиликатӣ бо кислотаҳои гуногуни минералӣ баҳои қиёсии термодинамикӣ дода шуд.

Дар боби сеюм натиҷаҳои таҳқиқи ҷудокунии кислотаи борат аз таркиби намақоби кӯли Сасиқ-кӯл бо реагентҳои мухталифи органикӣ ва таҷзияи ашёи бордор бо кислотаи фосфат пешниҳод шудаанд. Нақшаҳои принципалии технологияи экстраксия намудани кислотаи борат аз намақобҳои кӯли Сасиқ-кӯл бо реагентҳои органикӣ ва таҷзияи фосфатии маъданҳои боросиликатӣ кор карда баромада ва кинетикаи раванди таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи ортофосфат омӯхта шуд.

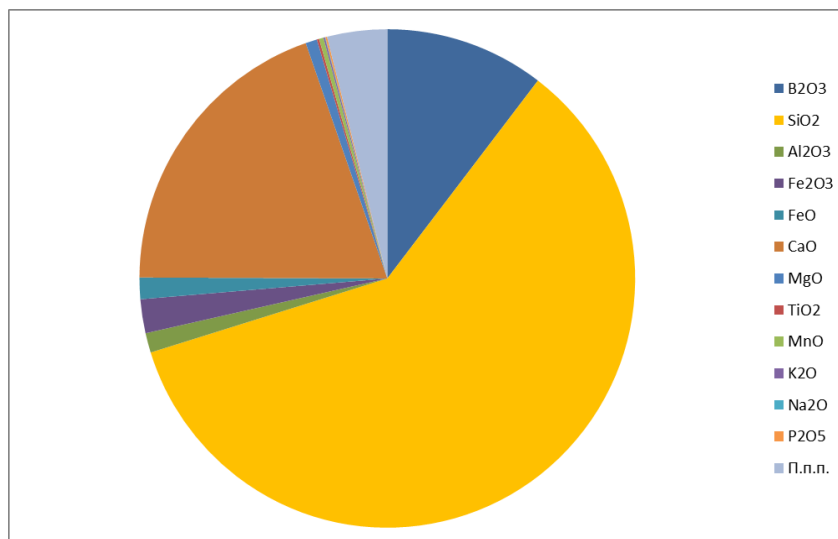
Дар боби чорум қисмати хотимавии кор оварда шудааст, ки дар он моҳияти натиҷаҳои гирифташуда шарҳ дода шудааст, муқоисаи онҳо бо таҳқиқоти дигар, маҳдудиятҳо нишон дода шудааст ва самтҳо барои тадқиқоти минбаъда пешниҳод карда шудааст.

ТАВСИФИ МАЪДАНҲОИ БОРОСИЛИКАТИИ КОНИ АК-АРХАР, МЕТОДИКАИ ГУЗАРОНИДАНИ ТАҶРИБА, ТАҲЛИЛИ ХИМИЯВӢ

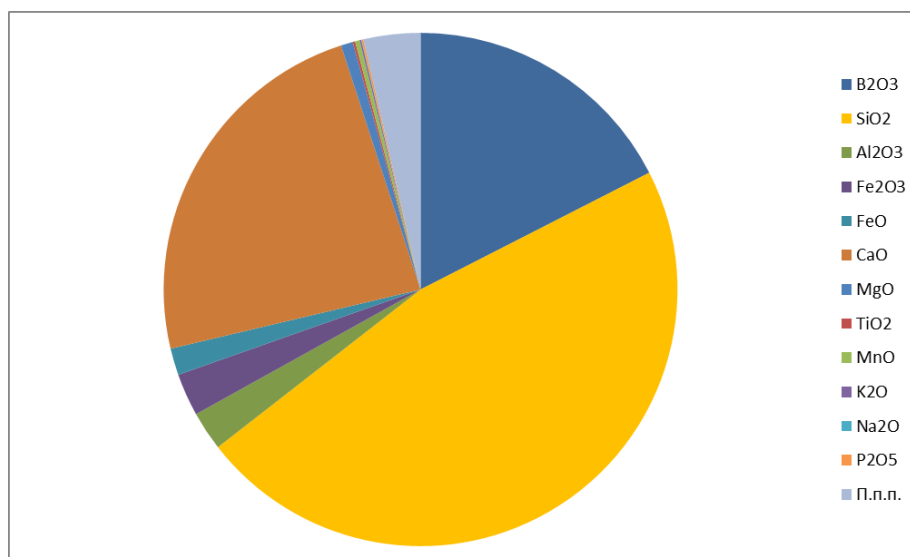
Тавсифи маъданҳои бордор

Ашъи хоми боросиликати кони Ак-Архар бо миқдори зиёди диоксида кремний (SiO_2) фарқ мекунад, ки тақрибан 60% аз ҳаҷми умумии ҷузъҳои минералиро ташкил медиҳад (ниг. диаграмма дар расми 1).

Таркиби химиявӣ ҳамчунин барои концентрати ашъи хоми боросиликатӣ таҳлил гардид, ки дар он миқдори ангидриди кислотаи бор (B_2O_3) тақрибан ба 20,0% мерасад (ниг. диаграмма дар расми 2).



Расми 1. - Таркиби химиявии маводи (ашъи) боросиликати кони Ак-Архар

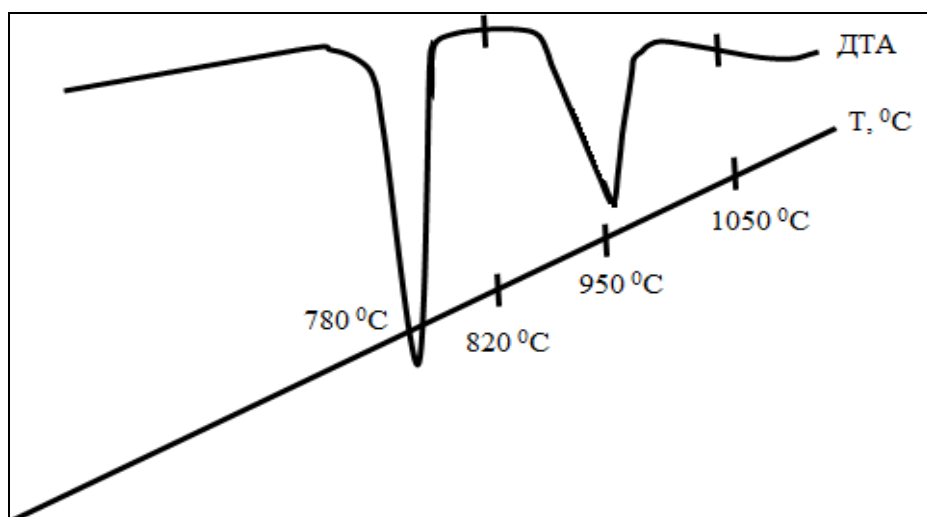


Расми 2. - Таркиби химиявии концентрати маводи (ашъи) боросиликати кони Ак-Архар

Таҳлили ҳароратии дифференсиалии (ТХД) ашъи боросиликатӣ

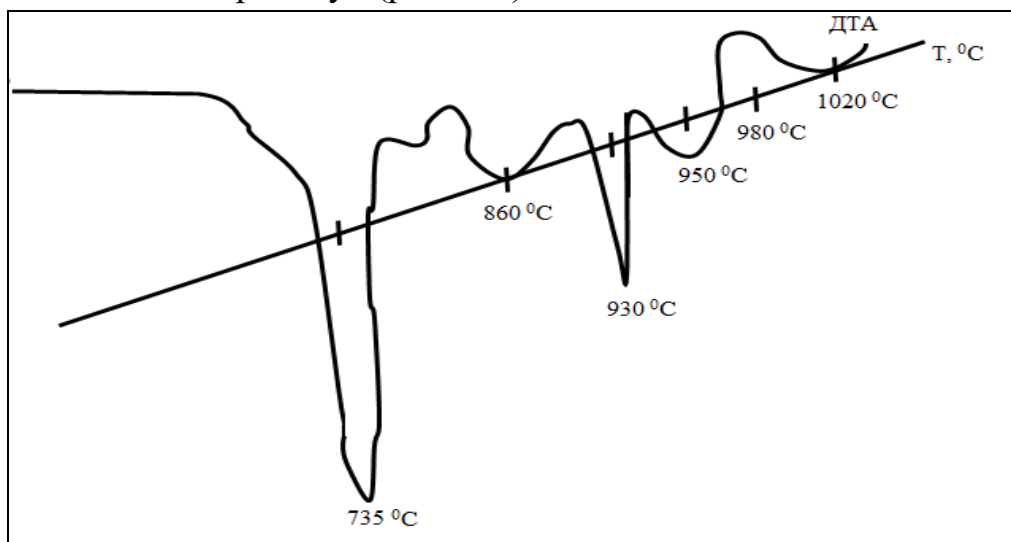
Барои намунаи ибтидоии ашъи боросиликатӣ бо истифодаи усули ТХД термограмма ба даст оварда шуд (расми 3).

Чӣ тавре ки аз термограмма дида мешавад, ашёи аввала эндосамараи (эндоэффекти) аниқи зоҳиршударо дар се миқдор доро мебошад, ки ҳар кадоме аз онҳо дар ҳарорати муайяни таҷзияшавӣ: мувофиқан дар ҳароратҳои $120 - 780 - 950^{\circ}\text{C}$. намудор мешаванд. Падид омадани эндосамараҳои нишондодашуда аз он шаҳодат медиҳад, ки аз ашё миқдори муайяни оби кристаллизатсионии адсорбсияшуда бухор ва пайвастаи ($\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$) – диборати калсий таҷзия мешавад.



Расми 3. - Термограммаи ашёи (аввала) боросиликатӣ

Бо ёрии ТХД инчунин концентрати аввалаи боросиликатӣ таҳқиқ карда шуд. Барои ҳосил кардани ин концентрат данбурит истифода гардид. Барои намунаи аввалаи концентрати боросиликатӣ бо истифодаи усули ТХД термограмма ба даст оварда шуд (расми 4).



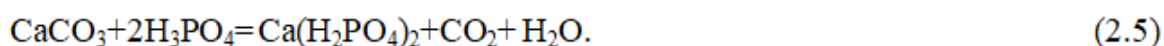
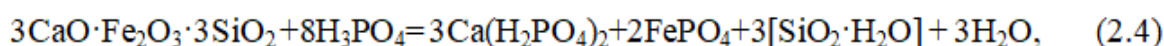
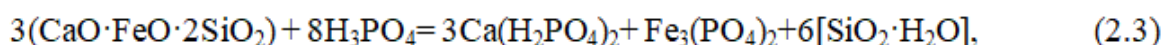
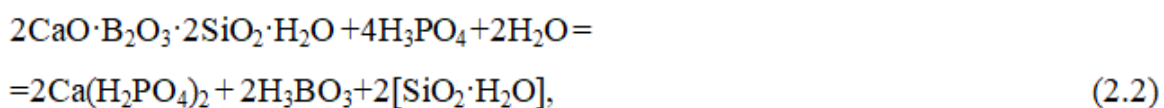
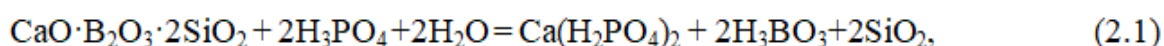
Расми 4. – Термограмма, ки бо усули ТХД аз концентрати маъдани данбурит ба даст оварда шудааст

Аз термограммае, ки дар расми 4 оварда шудааст, дидан мумкин аст, ки он се самарайи (эффекти) хеле ками эндотермӣ дорад ва онҳо мувофиқан дар ҳароратҳои таҷзияшавии 860 – 890 – 1020°C пай дар пай намудор мешаванд.

Тавсифи термодинамикии реаксияҳои гузаранда ҳангоми таҷзияи маъданҳои бордор бо таъсири кислотаи ортофосфат

Дар ин параграф бузургҳои тавсифоти термодинамикии ҳамаи реаксияҳои химиявии имкони гузаришдоштаи раванди таҷзия барои тасдиқ кардани эҳтимолияти гузаронидани реаксияҳои химиявии минералҳои ашёи боросиликатӣ бо кислотаи фосфат ҳисоб карда шуданд

Таҷзияи фосфатии маводи боросиликатӣ бо гузаронидани реаксияҳои зерин амалӣ карда мешавад:



Барои муайян кардани ин ки оё реаксияҳои қайдшуда (2.1)-(2.5) дар ҳароратҳои стандартӣ худ ба худ мегузаранд, ҳисоб кардани тавсифоти термодинамикии онҳо бо назардошти характеристикаҳои стандартии термодинамикӣ анҷом дода шуд, ки натиҷаҳои он дар ҷадвали 1 ҷамъбаст карда шудаанд.

Ҷадвали 1. – Меъёрҳои термодинамикии реаксияҳои химиявии (2.1)-(2.5) ҳангоми таҷзияи фосфатии минералҳои ашёи боросиликатӣ

Рақами реаксияи химиявӣ	ΔH_{298}^0 , кҶ/мол	ΔS_{298}^0 , Ҷ/мол·град	ΔG_{298}^0 , кҶ/мол
(2.1)	-85.83 ± 0.41	8.43 ± 2.34	-88.34 ± 1.11
(2.2)	-150.52 ± 2.26	122.06 ± 2.51	-186.89 ± 1.51
(2.3)	-455.04 ± 0.91	-758.49 ± 2.51	-229.0 ± 0.16
(2.4)	-269.9 ± 4.77	-956.39 ± 0.84	15.19 ± 4.52
(2.5)	-13.97 ± 5.48	230.83 ± 9.59	-82.75 ± 2.62

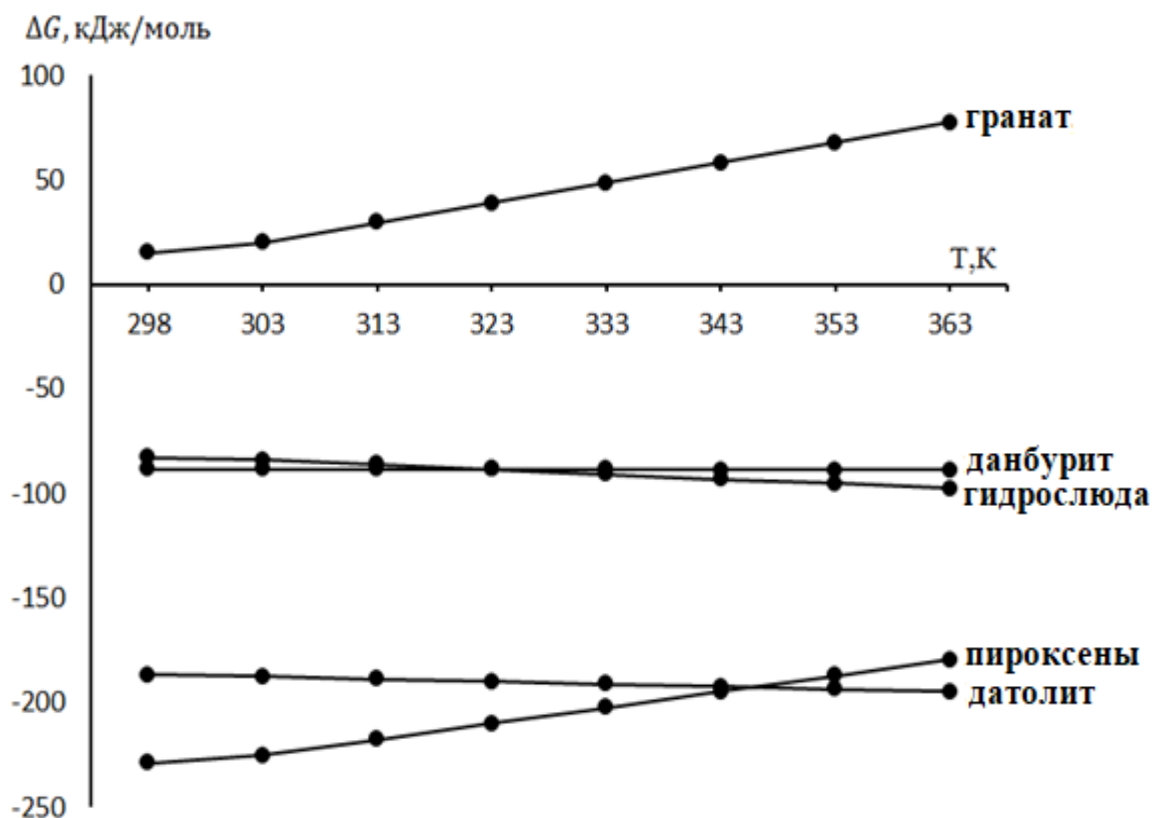
Пас аз дар фосилаи муайяни ҳарорат ($T=298-363\text{ K}$) гузаронидани реаксияҳои (2.1)-(2.5), барои ҳар яки онҳо бузургии энергияи Гиббс ҳамчун тавсифи муҳими термодинамикӣ (ҷадвали 2) ҳисоб карда шуда, сипас вобастагӣ, ки тағйирёбии энергияи Гиббсро аз ҳарорат тавсиф медиҳад, омӯхта шуд (расми 5).

Мувофиқан дар асоси расми 5 ва ҷадвали 2 чунин хулоса карда шуд: барои реаксияҳои (2.1), (2.2) ва (2.5) майлқунии энергияи Гиббс ба тарафи бузургиҳои манфӣ ба амал меояд, ки он дар навбати худ сабаби зиёд шудани ҳарорати таҷзиякунӣ мегардад. Дар ин маврид инчунин зиёд шудани энталпия мушоҳида мешавад, ки қимати он дар соҳаи қиматҳои мусбат ҷойгир аст ($\Delta S > 0$) ва ба таври умумӣ ба таҷзиякунии ашёи боросиликатӣ бо усули фосфатӣ таъсири мусбат мерасонад.

Ҷадвали 2 – Бузургии ΔG_{298}^0 (энергияи Гиббс) барои реаксияҳои химиявӣ ҳангоми таҷзияи фосфатии минералҳои ашёи боросиликатӣ дар фосилаи васеи ҳарорат

Реаксия	кҶ/мол							
	ΔG_{298}^0	ΔG_{303}^0	ΔG_{313}^0	ΔG_{323}^0	ΔG_{333}^0	ΔG_{343}^0	ΔG_{353}^0	ΔG_{363}^0
(2.1)	-88.34 ± 1.11	-88.38 ± 1.14	-88.46 ± 1.16	-88.55 ± 1.19	-88.63 ± 1.21	-88.72 ± 1.23	-88.8 ± 1.26	-88.89 ± 1.28
(2.2)	-186.89 ± 1.51	-187.5 ± 1.49	-188.72 ± 1.47	-189.94 ± 1.45	-191.16 ± 1.41	-192.38 ± 1.39	-193.61 ± 1.37	-194.82 ± 1.35
(2.3)	-229.0 ± 0.16	-225.21 ± 0.14	-217.63 ± 0.12	-210.04 ± 0.09	-202.46 ± 0.06	-194.8 ± 0.04	-187.29 ± 0.02	-179.71 ± 0.01
(2.4)	15.19 ± 4.52	19.88 ± 4.52	29.45 ± 4.51	39.01 ± 4.505	48.57 ± 4.49	58.14 ± 4.48	67.7 ± 4.48	77.27 ± 4.47
(2.5)	-82.75 ± 2.62	-83.91 ± 2.53	-86.22 ± 2.44	-88.53 ± 2.34	-90.83 ± 2.24	-93.14 ± 2.14	-95.45 ± 2.05	-97.76 ± 1.95

Ҳамин тавр, чунин вобастагӣ муайян карда шуд, ки ҳангоми зиёд шудани ҳарорати раванди таҷзиякунӣ қимати энергияи Гиббс бештар манфӣ шуда ва аммо барои таҷзияи кислотагии ашёи боросиликатӣ, дар раванди таҷзия зиёд кардани ҳарорат зарурат надорад, зеро бо баланд шудани ҳарорат камшавии назаррас ва гузариш ба қиматҳои бештар манфӣи энергияи Гиббс ин равандҳо ба амал меояд. Ҳамчунин эҳтимолияти баланди термодинамикии реаксияҳои химиявӣ байни минералҳои намуди қайдшудаи ашёро тасдиқ кардан мумкин аст.



Расми 5. – Тағйирёбии қиматҳои энергияи Гиббс вобаста аз ҳарорати реаксияи химиявӣ ҳангоми таҷзияи фосфатии минералҳои ашёи боросиликатӣ

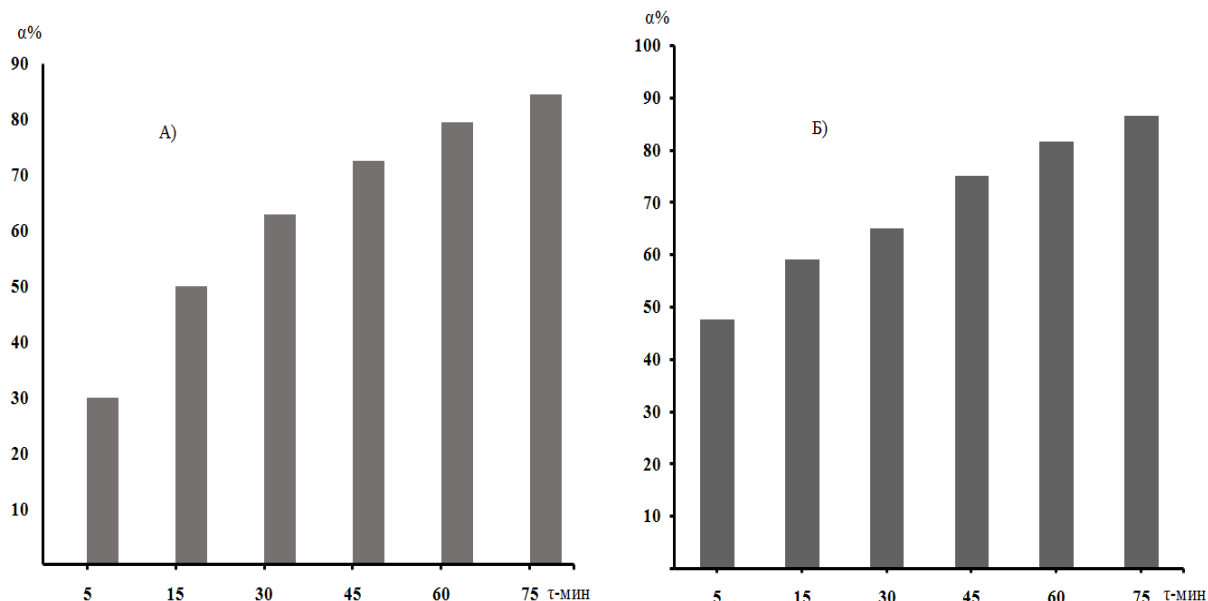
ЧУДОКУНИИ КИСЛОТАИ БОРАТ БО РЕАКТИВНОИ ОРГАНИКӢ ВА ТАҶЗИЯИ АШӢИ БОРОСИЛИКАТӢ БО КИСЛОТАИ ФОСФАТ

Чудокунӣи кислотаи борат аз намакоби кӯли Сасиқ-кӯли Тоҷикистон бо спиртҳои якатомаи алифатӣ

Дар ин қисм натиҷаҳои таҷқиқоти лабораторӣ ва озмоишҳои стэндии равандҳои экстраксияи кислотаи борат аз маҳлулҳои обӣ-намакии спиртҳои алифатӣ (гексанол ва октанол) оварда шудаанд.

Раванди гузариши кислотаи борат аз фазаи обӣ ба фазаи органикӣ дар вобастагӣ аз давомнокии раванди экстраксия омӯхта шуд (расми 6).

Аз диаграммаи расми 6 дида мешавад, ки зимни зиёд шудани муддати раванди экстраксия гузариши кислотаи борат аз фазаи обӣ ба фазаи органикӣ тадричан меафзояд. Чудокунӣи максималии кислотаи борат аз фазаи обӣ ҳангоми 75 дақиқа идома ёфтани раванди экстраксия мушоҳида мешавад, ки он зиёда аз 85 % мебошад.



Расми 6. – Таъсири вақти экстракциякунӣ ба баромади амалии H_3BO_3 вобаста ба экстрагентҳои гуногун: А) гексанол, Б) октанол

Ҳамин тавр, шароити самараноктарини экстраксия намудани кислотаи борат аз намакоби кӯли Сасиқ-кӯл бо спиртҳои якатома (гексанол ва октанол) чунин аст: таносуби экстрагент/намакоб баробари 1:1, pH-и муҳит 1-2, муддати экстраксия 75 дақиқа.

Ҷудокунии кислотаи борат аз намакоби кӯли Сасиқ-кӯли Тоҷикистон бо спирти изобутил ва трибутилфосфат

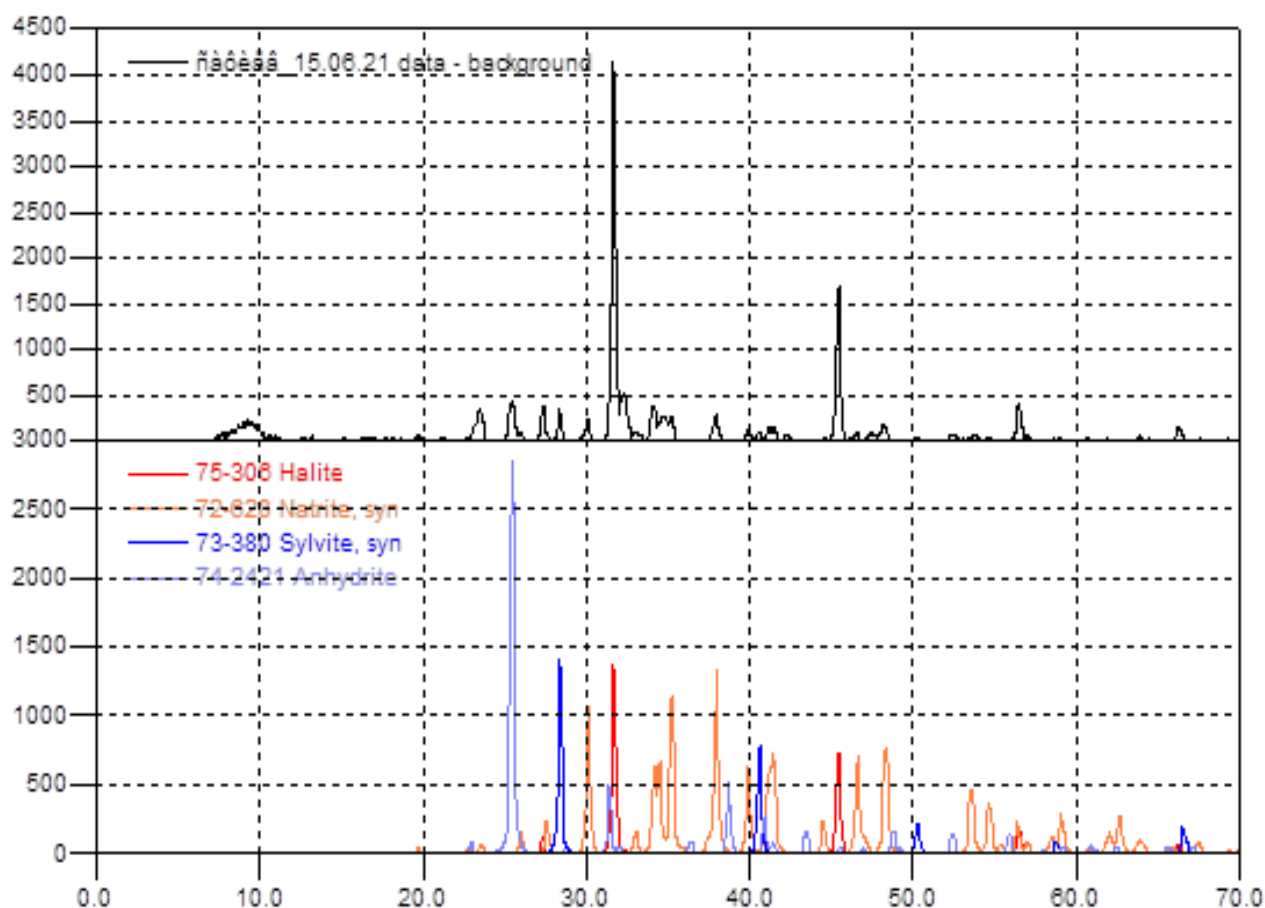
Дар идомаи ин таҳқиқот дар ин қисм, дар намуди фишурда натиҷаҳои усули экстракционии коркарди намакобҳои бордори кӯли Сасиқ-кӯл бо ду реагенти органикӣ – спирти изобутил ва трибутилфосфат бо ҳосилкунии H_3BO_3 оварда шудаанд.

Бо усули ТРФ дигар компонентҳои таркиби оби таҳқиқшаванда муайян карда шуданд. Барои ин аввал об бухор карда шуда, таҳшини хушк аз ТРФ гузаронида шуд, ки натиҷаҳои он дар намуди термограмма, дар расми 7 оварда шудаанд.

Таҳлил нишон дод, ки об миқдори зиёди хлоридҳои калий ва натрий, инчунин карбонати натрий дорад.

Дар расми 8а натиҷаҳои омӯзиши вобастагии гузариши кислотаи борат ба фазаи органикӣ аз давомнокии раванди экстраксия бо спирти изобутил, дар ҳарорати 40-50 °C, дар таносуби намакоб/спирти изобутил (расми 8б) оварда шудаанд.

Инчунин ҳаҷми зиёди маълумот ба даст оварда шуд, ки он дар намуди расми 8а мураттаб карда шуд ва дар он ба таври возеҳ аён аст, ки ҳангоми то 60 дақиқа идома кардани раванди экстраксия гузариши кислотаи борат ба фазаи органикӣ ба қимати максималӣ расида, 210 мг/л мебошад.

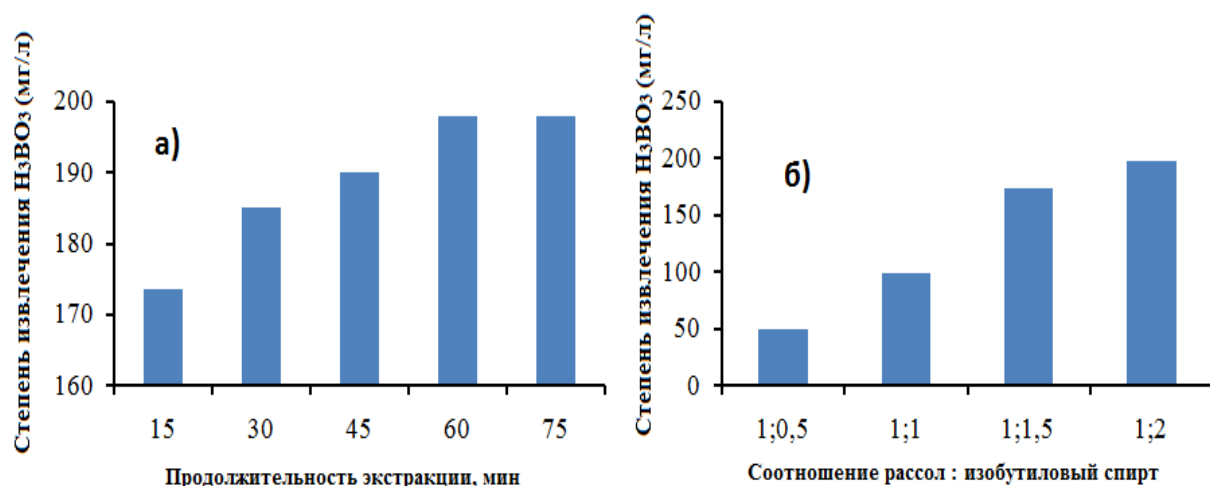


Расми 7. – ТРФ-и боқимондаи хушки оби кӯли Сасиқ-кӯл

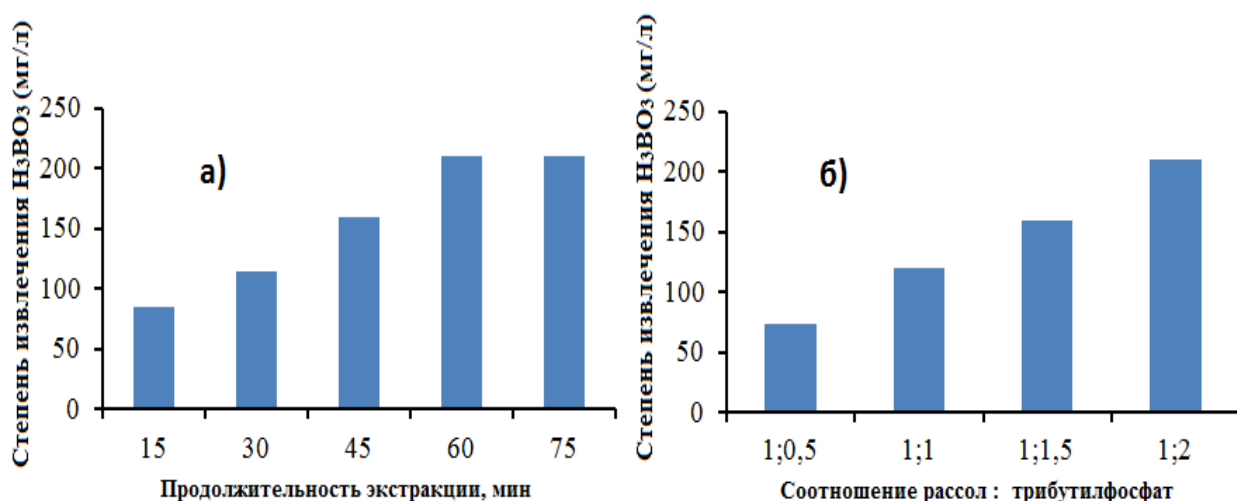
Натиҷаҳои таҳқиқи вобастагии гузариши кислотаи борат ба фазаи органикӣ аз таносубҳои ҳаҷмии намакоб/реагенти органикӣ дар расми 8б оварад шудаанд. Дар таҷрибаҳо таносубҳои ҳаҷмии муносиби (оптималии) намакобҳои аввала бо реагентҳои органикӣ (1:2), ки дар ин ҳолат ҷудокунии максималии кислотаи борат зиёда аз 210 мг/л аст, муайян карда шуданд.

Ғайр аз спирти изобутил таҳқиқи ҷудокунии H_3BO_3 бо роҳи экстраксия намудан бо реагенти органикии трибутилфосфат (ТБФ) гузаронида шуд (расми 9).

Дар асоси расми 9 хулоса кардан мумкин аст, ки ҷудокунии максималии H_3BO_3 аз намакобҳои бордор дар чунин шароит ба даст оварда мешавад: вақти экстраксия 60 дақиқа ва таносубҳои ҳаҷмии намакоб/ТБФ баробари 1:2. Риоя намудани чунин шароит имконият медиҳад, ки аз намакобҳо кислотаи борат бо миқдори максималӣ (198 мг/л) ҷудо карда шавад.



Расми 8. – Таъсири вақти экстракция (а) ва таносуби намакоб бо спирти изобутил (б) ба ҷудокунии кислотаи борат аз намакобҳои бордор

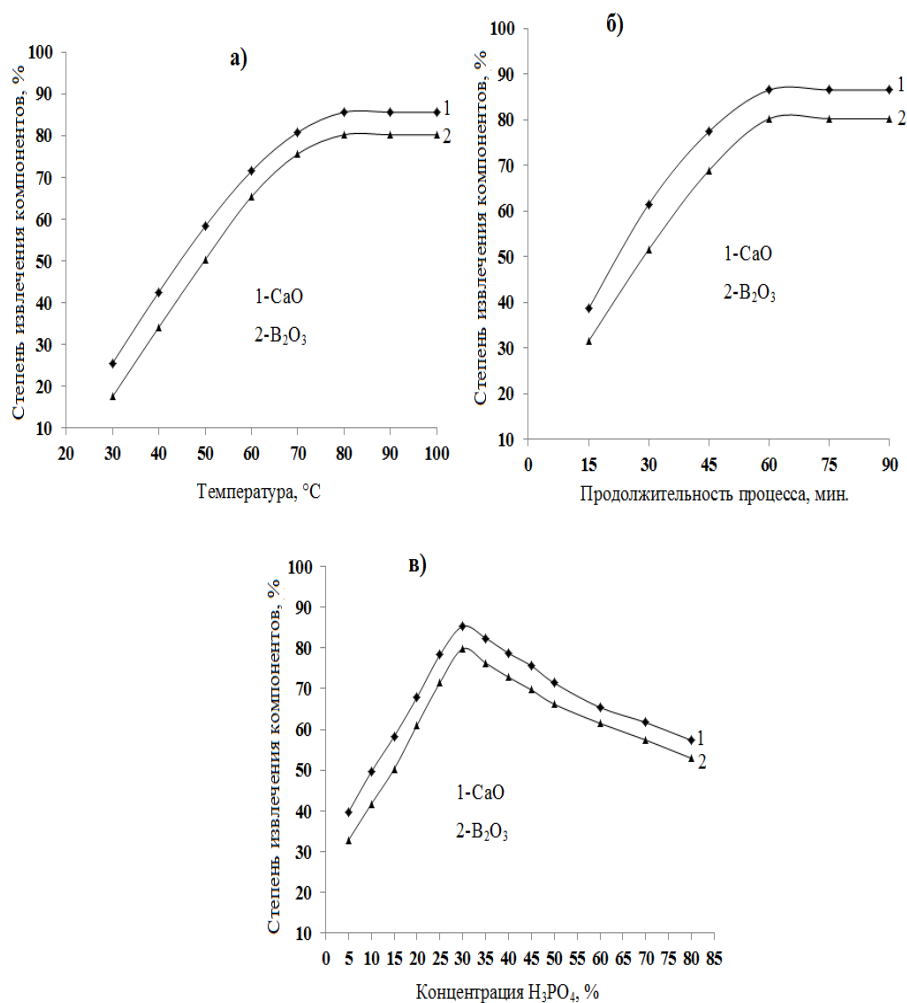


Расми 9. – Ҷудокунии H_3BO_3 аз намакобҳои бордор бо усули экстракция бо реагенти трибутилфосфат вобаста ба: а) давомнокии вақти экстракция, б) таносуби намакоб/трибутилфосфат

Таҷзияи фосфатии ашёи боросиликатӣ **Коркарди ашёи боросиликатӣ бо кислотаи фосфат**

Ин қисм ба таҳқиқи коркарди кислотагии ашёи аввалаи боросиликати кони Ак-Архар бо истифодаи кислотаи фосфат бахшида шудааст. Муайян кардани меъёрҳои муносиби (оптималии) таҷзияи фосфатӣ анҷом дода шуда, меъёрҳои кинетикии ин раванди таҷзия омӯхта шуданд.

Натиҷаҳое, ки оид ба омӯзиши таъсири омилҳои мухталиф ба таҷзияи кислотагии ашёи боросиликатӣ ба даст оварда шудаанд, дар расми 10 ҷамъбаст ва хулосабарорӣ карда шудаанд.



Расми 10. – Таъсири параметрҳои таъзия: а) ҳарорат, б) давомнокӣ, в) консентатсияи H_3PO_4 ба ҷудокунии оксидҳои CaO ва B_2O_3 аз маводи боросиликатӣ

Таъсири ҳарорат. Коркарди ашёи хоми боросиликатӣ дар силсилаи таҷрибаҳои мазкур дар муддати 60 дақиқа бо истифода аз кислотаи ортофосфории 27–30-фоизӣ анҷом дода шуд. Тавре ки дар расми 10а нишон дода шудааст, ҳангоми баланд кардани ҳарорати таъзия то 90 °C, дараҷаи максималии хориҷкунии оксидҳои калсий ва бор ба даст меояд. Аз ҷумла, дараҷаи хориҷкунии оксиди калсий (CaO) 85,4% ва оксиди бор (B_2O_3) – 80,1%-ро ташкил медиҳад.

Дар расми 10б вобастагии дараҷаи хориҷкунии оксидҳои CaO ва B_2O_3 аз вақти таъзияи боросиликатӣ бо кислотаи фосфор нишон дода шудааст. Самаранокии бештари раванд ҳангоми давомнокии таъзияи 60 дақиқа ба даст меояд, ки дар он хориҷкунии оксидҳо чунин аст: барои CaO – 85,5% ва барои B_2O_3 – 80,1%.

Таъсири консентратсияи кислотаи ортофосфат ба дараҷаи хориҷкунии оксидҳо дар расми 10в нишон дода шудааст. Дар ин силсилаи таҷрибаҳо омӯзиши таъсири тағйирёбии консентратсияи кислота ба самаранокии таъзияи ашёи хоми боросиликатӣ ва хориҷкунии ҷузъҳои мақсаднок

гузаронида шуд. Хориҷкунии максималии оксидҳо ҳангоми истифодаи кислотаи фосфори 30-фоизӣ ба даст оварда шуд: барои оксиди калсий (CaO) — 85,6%, ва барои оксиди бор (B_2O_3) — 80,2%.

Ҳамин тариқ, дар таҷрибаҳои коркарди маводҳои дорои бор бо истифодаи кислотаи фосфор, параметрҳои, ки хориҷкунии максималии оксидҳо таъмин мекунанд, ба таври таҷрибавӣ муайян карда шуданд: тафтиши пешакии ҳароратӣ дар ҳарорати $T = 950 \dots 980^\circ\text{C}$, давомнокии тафтиш 60 дақиқа, коркарди фосфорнокислотӣ дар ҳарорати $T = 95^\circ\text{C}$ бо давомнокии 60 дақиқа ва консентратсияи кислотаи фосфор дар ҳудуди 27–30%.

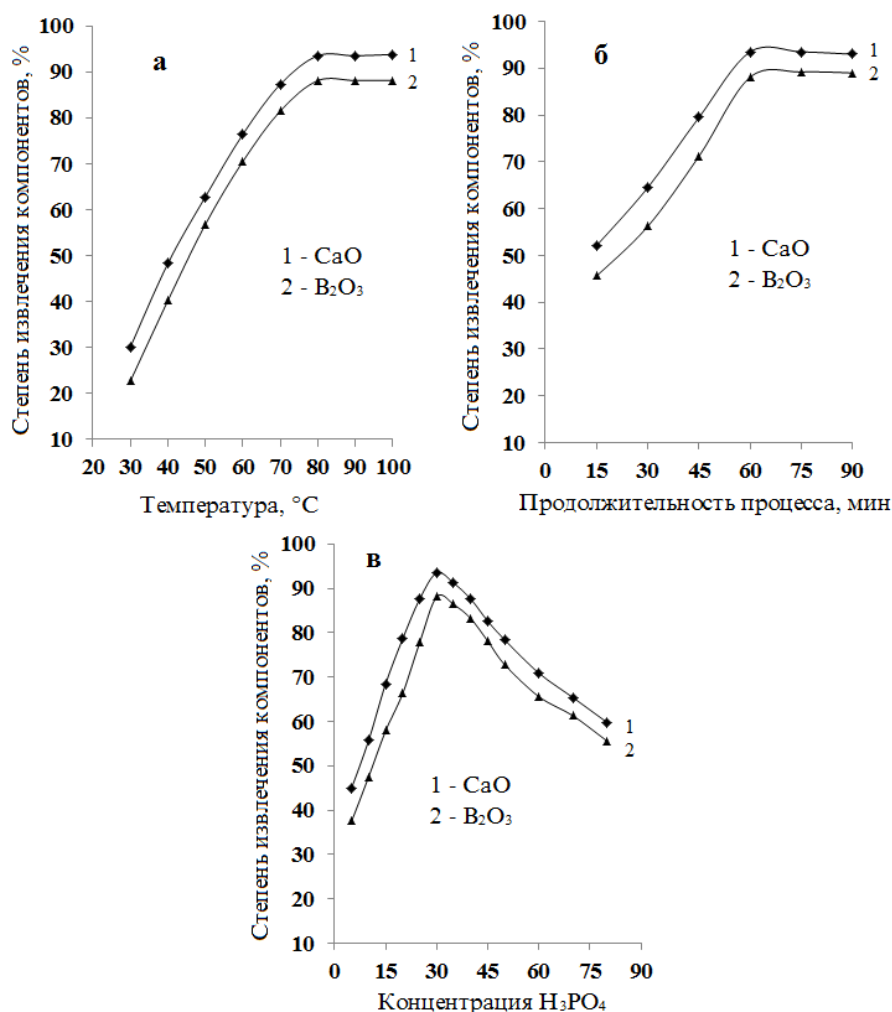
Таҷзияи консентрати ашёи боросиликатӣ бо кислотаи фосфат

Барои консентрати ашёи боросиликатӣ якчанд параметрҳои вобастагиро бо мақсади зиёд кардани миқдори оксидҳои ҳосилшавандаи CaO ва B_2O_3 (расми 11а) омӯхта шуданд: вобастагии ҳосилкунӣ аз ҳарорат (расми 11б), вобастагии ҳосилкунӣ аз давомнокии раванди таҷзияи фосфатӣ (расми 11в) ва аз консентратсияи кислотаи фосфат.

Таъсири ҳарорат. Консентрат дар раванди иҷрои таҷрибаҳо бо кислотаи фосфати 27-30 %-а дар муддати 60 дақиқа коқрад карда шуд. Аз рӯйи қачхатаҳои расми 11а натиҷагирӣ кардан мумкин аст, ки ҳангоми ба 100°C расидани ҳарорати таҷзиякунӣ ҳосилкунии максималии оксидҳои CaO ва B_2O_3 мушоҳида шуда, он мувофиқан чунин аст: $\text{CaO} - 93.4\%$ ва $\text{B}_2\text{O}_3 - 88.1\%$

Таъсири вақти таҷзия.. Дар расми 11б вобастагии ҳосилкунии оксидҳои CaO ва B_2O_3 аз давомнокии таҷзияи фосфатӣ ҳангоми таҷзия кардани консентрати боросиликатӣ оварда шудааст. Ин параметр дар ҳудуди васеи 10...60 дақиқа тағйир дода шудааст. Мувофиқан аз қачхатаҳои расми 11б дидан мумкин аст, ки дар ҳарорати 80°C ва дар маҳлули 27-30 %-аи кислотаи фосфат ҳосилшавии оксидҳои CaO ва B_2O_3 аллакай пас аз 15 дақиқаи коркардкунии ашё оғоз меёбад ва он барои CaO 51.8% ва барои B_2O_3 35.4% аст.

Таъсири консентратсияи кислотаи ортофосфат. Дар ин силсилаи таҷрибаҳо таъсири консентратсияи кислотаи фосфат ба ҳосилшавии оксидҳои CaO ва B_2O_3 (расми 11в) таҳқиқи карда шуд. Ҳосилшавии максималии оксидҳо зимни истифодаи маҳлули 28-30 %-аи кислотаи фосфат чунин мебошад: $\text{CaO} - 92.8\%$, $\text{B}_2\text{O}_3 - 88.9\%$.



Расми 11. – Таъсири параметрҳои таъзия: а) ҳарорат, б) давомнокии раванд, в) консентратсияи H_3PO_4 ба ҳосилшавии оксидҳои CaO ва B_2O_3 аз консентрати ашёи боросиликатӣ

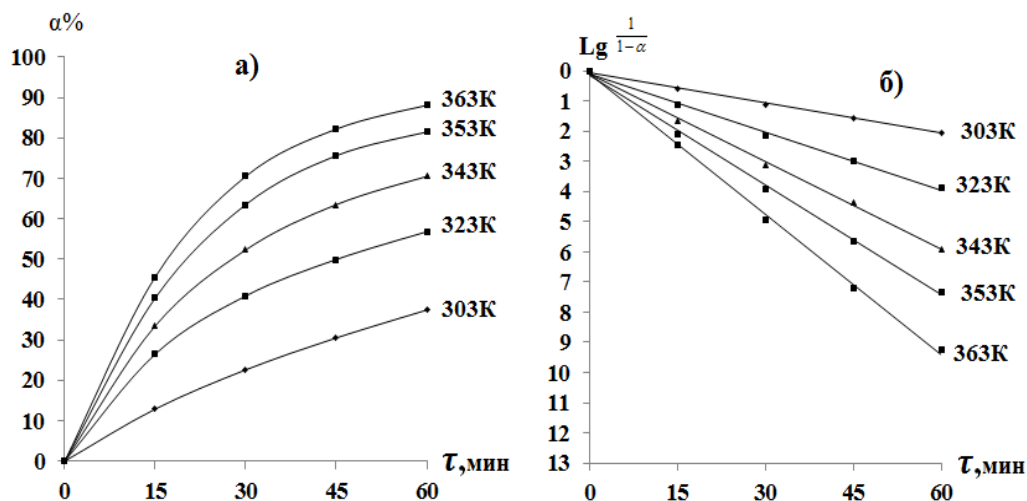
Ҳамин тавр, дар таҷрибаҳои коркардкунии консентратҳои бордор бо кислотаи фосфат, бо роҳи таҷрибавӣ ҳамон параметрҳое муайян карда шуданд, ки дар онҳо миқдори оксидҳои ҳосилшудаи CaO ва B_2O_3 максималӣ мебошад: қаблан пухтан дар ҳарорати $T=950...980^{\circ}C$, давомнокии раванди пухтан 60 дақиқа, коркардкунии фосфатӣ дар ҳарорати $T=80^{\circ}C$ бо муддати 60 дақиқаи вақти идомаёбии раванди коркардкунӣ, консентратсияи кислотаи фосфат 24-27 %.

Параметрҳои кинетикии таъзияи фосфатии консентрати пухташудаи боросиликатӣ

Барои таҳқиқи параметрҳои кинетикии таъзияи фосфатии консентрати ашёи пухташудаи боросиликатӣ ҳарорати раванд дар фосилаи $30-90^{\circ}C$ ва вақти таъзиякунӣ дар фосилаи 15-60 дақиқа тағйир дода шуд.

Расми 12а имконияти таъзияи фосфатии консентрати бордори қаблан аз коркарди ҳароратӣ гузаронидашуда ва ҳосилкунии оксиди борро аз маҳлули маҳсулнок вобаста ба ҳарорати таъзиякунӣ аз нуқтаи назари кинетика тавсиф

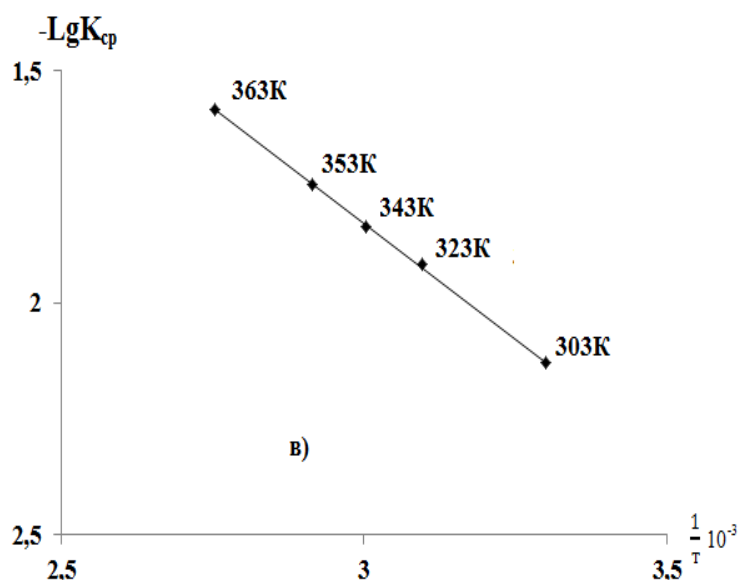
медихад. Чӣ тавре ки аз ҷойгиршавии қачхатаҳои вобастагии ҳосилшавии B_2O_3 аз ҳарорат дида мешавад, ҳарорати аз ҳама муносиб (оптималӣ) барои ҳосилкунии оксиди бор $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ бо муддати 60 дақиқаи коркардунии фосфатӣ нишон дода шудааст ва ҳангоми мавҷудияти ин параметрҳо максимуми ҳосилшавии оксиди бор аз концентрати бордори пешакӣ аз коркарди ҳароратӣ гузаронидашуда 88.9 фоизро ташкил медиҳад.



Расми 12. – Таъсири давомнокии раванди таҷзия (а) ва вобастагии қиматҳои $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ аз муддати вақти таҷзия (б) ба таҷзияи фосфатии концентрати бордори қаблан аз коркарди ҳароратӣ гузаронидашуда

Барои омӯختани параметрҳои кинетикии таҷзияи фосфатии концентрати бордори қаблан аз коркарди ҳароратӣ гузаронидашуда ва аз концентрат ҳосилкунии B_2O_3 омили муҳим барои ин раванди таҷзиякунӣ ҳисоб кардани бузургии (Е) энергияи фаъолшавӣ мебошад, ки бо истифодаи муодилаи Аррениус анҷом дода мешавад.

Ин бузургӣ (Е) дар раванди гузаронидани таҷрибаҳо ҳисоб карда шуд ва қимати он 27.5 кҶ/мол аст, яъне ин раванд бо гузаришаш дар соҳаи диффузионӣ тавсиф дода мешавад. Бузургии (Е) энергияи фаъолшавӣ ва соҳаи гузариши раванди қайдшуда бо усули графикӣ пас аз сохтани график (расми 13), ки он вобастагии логарифмаи даҳии собитҳои миёнаи реаксияҳои химиявиро аз ҳарорати баръакс тавсиф медиҳад, муайян карда мешавад.



Расми 13. - Вобастагии lgK_m аз $1/T \cdot 10^3$, ки таҷзияи фосфатии концентрати бордори қаблан аз коркарди ҳароратӣ гузаронидашударо тавсиф медиҳад

Нақшаҳои технологияи ҷамъбасти барои коркарди ашёи боросиликатӣ бо кислотаи фосфат

Пас аз иҷрои силсилаи корҳои таҷрибавӣ бо истифодаи H_3PO_4 технологияи ҷамъбастшуда барои коркарди фосфатии намуди қайдшудаи ашё пешниҳод карда шуд (расми 12).

Мувофиқи технологияи пешниҳодшуда ғайр аз маҳсулоти мақсаднок – оксидҳои бор ва калсий, инчунин нуриҳо дар асоси бор ҳосил карда шуданд, ки онҳо барои соҳаи кишоварзии мамлакат ба монанди соҳаи парвариши зироатҳо, махсусан ғалладонагӣҳо ояндадору талаботдошта ва зарур мебошанд.

Аз рӯйи технологияи коркардшуда пешниҳод карда мешавад, ки ашёи боросиликатӣ дар муддати 60 дақиқа, дар ҳарорати 950-980°C аз коркарди ҳарорати гузаронида шавад. Марҳилаи навбатӣ дар ҳалли технологӣ ин то ҷузъҳои андозаашон 0,1-0,3 мм майдакунии моддаи ғудохташуда (ғудоза) пас аз коркарди қаблии ҳароратӣ буда, ғудозаи кӯфта майдакардашуда бо маҳлули 28-30%-и H_3PO_4 коркард мешавад.

Сипас лойоба пай дар пай, аввал бо маҳлули аммиак ва баъдан бо об кокрад шуда, бо роҳи филтр намудан аз ҳамдигар ҷудокунии фазаҳои саҳт ва моеъ анҷом дода мешавад.

Ҳамин тавр, ба фазаи моеъ – филтрат чунин пайвастаҳо ба монанди фосфатҳои калсий ва аммоний ва инчунин кислотаи борат мегузаранд. Ин моддаҳо аз филтрат бо усули кристаллизатсия ҷудо карда шуда, сипас фазаҳои саҳту моеъро аз ҳамдигар бо роҳи филтркунӣ ҷудо мекунанд.

Фазаи саҳт баъдан хушк карда мешавад ва дар натиҷа боқимондаи саҳти хушк ҳосил мешавад, ки он нурии комплекси бордор мебошад. Дар баробари гузариши ин раванд, ҳангоми таҷзиякунӣ кремнезём ҳосил ва ба

сифати ашёи сохтмонӣ массаи ҳалнашаванда истифода мешавад, ки он аз омехтаи минералҳои кварс, данбурит ва калсит таркиб ёфтааст.



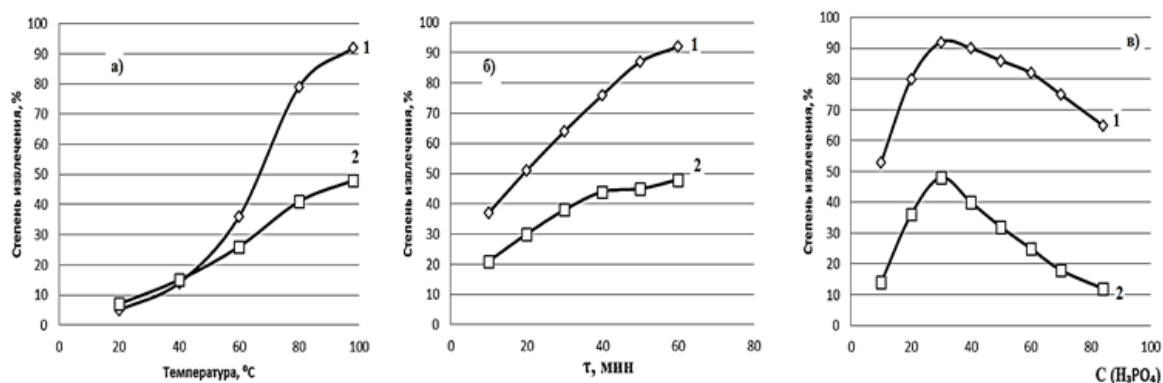
Расми 14. – Нақшаи мухтасари ҷамъбастишуда барои таҷзияи фосфатии маводи боросиликатӣ бо ҳосилкунии нуриҳои бордор, пайвастаҳои калсий ва бор

МУҲОКИМАИ НАТИҶАҲО

Баҳодиҳии қиёсии таҷзияи маъданҳои бор- ва алюмосиликатӣ

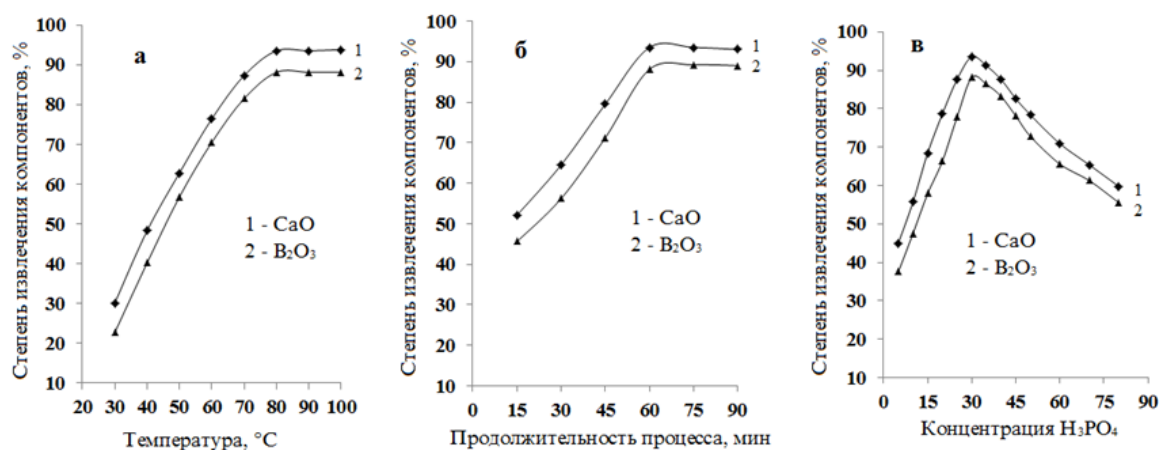
Дар ин таҳқиқоти диссертатсионӣ масъалаҳои омӯختан ва гузаронидани таҳлили хоси коркарди маводи боросиликатӣ кони Ар-Архар бо кислотаҳои гуногун ва таҷзияи алюмосиликатҳои кони Чашма-Санг бо усули фوسفатӣ гузошта ва ҳал карда шуданд.

Дар ин кор таҷзияи ашёи алюмосиликатӣ, ки он аргиллит мебошад, бо истифодаи усули таҷзияи фوسفатӣ омӯхта ва оксидҳои Al_2O_3 ва Fe_2O_3 ҳосил карда шуданд (расми 15). Ин раванд дар параметрҳои мухталиф ва бо тағйироти ҷузъии онҳо бо мақсади муайян намудани параметрҳои муносиби ҳосилкунии миқдори максималии оксидҳо таҳқиқ карда шуд: а) ҳарорати таҷзия, б) давомнокии раванди таҷзия, в) консентратсияи кислотаи фосфат. Ҷӣ тавре ки аз қачхатаҳои расми 15 дида мешавад, ҳосилкунии миқдори максималии оксидҳо дар ҳарорати $T=100^\circ C$ мушоҳида шуда, он мувофиқан чунин аст: Al_2O_3 – 92%, Fe_2O_3 – 48%.



Расми 15. – Таъсири ҳарорат (а), вақти таҷзия (б) ва консентратсияи кислотаи фосфат (в) ба ҳосилкунии Al_2O_3 (1) ва Fe_2O_3 (2) аз таркиби аргиллит ҳангоми таҷзияи фوسفатии он

Дар ин кор инчунин таҷзияи ашёи боросиликатӣ, ки он данбурит мебошад, бо истифодаи усули таҷзияи фوسفатӣ омӯхта шуда, оксидҳои CaO ва B_2O_3 (расми 16) ҳосил карда шуданд. Раванд дар параметрҳои гуногун ва зимни тағйироти ҷузъии онҳо бо мақсади муайян намудани параметрҳои муносиби ҳосилкунии миқдори максималии оксидҳо таҳқиқ карда шуд: (а) ҳарорати таҷзия, (б) давомнокии вақти таҷзия, (в) консентратсияи кислотаи фосфат. Ҷӣ тавре ки аз қачхатаҳои расми 16 дида мешавад, ҳосил кардани миқдори максималии оксидҳо дар ҳарорати $T=100^\circ C$ мушоҳида шуда, мувофиқан чунин аст: CaO – 85.6%, B_2O_3 – 80.1%.



Расми 16. – Таъсири ҳарорат (а), вақти таъзиякунӣ (б) ва концентратсияи кислотаи фосфат (в) ба ҳосилкунии оксидҳои CaO (1) B_2O_3 (2) аз данбурит, ҳангоми таъзияи фосфатии он

Ҳамин тавр, оид ба имконияти гузариш ва истифодаи ояндадори H_3PO_4 барои таъзияи ҳам ашёи алюмосиоикатӣ ва ҳам ашёи боросиликатӣ бо баромади баланди оксидҳо хулоса бароварда шуд. Кислотаи фосфат реагенти истифодааш ояндадор ва арзону дастрас буда, дар раванди таъзия боиси ҳосилкунии маҳсулоти арзишманд, аз ҷумла, нуриҳои фосфорӣ мегардад.

ХУЛОСАҲО

1. Методҳои химиявӣ, усулҳои ТРФ ва ТХД барои муайян кардани таркиби химиявӣ ва минералогии маводҳои боросиликати кӯли Сасиқ-кӯл дар Тоҷикистон бо омӯзиши хусусиятҳои физикӣ-химиявии онҳо истифода шуданд [3-М, 11-М, 13-М, 18-М].

2. Муҳокимаи термодинамикӣ оид ба имконпазирии гузариши як қатор реаксияҳои химиявӣ ҳангоми коркард намудани ашёи хоми боросиликати Тоҷикистон бо кислотаи ортофосфат анҷом дода шуд. Муҳокима нишон дод, ки реаксияҳои аксари минералҳои таркиби ашёи хоми боросиликатӣ бо хоричсозии кислотаи ортофосфорӣ дар доираи ҳароратҳои таҳқиқшуда имконпазир мебошанд [2-М, 4-М, 5-М, 6-М, 12-М].

3. Шароитҳои муносиби экстраксияи кислотаи борат аз намакоби кӯли Сасиқ-кӯл бо спиртҳои якатома (гексанол ва октанол) муайян карда шуданд. Шароитҳои хеле самаранок инҳо мебошанд: таносуби экстрагент/намакоб = 1:1, рН-и муҳит 1-2, давомнокии раванди экстраксия 75 дақиқа. Бо риоя намудани параметрҳои муносиби қайдшуда, миқдори кислотаи борат (H_3BO_3)-и ҳосилшуда 85%-ро ташкил медиҳад [8-М, 16-М, 17-М, 19-М, 20-М].

4. Шароитҳои муносиби (оптималии) ҷудокунии кислотаи борат аз намакоби кӯли Сасиқ-кӯл бо спирти изобутил ва тритбутилфосфат муайян карда шуданд. Шароитҳои хеле самараноки инҳо мебошанд: таносуби экстрагент/намакоб = 1:1, рН-и муҳит 1-2, давомнокии раванди экстраксия 60 дақиқа. Бо риоя намудани параметрҳои муносиби қайдшуда, ҳосилкунии

кислотаи борат (H_3BO_3) бо таъсири спирти изобутил 210 мг/л ва бо истифодаи тритбутил 198 мг/л-ро ташкил медиҳад [3-М, 17-М].

5. Таҳқиқоти раванди таҷзияи кислотаи ашёи хоми боросиликатӣ, ки пешакӣ бо гармӣ коркард шудааст, ва концентрати он бо истифодаи H_3PO_4 анҷом дода шуд. Ҳамчуни параметрҳои оптималии таҷзияи кислотаи фосфор муайян гардиданд: таҷзияи кислотаӣ ба муддати 60 дақиқа дар ҳарорати $80^\circ C$, бо концентратсияи H_3PO_4 25–30%. Дар ин шароит, баромади оксиди бор аз ашёи хом 80,1% ва аз концентрат 86,7% мебошад

6. Хусусиятҳои кинетикии таҷзияи кислотаи концентрати боросиликати пешакӣ бо ҳарорат коркардшуда бо истифодаи H_3PO_4 таҳқиқ карда шуданд. Тибқи арзиши ҳисобшудаи энергияи активатсия барои ин раванд (27,6 кДж/моль), муайян карда шуд, ки раванд дар минтакаи диффузионӣ чараён мегирад [1-М, 7-М, 14-М].

7. Нақшаи технологии чамбастшуда оид ба коркарди ашёи боросиликати кони Ак-Архар бо истифодаи H_3PO_4 , ки дар ин маврид ба сифати маҳсулоти охирин нуриҳои бордор ҳосил карда мешаванд, кор карда баромада шуд. Ба ин нақша чунин равандҳои технологӣ дохиланд: коркарди қаблии ҳароратии ашё дар ҳарорати $950^\circ C$, майдакунӣ, таҷзиякунӣ бо кислотаи фосфат, нейтрализатсия, бо усули филтронидан аз ҳамдигар ҷудокунии фазаҳои сахт ва моеъ, кристаллизатсияи маҳсулоти охирин [9-М, 10-М, 15-М, 18-М, 21-М].

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:

- равандҳои технологии экстраксия намудани кислотаи борат (H_3BO_3) аз намакоби кӯли Сасиқ-кӯли Тоҷикистон ҷиҳати ҳосил кардани кислотаи борат аз намакобҳои табиӣ барои истифодабарӣ тавсия дода шуд;

- таҷзияи ашёи боросиликатӣ бо истифодаи H_3PO_4 барои аз он ҷудокунии кислотаи борат (H_3BO_3) ва пайвастаҳои фосфорӣ – фосфатҳои аммоний ва калсий, ки дар соҳаи кишоварзӣ ҳамчун нурии комплексӣ истифода мешаванд, тавсия карда шуд;

РҶҲАТИ МАВОДИ НАШРШУДАИ МУАЛЛИФ ОИД БА МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ

***Мақолаҳои, ки дар маҷаллаҳои илмӣ тавсиянамудаи КОА-и назди
Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шуданд:***

[1-М]. Акрамзода, Р.Дж. Кинетика процесса фосфорнокислотного разложения обожжённого концентрата боросиликатной руды / Дж.Д. Джураев, А.С. Курбонов, Р.Дж. Акрамзода, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2020. - № 3 (180). - С. 113-117.

[2-М]. Акрамзода, Р.Дж. Сравнительная оценка термодинамических характеристик разложения боросиликатных руд минеральными кислотами и уксусной кислотой / А.С. Курбонов, М.М. Тагоев, Р.Дж. Акрамзода, А.П.

Тагаев, У.М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. - 2021. - Т. 64. - № 5-6. - С. 314-17.

[3-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Экстракция борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана изобутиловым спиртом и трибутилфосфатом / Р. Дж. Акрамзода, А. С. Курбонов, М.М. Тагоев, У.М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. - 2021. – Т. 64. - № 9-10. - С. 542-546.

[4-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Термодинамические процессы разложения боросиликатных руд Таджикистана / Р.Дж. Акрамзода // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2022. - № 3 (188). - С. 119-124.

[5-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Термодинамический анализ реакций, протекающих при совместном спекании бор- и алюмосиликатных руд Таджикистана с сульфатом натрия / А.С. Давлатов, Р.Дж. Акрамзода, М.М. Тагоев, Ш.Б. Назаров, А.П. Тагаев // Доклады НАН Таджикистана. - 2022. – Т. 65. - № 7-8. - С. 518-522.

[6-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Термодинамические характеристики процессов разложения борного сырья путём активации с NaOH и CaCl₂ / Р.Дж. Акрамзода, Ф.А. Назаров, М.М. Тагоев, А.С. Курбонов, А.С. Давлатов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2022. - № 4 (189). - С. 97-104.

[7-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Кинетика разложения боросиликатных руд Таджикистана минеральными кислотами / А.С. Курбонов, А.П. Тагаев, Р.Дж. Акрамзода, А.С. Давлатов, М.М. Тагоев // Доклады НАН Таджикистана. – 2022. – Т. 65. - № 9-10. - С. 647-652.

[8-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Экстракция борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана с одноатомными алифатическими спиртами / А.С. Курбонов, Д.О. Давлатов, Сумани Неъматулло, Р.Дж. Акрамзода, К.О. Бобоев // Вестник Бохтарского государственного университета имени Н. Хусрава. – 2023. - № 2/3 (113). - С. 83.

***Мақолаҳо ва фишурдаи мақолаҳо, ки дар маводи конференсияҳои
илмӣ нашр шуданд:***

[9-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Разработка технологии извлечения глинозёма из алюмосиликатных руд Таджикистана / Ш.О. Аъзамов, Н.М. Джамолов, Д.Х. Мирзоев, Р.Дж. Акрамзода, У.М. Мирсаидов // Республиканская научно-практическая конференция «Инновационное развитие науки» с участием международных организаций. - Душанбе, 2020. - С. 13-15.

[10-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Технологические аспекты переработки алюмосиликатных руд серной кислотой / Ш.Д. Отаев, Д.Х. Мирзоев, Р.Дж. Акрамзода, Н.М. Джамолов, У.М. Мирсаидов // Республиканская научно-практическая конференция «Инновационное развитие науки» с участием международных организаций. - Душанбе, 2020. - С. 121-123.

[11-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Получение и свойства боросиликатного стекла / А.С. Курбонов, Б.Б. Баротов, Р.Дж. Акрамзода, Ш.Б. Назаров, У.М.

Мирсаидов // II Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы химии, применение и их перспективы». – Душанбе, Таджикский национальный университет, 2021. - С. 312-314.

[12-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Термодинамические характеристики протекающих реакций при спекании боросиликатных руд с NaOH / Ф.А. Назаров, А.С. Курбонов, М.М. Тагоев, Х.Э. Пулатов, Р.Дж. Акрамзода // XVI Нумановские чтения «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан». – Душанбе, 2021. - С. 36-39.

[13-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Оценка разложения борного и глинозёмсодержащего сырья азотной кислотой / А.М. Каюмов, С.Д. Махмаднабиев, Р.Дж. Акрамзода, Д.Х. Мирзоев, У.М. Мирсаидов // XVI Нумановские чтения «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан». – Душанбе, 2021. - С. 42-45.

[14-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Сравнительная оценка разложения бор- и алюмосиликатных руд фосфорной кислотой / А.С. Курбонов, Дж.Х. Джураев, Н.М. Джамолов, А.М. Каюмов, Р.Дж. Акрамзода // XVI Нумановские чтения «Достижения химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан». – Душанбе, 2021. - С. 53-56.

[15-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Разложения бор- и алюмосиликатных руд фосфорной кислотой / А.С. Курбонов, Дж.Х. Джураев, Н.М. Джамолов, Р.Дж. Акрамзода, С.М. Ходжаев // Республиканская научно-практическая конференция «Современные проблемы развития природоведческих (естественных) наук: перспективы дальнейшего развития». – Бохтар, 2021. - С. 18-20.

[16-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Экстракция борной кислоты медицинского назначения из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана с одноатомными алифатическими спиртами / Ё. Кудратуллоев, Р. Ёрматов, Р.Дж. Акрамзода // Республиканская научно-практическая конференция (III-годовая) «Актуальные вопросы современной медицины: проблемы и их решение». – Дангара, ГОУ «Хатлонский государственный медицинский университет», 2022. - С. 408-409.

[17-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Комплексная переработка рапы озера Сасык-Куль Таджикистана / И. Мирсаидзода., А.С. Курбонов, Р.Дж. Акрамзода, Б.Б. Баротов, А.С. Давлатов // Республиканская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа». – Душанбе, 2023. - С. 24-28.

[18-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Переработка боросиликатных руд Ак-Архарского месторождения Таджикистана смесью ортофосфорной и азотной кислот / Р. Акрамзода., М.К. Кувватова., Ш.У. Олимова, Д.О. Давлатов., А.С. Курбонов // Республиканская научно-практическая

конференция «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа». – Душанбе, 2023. - С. 130-132.

[19-М]. **Акрамзода, Р.Дж.** Экстракция борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана с одноатомными алифатическими спиртами / А. С. Давлатов, Дж. Солиев, Ё. Кудратуллоев, Р. Ёрматов, Р.Дж. Акрамзода // Республиканская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа». – Душанбе, 2023. - С. 139-140.

[20-М]. **Акрамзода Р.Дж.** Экстракция борной кислоты из рассола озера Сасык-Куль Таджикистана с одноатомными алифатическими спиртами / А.С. Давлатов, Дж. Солиев, Ё. Кудратуллоев, Р. Ёрматов, Р.Дж. Акрамзода / Маҷмуаи маводҳо хонишҳои XVIII Нӯъмоновӣ «Рушди кимиёи муосир ва ҷанбаҳои назариявӣ ва амалии онҳо». – Душанбе, 2023. - С. 21-23.

Патентҳо ва ихтироот:

[21-М]. **Акрамзода, Р. Дж.** Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1405. Способ получения борной кислоты медицинского назначения / Р. Дж. Акрамзода, А. С. Курбонов, А. С. Давлатов, М. М. Тагоев, Р. Дж. Акрамзода, Х. Э. Пулотов, А. П. Тагаев, У. М. Мирсаидов. – 2022.

АННОТАТСИЯИ

автореферати Акрамзода Рустами Чурахон дар мавзуи «Асосҳои физикӣ-химиявии коркарди маводи бордори Тоҷикистон бо реагентҳои органикӣ ва кислотаи фосфат», барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори фалсафа (PhD), доктор аз рӯи ихтисоси 6D060600 – Химия (6D060601 – Химияи ғайриорганикӣ) (илмҳои техникӣ)

Калимаҳои калидӣ: экстраксия, спирти изобутил, трибутилфосфат, кислотаи борат, намакоб, кислотаи ортофосфат, таҷзиякунӣ, кинетика, тавсифоти (характеристикаҳои) термодинамикӣ, энергияи Гиббс.

Объектҳо ва усулҳои таҳқиқот, истифодаи дастгоҳ ин маводи бордор – маъдани бордор ва намакоби кӯли Сасиқ-кӯл бо мақсади ҳосилкунии маҳсулоти қиматнок мебошад. Таҳқиқи физикӣ-химиявии ашё ва маҳсулоти коркардшуда бо тариқаҳои муосири таҳлил – ТРФ, ТХД ва спектрометрия анҷом дода шуд. Дар ин кор усулҳои мутараққии таҳлили химиявӣ истифода шуданд: таҳлили атомӣ-адсорбсионӣ, фотометрияи аланга, таҳлили спектралӣ (спектроскан). Дар ин кор усулҳои мутараққии таҳлили химиявӣ истифода шуданд: таҳлили атомӣ-адсорбсионӣ, фотометрияи аланга, таҳлили спектралӣ (спектроскан). Тарози (баланси) моддӣ (материалӣ) ҳисоб карда шуд. Ба равандҳои коркарди ашё бо кислотаи фосфат баҳои термодинамикӣ дода шуд.

Мақсади таҳқиқот дар ин кор ҳосилкунии пайвастаҳои қиматбаҳои талабкардашаванда аз маводи гуногуни бордор (намакоби кӯли Сасиқ-кӯл ва намудҳои алоҳидаи ашёи боросиликатӣ), бо роҳи таҷрибавӣ ошкор намудани меъёрҳои муносиби коркарди маводи нишондодашуда, ки дар онҳо имконияти ҷудокунии максималии моддаҳои арзишдор мавҷуд аст, омӯзиши тавсифоти термодинамикӣ ва кинетикии гузариши равандҳои таҷзия шудан ва ҷустуҷӯи самтҳои мақсаддори коркарди ашёи қайдшуда ба ҳисоб меравад.

Натиҷаҳои бадастомада ва нағзони илмӣ онҳо. Як қатор усулҳои қабулшудаи таҷзияи маводи бордор ба монанди тариқаҳои кислотагӣ ва экстраксия намудан бо ёрии ҳалкуандаҳои органикӣ таҳқиқ карда ва муайянкунии механизмҳо анҷом дода шуд, ки аз рӯи онҳо коркарди ашёи баррасишавандаи бордор бо усулҳои муосири такмилдодашуда ба роҳ монда шуд. Технологияҳои ҷамъбасткардашуда бо мақсади коркарди намудҳои нишондодашудаи маводи бордор кор карда баромада шуд.

Аҳамияти назариявӣ ва илмӣ-амалии таҳқиқот. Аҳамияти назариявии кор ин ошкор намудани механизмҳои таҷзияи кислотагӣ ва экстраксия кардани бор аз маводи бордор, баҳодиҳии термодинамикии равандҳои гузарандаи таҷзияи кислотагӣ мебошад. Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқоти диссертатсионӣ нақшаҳои технологияи равандҳои кокради маводи бордори Тоҷикистон бо усулҳои кислотагӣ ва экстраксия, ки онҳо тариқаҳои комплексӣ ва кампартов мебошанд, пешниҳод карда шуданд. Нақшаҳои технологияи коркардшудаи равандҳои татбиқкунӣ имконият доданд, ки самараҳои муайяни иқтисодӣ ба даст оварда шаванд.

АННОТАЦИЯ

автореферата Акрамзода Рустами Джурахон на тему: «Физико-химические основы переработки борсодержащих материалов Таджикистана органическими реагентами и фосфорной кислотой» на соискание учёной степени доктора философии (PhD), доктора по специальности 6D060600 - Химия (6D060601 - Неорганическая химия)

Ключевые слова: экстракция, изобутиловый спирт, трибутилфосфат, борная кислота, рассол, ортофосфорной кислотой, разложение, кинетика, термодинамические характеристики, энергия Гиббса.

Объекты и методы исследования, использованная аппаратура являются борсодержащие материалы – борная руда и рапа озера Сасык-куль с целью получения ценных продуктов. Физико-химические исследования сырья и продуктов переработки осуществляли с применением современных методов анализа – РФА, ДТА, спектрометрии. В работе использованы передовые методы химического анализа: атомно-адсорбционный анализ, пламенная фотометрия, спектральный анализ (спектроскан). Расчёт материального баланса. Термодинамическая оценка процессов переработки сырья фосфорной кислотой.

Целью исследования в данной работе было получение ценных востребованных соединений из различных борсодержащих материалов (рапы озера Сасык-Куль и отдельных типов боросиликатного сырья), выявление экспериментальным путём оптимальных критериев переработки указанных материалов, при которых возможно максимальное извлечение ценных соединений, исследование термодинамических и кинетических характеристик протекания процессов разложения данного сырья, поиск целесообразных направлений переработки указанного сырья.

Полученные результаты и их новизна. Исследован ряд методов применительно к разложению борсодержащим материалам, включая кислотные методы и экстракцию с помощью органических растворителей, проведено определение механизмов, по которым осуществляется переработка рассматриваемых борсодержащего сырья, современными усовершенствованными способами. Разработаны обобщённые усреднённые технологии с целью переработки указанных видов борсодержащих материалов.

Теоретическая и научно-практическая ценность работы. Теоретическая ценность работы – это раскрытие механизмов кислотного разложения и экстракции бора из борсодержащих материалов, термодинамическая оценка протекающих процессов кислотного разложения. Заключается в том, что по результатам диссертационного исследования разработаны схемы технологических процедур по переработке борсодержащих материалов Таджикистана кислотными методами и экстракцией, которые являются комплексными и малоотходными. Разработанные схемы технологических процедур при внедрении позволят получить определённые экономические эффекты.

ANNOTATION

dissertation by Akramzoda Rustami Jurakhon on the topic: "Physicochemical Foundations for Processing Boron-Containing Materials of Tajikistan with Organic Reagents and Phosphoric Acid" for the degree of Doctor of Philosophy (PhD), Doctor of Technical Sciences, specialty 6D060600 – Chemistry (6D060601 - Inorganic Chemistry)

Keywords: extraction, isobutyl alcohol, tributyl phosphate, boric acid, brine, orthophosphoric acid, decomposition, kinetics, thermodynamic characteristics, Gibbs energy.

Objects and methods of research, equipment used the objects of research are boron-containing materials—boron ore and brine from Lake Sasyk-Kul—with the aim of obtaining valuable products. Physicochemical studies of raw materials and processing products were conducted using modern analytical methods such as X-ray fluorescence analysis (XRF), differential thermal analysis (DTA), and spectrometry. Advanced chemical analysis methods were used, including atomic absorption analysis, flame photometry, and spectral analysis (Spectroscan). Material balance calculations and thermodynamic evaluation of raw material processing with phosphoric acid were performed.

The goal of this work was to obtain valuable and in-demand compounds from various boron-containing materials (brine from Lake Sasyk-Kul and specific types of borosilicate raw materials), to experimentally determine optimal criteria for processing these materials to achieve maximum extraction of valuable compounds, to study the thermodynamic and kinetic characteristics of the decomposition processes of these raw materials, and to identify efficient directions for processing the specified raw materials.

Results and novelty. Several methods were studied for the decomposition of boron-containing materials, including acid methods and extraction using organic solvents. Mechanisms underlying the processing of the studied boron-containing raw materials with modern improved techniques were determined. Generalized and averaged technologies were developed for processing the specified types of boron-containing materials.

Theoretical and scientific-practical significance of the work. The theoretical significance of the work lies in revealing the mechanisms of acid decomposition and boron extraction from boron-containing materials, as well as the thermodynamic evaluation of the acid decomposition processes. The practical significance lies in the development of technological process schemes for processing boron-containing materials of Tajikistan using acid methods and extraction, which are comprehensive and low-waste. The developed technological schemes, when implemented, will provide certain economic benefits.