

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

На правах рукописи

УДК 546.621



КУРБОНОВ Амиршо Сохибназарович

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ
БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД КИСЛОТНЫМИ И
СПЕКАТЕЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание учёной степени
доктора химических наук по специальности
05.17.01 – Технология неорганических веществ**

Душанбе – 2021

Работа выполнена в лаборатории комплексной переработки минеральных руд и промышленных отходов Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана.

Научный консультант: доктор химических наук, профессор, академик НАНТ, главный научный сотрудник Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана
Мирсаидов Ульмас Мирсаидович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, чл.- корр. НАНТ, заведующий лабораторией экологии и устойчивого развития Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана
Кобулиев Зайналобудин Валиевич

доктор технических наук, профессор кафедры экологии Горно-металлургического институт Таджикистана, г. Бустон
Разыков Зафар Абдукахорович

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой химии и биологии Российско-Таджикского (Славянского) университета
Бердиев Асадкул Эгамович

Ведущая организация: Государственное учреждение « Научно-исследовательский Институт металлургии» открытого акционерного общества «Таджикская алюминиевая компания».

Повторная защита состоится 7 июня 2021 года в 9⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6Д.КОА-007 при Институте химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734063, г. Душанбе, ул. Айни 299/2, E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана www.chemistry.tj

Автореферат разослан «__» _____ 2021г.

**Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор химических наук**



Махкамов Х.К.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость проведения исследования. Бор и борные соединения используются в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и медицины. Учитывая, что в Таджикистане на Памире имеются крупные месторождения борного сырья - боросиликатные руды, содержащие более 10% B_2O_3 , по содержанию бора данные месторождения являются уникальными, поэтому разработка эффективных технологий для выделения борных соединений является актуальной задачей.

По заданию Правительства республики ещё в 1987 г. в составе Института химии им.В.И.Никитина АН ТаджССР была создана специальная лаборатория по переработке минерального сырья, в том числе боросиликатных руд с целью разработки технологических основ переработки сырья.

Учитывая, что месторождение Ак-Архар на Памире предложено для подготовки к промышленному освоению, целесообразны различные подходы к переработке борного сырья – кислотные, хлорные методы, а также спекание.

В районе месторождения проведена геологическая съёмка, осуществлена топографо-маркшейдерская привязка выработок, изучены условия залегания, вещественный состав, морфология рудных залегающих и т.д. Выделен и откартирован объём технолого-минералогических разновидностей руд.

Для месторождения разработана суспензионно-магнитно-флотационная схема для получения концентрата. При освоении месторождения началось решение вопросов водо-, электроснабжения и др.

При постанове НИР по борной технологии особое внимание уделено разработке и освоению безотходных технологий, которые занимают особое место и чрезвычайно важны для предприятий различных отраслей промышленности – металлургической, химической, горно-химической.

В созданной лаборатории Института химии им.В.И.Никитина основной целью явилась разработка физико-химических и технологических основ получения борной кислоты и пербората натрия, как важнейших и ключевых продуктов для многих отраслей промышленности. Однако производство в республике борных продуктов осложнено несколькими проблемами. Во-первых, месторождения на Памире (Ак-Архарское месторождение) находятся в труднодоступных районах, на высотах более 4000 м над уровнем моря. Во-вторых, переработка боросиликатных руд требует создания соответствующих инфраструктур. Тем не менее, при комплексной переработке боратных руд и учитывая большие потребности в соединениях бора, переработка борного сырья является перспективной и актуальной.

В настоящее время производства борных соединений базируются на открытых месторождениях. Растущие потребности промышленности к соединениям бора, используемых в производстве стёкол, керамики, лаков и красок, пищевых продуктов, кожевенной и текстильной промышленности, в ядерной энергетике, сельском хозяйстве, медицине и других производственных отраслях, вызывают необходимость использования Ак-Архарского месторождения Таджикистана. При комплексном использовании борного сырья сырьевая база

значительно расширится, и появятся новые источники получения больших количеств борных продуктов.

Степень изученности научной проблемы. В лаборатории переработки минерального сырья и промышленных отходов Института химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана рассмотрен вопрос комплексной переработки боросиликатных руд кислотными и хлорными методами, которые, наряду с преимуществами, имеют ряд недостатков.

Для борного сырья Таджикистана, содержащего большие количества кремнезёма и меньшие количества полезных компонентов по сравнению с другим минеральным сырьём, при комплексной переработке возникают существенные трудности – отделение и промывка кремнезёмистого шлама, очистка растворов. Кроме того, требуется кислотостойкая аппаратура.

Хлорный метод также имеет ряд недостатков: загрязнение окружающей среды, трудности оперирования с газообразным хлором и использование специальной аппаратуры.

Поэтому нами выбран частично кислотный метод (HNO_3 и CH_3COOH) получения борных продуктов и метод спекания.

Проведённые исследования по разработке физико-химических и технологических основ переработки боросиликатного сырья позволяют найти пути преодоления трудностей, возникающих при хлорной и кислотной обработке сырья.

Способ спекания позволяет нахождению рациональных условий по разложению сырья, максимальному извлечению ценных компонентов одновременно с минимальным переходом кремнезёма в продукты. Для способа спекания будут подробно изучены все стадии процесса, а также кинетика процесса.

При создании производств борных соединений можно включить в производство борную кислоту, которая является основным веществом для получения других реагентов. Важное значение имеет BCl_3 – трихлорид бора, который является исходным продуктом для многих промышленных товаров.

Особое значение имеет производство борных удобрений в сочетании с другими химическими удобрениями. В цикл производства бора можно включить получение пербората натрия, эмалей, борогидридов металлов, карбида бора, борного стекла и др.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования является изучение процессов, протекающих при разложении боратных руд реагентами - азотной и уксусной кислотами, разработка основ разложения боросиликатного сырья методом спекания с участием реагентов – щёлочи и хлоридов кальция, натрия. Поиск наиболее рациональных параметров для разложения, изучение кинетики протекающих процессов разложения, разработка технологических основ комплексной переработки боратных руд.

Объект исследования. Объектом исследования является получение борных продуктов и других полезных компонентов из боросиликатных руд

месторождения Ак-Архар Таджикистана кислотными методами и спеканием. Исследование влияния различных технологических параметров на степень извлечения полезных компонентов.

Предмет исследования. Переработка боросиликатных руд Таджикистана для получения борной кислоты и других борных продуктов, в частности, борных удобрений и борного стекла.

Задачи исследования:

- исследование химического и минералогического составов боросиликатного сырья месторождения Ак-Архар Республики Таджикистан и термодинамическая оценка процесса разложения боратных руд;
- исследование разложения боратного сырья азотной и уксусной кислотами и установление оптимальных параметров процесса разложения;
- изучение процесса обжига боратных руд высокой температурой;
- исследование влияния обжига на спекание боратных руд с применением натрий- и кальцийсодержащих реагентов;
- исследование кинетических процессов, протекающих при разложении боратных руд кислотным методом и спеканием с NaOH, NaCl и CaCl₂, а также при обработке полученных спёков с NaCl, CaCl₂ кислотными методами;
- разработка физико-химических основ переработки боратных руд уксусной, азотной кислотами и спеканием;
- разработка принципиальной технологической схемы переработки боратных руд спеканием с NaOH;
- разработка технологических схем переработки боратных руд спеканием с хлоридами кальция и натрия с дальнейшей обработкой полученного спёка соляной кислотой.

Методы исследования. Современные физико-химические методы исследования сырья и продуктов его переработки - рентгенофазовый анализ (РФА), дифференциально-термический анализ (ДТА), пламенная фотометрия (ПМФ) и др. методы. Применялись также химические методы анализы, как комплексометрия, аргентометрия, перманганатометрия. Проведён термодинамический анализ протекающих реакций при кислотном разложении боросиликатных руд и их спекании.

Отрасль исследования. Диссертационная работа соответствует отрасли технологии неорганических веществ: разработка способов получения борных продуктов из боросиликатного сырья кислотными и спекательными методами.

Этапы исследования:

- установление минералогического состава боросиликатного сырья методом РФА и расчёт термодинамических характеристик протекающих реакций при кислотном разложении и спекании указанного сырья;
- установление характера фазовых превращений, происходящих при термической обработке боросиликатных руд;
- получение борной кислоты и других полезных компонентов из боросиликатного сырья минеральными кислотами, а также уксусной кислотой;

- разработка спекательного метода разложения боросиликатного сырья с применением NaOH и солей хлоридов кальция и натрия.

Основная информационная и экспериментальная база охватывает поиск исследовательский работ через научные журналы с использованием международных информационных систем. Особое внимание уделено электронным научным материалам, использованию компьютерных сетей. Работа выполнена в основном на базе лаборатории переработки минерального сырья и промышленных отходов Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана. В институте имеются все необходимые приборы и установки, применяемые в ходе исследования.

Достоверность диссертационных результатов. Результаты исследований, основных выводов и положений диссертации подтверждены необходимым объёмом экспериментальных данных, а также идентичностью результатов теоретических и обширных экспериментальных исследований, полученных с помощью сертифицированного лабораторного оборудования с привлечением современных физико-химических методов исследований, в частности рентгенофазового анализа (Дрон-2), ДТА (Q-1000), пламенной фотометрии (ПМФ) и др. методов. Новизна и степень достоверности результатов диссертационной работы подтверждается Национальным патентно-информационным центром Республики Таджикистан, оформившим по результатам деятельности автора диссертационной работы – 3 патента.

Научная новизна работы.

Исследована переработка боросиликатного сырья с участием реагентов - азотной и уксусной кислот, и спекание с NaOH, а также с хлоридами кальция и натрия, раскрыты механизмы, происходящие при разложении указанных руд, полученные результаты подтверждены химическими и физико-химическими методами анализа. Разработана технологическая схема по переработке боросодержащих руд с использованием различных реагентов.

Теоретическая ценность исследования основана на ряде законов физической химии; надежность сделанных выводов и рекомендаций подтверждается широким обсуждением на конференциях и публикациями в рецензируемых журналах.

Практическая ценность исследования.

Результаты исследования, полученные в настоящей работе, рекомендуются применять для получения ряда ценных продуктов из боросиликатных руд, как борное стекло (Акт испытаний от 15 сентября 2018г.), также при разработке технологических основ комплексной переработки сырья, а также в сельском хозяйстве, как комплексное удобрение (Акт испытаний от 25 ноября 2018 г.).

Положения, выносимые на защиту:

- результаты химических, физико-химических, минералогических исследований боратных руд и продуктов их разложения с NaOH, уксусной и азотной кислотами, а также с хлоридами кальция и натрия с применением дифференциально-термического и рентгенофазового методов анализа;
- оценка термодинамических характеристик протекающих процессов при разложении борного сырья кислотными методами и спеканием;
- результаты кислотного и спекательного методов разложения боратной руды (исходной и предварительно обожжённой) с уксусной и азотной кислотами, NaOH, также с хлоридами кальция и натрия;
- оптимальные параметры, найденные для процесса кислотного разложения и метода спекания (температурный режим, время протекания процесса и соотношение реагентов);
- результаты изучения кинетики протекающих процессов при разложении боратных руд методами кислотного разложения и спекания с натрий- и кальцийсодержащими реагентами;
- физико-химические основы переработки борсодержащих руд методами кислотного разложения и спекания с натрий- и кальцийсодержащими реагентами.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов.

Основные результаты работы обсуждались на: республиканской научно-практической конференции «Материалы VI Нумановских чтений» (Душанбе, 2009); республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии» (Душанбе, 2009); республиканской научно-практической конференции «Горные, геологические, экологические аспекты и развития горнорудной промышленности в XXI веке» (Душанбе, 2010); республиканской научно-практической конференции «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ» (Душанбе, 2011); республиканской конференции «Проблемы аналитического контроля объектов окружающей среды и технических материалов» (Душанбе, 2011); республиканской научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития органической химии в Республике Таджикистан» (Душанбе, 2015); республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан» (Душанбе, 2016); IV Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» (Душанбе, Таджикский технический университет, 2010); Международной научно-практической конференции «Бъдещето въпроси от света на науката» (Болгария, София, 2011); VII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» (Душанбе, Таджикский технический университет, 2016); XVI International Conference «Thermal Analysis and Calorimetry in Russia (RTAC-2020)» (Moscow, Russia. Book of Abstracts, 2020).

Личный вклад соискателя заключается в постановке задач и целей работы, разработке методов анализа, изучении технологических особенностей извлечения

полезных компонентов из борсодержащих руд кислотными методами и спеканием, установлении оптимальных параметров извлечения оксидов бора, алюминия и железа из боросиликатных руд. Разработке принципиальной технологической схемы переработки боросиликатных руд методом спекания.

Опубликование результатов диссертации. По теме диссертации опубликованы 54 работ, в том числе 42 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, а также 18 в материалах международных и республиканских конференций. Получены 3 Малых патента Республики Таджикистан и опубликованы 2 монографии.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из 4 глав, введения, литературного обзора, методики эксперимента и химического анализа, представляет собой рукопись, изложенную на 235 страницах компьютерного набора, и включает 26 таблиц, 102 рисунка, а также список литературы из 146 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

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

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

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

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

концентрата. Разработана принципиальная технологическая схема переработки борсодержащих руд уксусной кислотой.

В четвёртой главе изучены спекательные способы переработки боросиликатных руд. Рассмотрено спекание исходных и обожжённых боросиликатных руд с NaOH. Также спекательный способ переработки концентрата и обожжённого концентрата борсодержащей руды в присутствии гидроксида натрия. Изучена кинетика процесса спекания обожжённой исходной боросиликатной руды в присутствии NaOH, а также кинетика спекания обожжённого боросиликатного концентрата с NaOH. Разработана принципиальная технологическая схема переработки борного сырья спекательным способом с NaOH.

Изучен спекательный способ переработки боросиликатных руд Таджикистана хлорсодержащими реагентами, в частности, переработка исходной боросиликатной руды и её концентрата методом спекания с CaCl₂ переработка исходной боросиликатной руды и её концентрата методом спекания с NaCl. Изучена кинетика процесса солянокислотного разложения спека исходной боросиликатной руды и её концентрата с хлоридами кальция и натрия. Разработаны принципиальные технологические схемы переработки боросиликатных руд методом спекания с CaCl₂ и хлоридом натрия.

ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД, МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, АНАЛИЗ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ РУДЫ

В процессе исследования изучены химический состав и содержание минералов исходных боросиликатных руд и их концентратов Ак-Архарского месторождения Таджикистана, результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав борной руды Ак-Архарского месторождения и её концентрата

Наименование	Компоненты												
	B ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Ппп
Исходная руда	10.4	59.8	1.27	2.2	1.39	19.6	0.75	0.15	0.29	0.1	0.03	0.11	3.91
Концентрат	17.1	46.8	2.45	2.67	1.68	23.6	0.86	0.17	0.33	0.11	0.05	0.12	4.06

Таблица 2 - Содержание минералов в составе борсодержащих руд

№	Наименование минералов	Содержание минералов в составе руды (мас%)
1.	Данбурит	20
2.	Датолит	10
3.	Гранат	29
4.	Пироксены	10
5.	Кварц	17
6.	Кальцит	7

Проведён рентгенофазовый анализ исходной боратной руды и её концентрата, результаты которого приведены на рисунках 1 и 2.

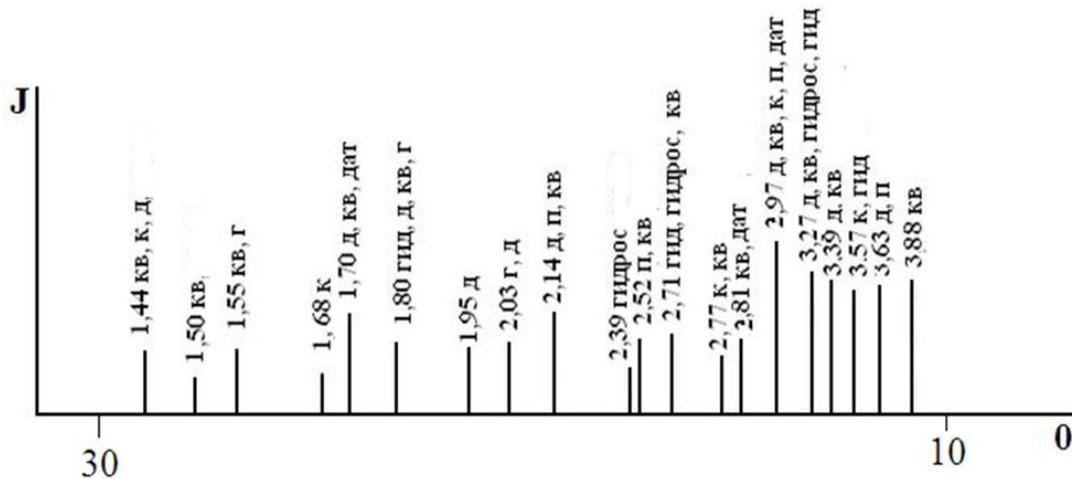


Рисунок 1 - Штрих-диаграмма исходной борсодержащей руды: гид – гидроборатит, дат - датолит, д – данбурит, кв – кварц, к – кальцит, г – гранат, п – пироксены, г – гидрослюда.

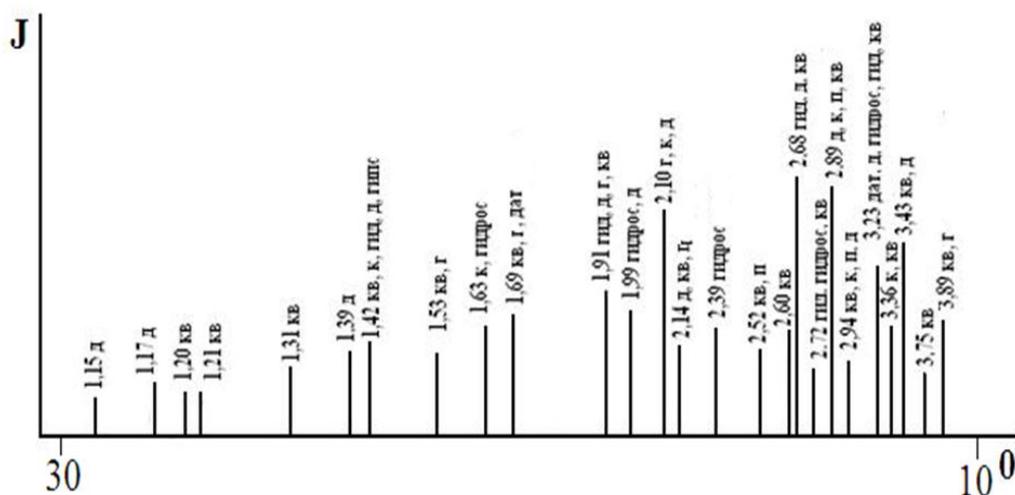


Рисунок 2 - Штрих-диаграмма борсодержащего концентрата: гид – гидроборатит, дат - датолит, д – данбурит, кв – кварц, к – кальцит, г – гранат, п – пироксены, гидрос – гидрослюда.

РФА показал, что главными рудообразующими минералами являются: гранат, кальцит, датолит, данбурит, кварц и др.

Также была сделана и изучена термограмма исходного и концентрата борсодержащей руды при более медленной скорости нагрева ($10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$), результаты которой приведены на рисунках 3 и 4.

На термограммах образцов боросиликатных руд отмечены эндоэффекты при 860 , 950 и 1020°C , которые соответствуют фазовым превращениям и расплавлению руды.

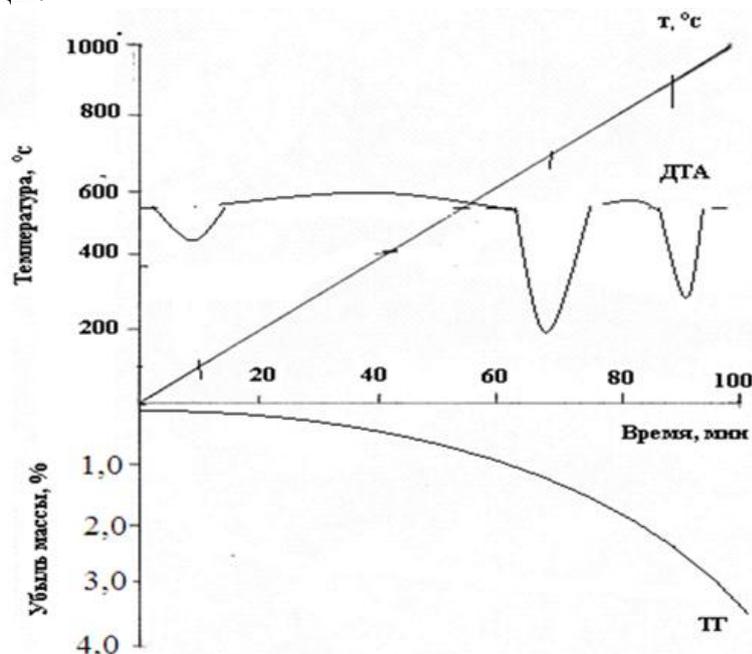


Рисунок 3 - Дериватограмма исходной борсодержащей руды (данбурита).

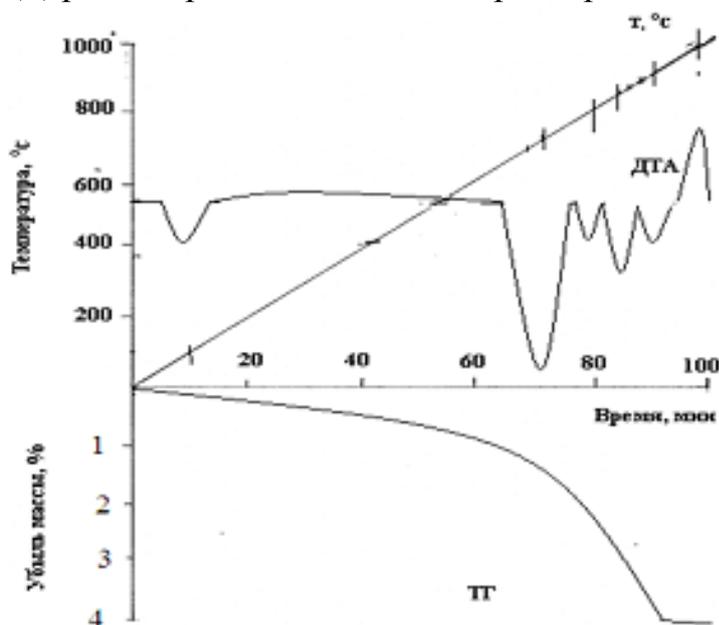


Рисунок 4 - Дериватограмма концентрата борсодержащей руды.

Термодинамическая оценка разложения боросиликатных руд

Для установления возможности протекания реакций оксидов, входящих в состав борного сырья, рассчитаны стандартные термодинамические величины. Возможные реакции разложения борного сырья с азотной кислотой являются предпочтительными. В данном случае рассмотрены только оксиды веществ, которые, возможно, входят в состав борных руд.

Однако боросиликатная руда содержит различные минералы бора, а также примеси пустой породы – гранат ($3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$), геденбергит ($\text{CaO}\cdot\text{FeO}\cdot 2\text{SiO}_2$), кальцит, волластонит, поэтому при разложении протекают сложные гетерогенные реакции, и возможно, что для некоторых минералов ΔG будет положительно.

При разложении минералов, входящих в состав борсодержащих руд, уксусной кислотой возможно протекание следующих реакций:

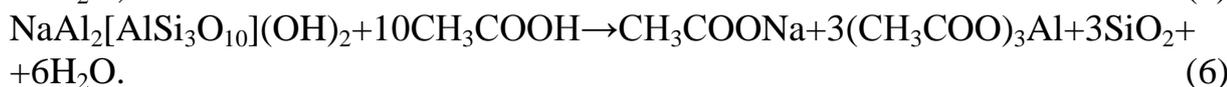
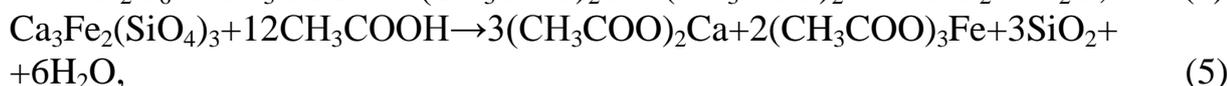


Таблица 3 - Термодинамические величины веществ

№	Вещество	$\Delta H^0_{\text{обр}}$, кДж/моль	S^0 , Дж/моль·град
1	$\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_{8\text{кр}}$	$-3882,75 \pm 2,510$	$154,8 \pm 2,092$
2	$\text{CaBSiO}_4(\text{OH})_{\text{кр}}$	$-2465,60 \pm 1,673$	$110,0 \pm 1,255$
3	$\text{CaFeSi}_2\text{O}_{6\text{кр}}$	$-2849,30 \pm 8,368$	$166,5 \pm 8,368$
4	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_{3\text{кр}}$	$-5806,56 \pm 11,715$	$341,0 \pm 10,16$
5	$\text{NaAl}_3\text{H}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	$-5932,50 \pm 6,276$	$284,5 \pm 12,522$
6	$\text{CaCO}_{3\text{кр}}$	$-1206,83 \pm 0,836$	$91,7 \pm 0,418$
7	$\text{CO}_{2\text{газ}}$	$-393,50 \pm 0,046$	$213,6 \pm 0,041$
8	$\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}$	$-285,84 \pm 0,040$	$70,0 \pm 0,209$
9	$\text{SiO}_{2\text{кр}}$	$-905,40 \pm 1,422$	$43,5 \pm 0,836$
10	$\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{п}}$	$-485,64 \pm 0,418$	$87,6 \pm 1,255$
11	$(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe}_{\text{п}}$	$-1503,27 \pm 1,589$	$-46,2 \pm 7,949$
12	$(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Al}_{\text{п}}$	$-1986,60 \pm 2,426$	$-38,5 \pm 11,296$
13	$\text{CH}_3\text{COONa}_{\text{п}}$	$-726,05 \pm 0,083$	$146,5 \pm 3,337$
14	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}_{\text{п}}$	$1514,36 \pm 1,171$	$118,7 \pm 5,020$
15	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Fe}_{\text{п}}$	$-1058,38 \pm 1,171$	$44,3 \pm 5,439$
16	$\text{H}_3\text{BO}_3_{\text{п}}$	$-1094,00 \pm 0,836$	$88,7 \pm 0,418$

Как известно, основными функциями, характеризующими состояние системы, являются следующие термодинамические характеристики: энтальпия, энтропия и энергия Гиббса. Термодинамическое обоснование вышеприведённых реакций проведено с использованием следующих уравнений:

$$\Delta H_p = \sum \Delta H_{\text{кон}} - \sum \Delta H_{\text{нач}}, \quad (7)$$

$$\Delta S_p = \sum \Delta S_{\text{кон}} - \sum \Delta S_{\text{нач}}, \quad (8)$$

$$\Delta G_p = \Delta H_p - T\Delta S_p. \quad (9)$$

При расчётах использованы справочные значения стандартных термодинамических характеристик (таблица 3).

Результаты исследования термодинамических характеристик предполагаемых реакций при уксуснокислотном разложении боросиликатных руд приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Термодинамические характеристики рассматриваемых реакций при разложении боросиликатных руд уксусной кислотой

№ реакции	ΔH^0_{298} , кДж/моль	ΔS^0_{298} , Дж/моль·град	ΔG^0_{298} , кДж/моль
(1)	-15,59 ± 0,415	135,35 ± 2,342	-55,9243 ± 1,113
(2)	-87,45 ± 2,261	-86,74 ± 2,508	-61,6015 ± 1,513
(3)	-76,88 ± 0,91	-34,26 ± 2,509	-66,6705 ± 0,162
(4)	-163,36 ± 4,774	-126,96 ± 0,839	-125,526 ± 4,523
(5)	-346,62 ± 5,48	-578,18 ± 9,59	-174,322 ± 2,622
(6)	-328,19 ± 1,465	-579,11 ± 15,915	-155,615 ± 3,277

Таблица 5 - Изменения энергии Гиббса (ΔG^0_T , кДж/моль) при различных температурах при разложении боросиликатных руд уксусной кислотой

№ реакции	ΔG^0_{298}	ΔG^0_{308}	ΔG^0_{318}	ΔG^0_{328}	ΔG^0_{338}	ΔG^0_{348}	ΔG^0_{358}	ΔG^0_{368}
(2.1)	-55,92 ±1,11	-57,27 ±1,14	-58,63 ±1,16	-59,98 ±1,19	-61,33 ±1,21	-62,69 ±1,23	-64,04 ±1,26	-65,39 ±1,28
(2.2)	-61,60 ±1,51	-60,73 ±1,49	-59,86 ±1,47	-58,99 ±1,45	-58,13 ±1,41	-57,26 ±1,39	-56,39 ±1,37	-55,52 ±1,35
(2.3)	-66,67 ±0,16	-66,32 ±0,14	-65,98 ±0,12	-65,64 ±0,09	-65,30 ±0,06	-64,95 ±0,04	-64,61 ±0,017	-64,27 ±0,011
(2.4)	-125,52 ±4,52	-124,25 ±4,52	-122,98 ±4,51	-121,71 ±4,505	-120,44 ±4,49	-119,17 ±4,48	-117,9 ±4,48	-116,63 ±4,47
(2.5)	-174,32 ±2,62	-168,54 ±2,53	-162,75 ±2,44	-156,97 ±2,34	-151,19 ±2,24	-145,41 ±2,14	-139,63 ±2,05	-133,85 ±1,95
(2.6)	-155,61 ±3,27	-149,82 ±3,43	-144,03 ±3,59	-138,24 ±3,75	-132,45 ±3,91	-126,66 ±4,07	-120,86 ±4,22	-115,07 ±4,38

Из таблицы 4 видно, что благоприятное сочетание термодинамических факторов имеется для реакции (1) ($\Delta H < 0$ и $\Delta S > 0$), которые способствуют самопроизвольному протеканию процесса. Для других реакций энтропийный

фактор ($\Delta S < 0$) является доминирующим, особенно при более высоких температурах, при расчёте энергии Гиббса реакций по формуле (9).

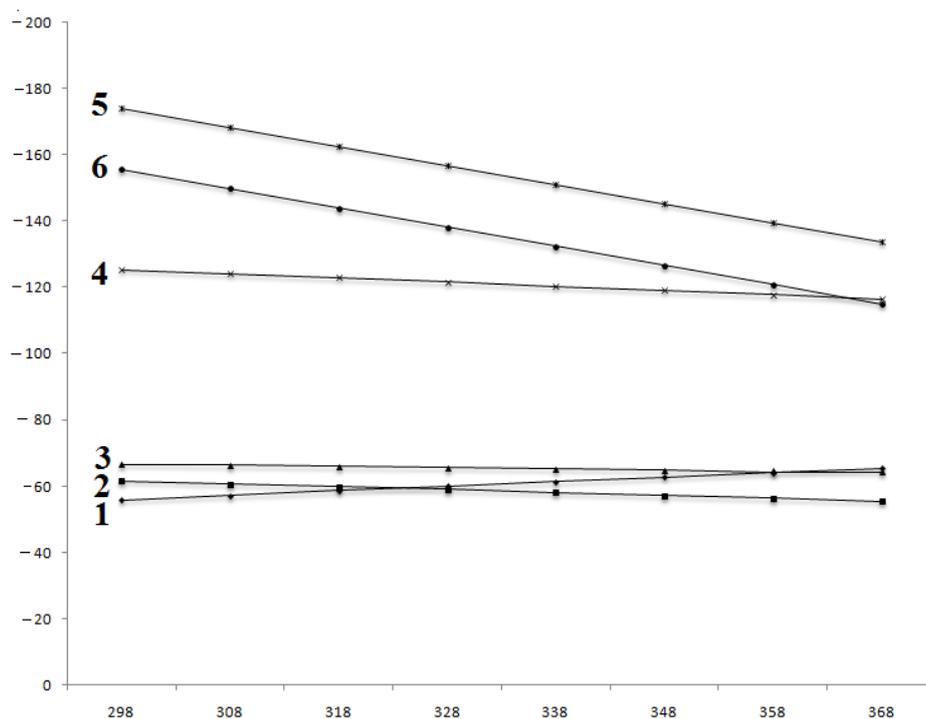


Рисунок 5 - Зависимости ΔG реакций от температуры (1 - кальцит, 2 - данбурит, 3 - датолит, 4 - пироксены, 5 - гранат, 6 – гидрослюда).

На основе изменения энтальпии (7) и энтропии (8) реакций были рассчитаны изменения энергии Гиббса в интервале температур 298-368 К (таблицы 4 и 5) и построен график зависимости ΔG от температуры (рисунок 5).

Как видно из таблицы 5 и рисунка 5, первая реакция, которая протекает с увеличением энтальпии ($\Delta S > 0$) и повышением температуры, приводит к увеличению отрицательного значения энергии Гиббса, что благоприятствует протеканию процесса. Для остальных реакций, которые протекают с уменьшением энтропии, с повышением температуры отрицательные значения ΔG снижаются. Следовательно, в этом случае высокотемпературный режим препятствует протеканию процесса. При более высоких температурах ΔG приобретает положительное значение. Но в данных системах процессы разложения происходят при не очень высоких температурах и изменения энергии Гиббса незначительны. Поэтому имеется термодинамическая возможность протекания всех рассмотренных реакций.

В диссертации приведены термодинамические характеристики процесса разложения борного сырья спеканием с NaOH, CaCl₂, NaCl, а также стехиометрические расчёты используемых реагентов при разложении боросиликатных руд.

ГЛАВА 3. КИСЛОТНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД

Азотнокислотное разложение боросиликатных руд

Изучено разложение исходной борной руды и обожжённой руды азотной кислотой.

На рисунке 6 приведены результаты разложения предварительно обожжённой боросиликатной руды азотной кислотой.

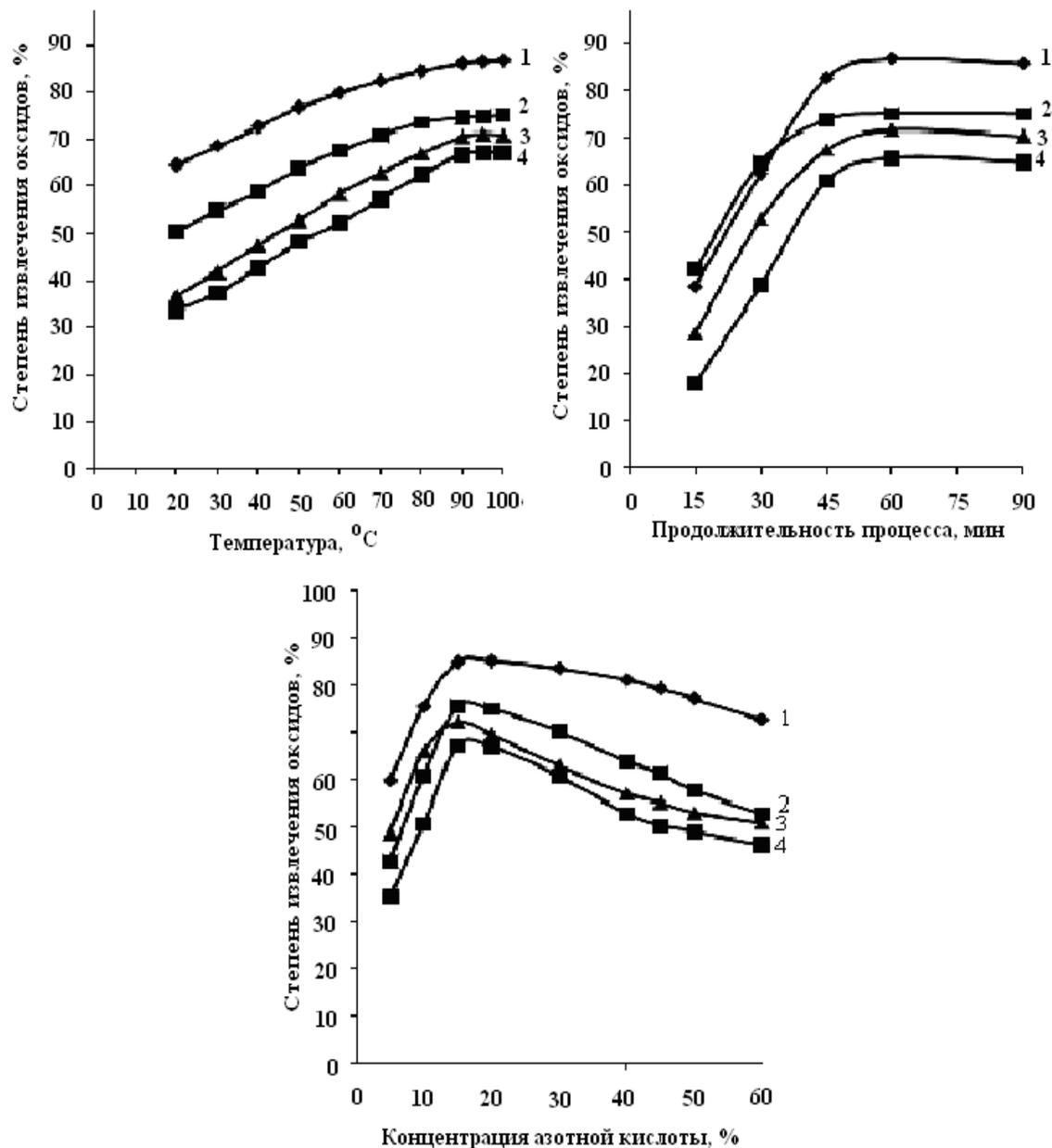


Рисунок 6 - Зависимости степени извлечения оксидов из состава исходного обожжённого борного сырья от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HNO_3 (размер частиц <0.1 мм; температура – 95°C ; продолжительность процесса – 60 мин; C_{HNO_3} – 20 мас%). 1 – Fe_2O_3 ; 2 – B_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Al_2O_3 .

Степень извлечения оксидов B_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и CaO с повышением температуры до $95^\circ C$ достигает максимального значения, составляя при этом (в мас%): B_2O_3 – 75,4; Fe_2O_3 – 86,7; Al_2O_3 – 68,9 и CaO – 72,5.

Зависимость степени извлечения компонентов при вскрытии борного сырья от продолжительности процесса изучена при $95^\circ C$ и концентрации кислоты – 15% (рисунок 6б). При увеличении времени кислотной обработки сырья от 30 до 60 мин степень извлечения всех компонентов увеличивается и достигает максимального значения (в %): B_2O_3 – 75,7; Fe_2O_3 – 86,4; Al_2O_3 – 65,7 и CaO – 71,8.

Для разложения борсодержащего сырья большую роль играют влияние концентрации азотной кислоты и ее дозирование (рис.6в). С ростом концентрации азотной кислоты до 5-15% степень извлечения оксидов возрастает, составляя (в %): B_2O_3 – 42,8-76,1; Fe_2O_3 – 59,8-86,7; Al_2O_3 – 35,1-68,2 и CaO – 48,6-71,7.

По результатам азотнокислотного разложения обожжённого борного сырья рекомендованы следующие условия: длительность термической обработки – 50-60 мин; температура термообработки – $950-980^\circ C$; продолжительность кислотного разложения – 60 мин; температура - $95^\circ C$; концентрация азотной кислоты - 15-20 мас%; размер частиц данбурита - 0,1 мм; дозирование азотной кислоты – 140% от стехиометрического количества.

Азотнокислотное разложение концентрата боросиликатных руд

Изучено разложение концентрата и обожжённого концентрата боросиликатной руды азотной кислотой. Результаты исследования азотнокислотного разложения обожжённого концентрата боросиликатной руды приведены на рисунке 7.

Изучено влияние температуры на ход реакции от 20 до $100^\circ C$ (рисунок 7а). Руду обрабатывали 12-15% азотной кислоты в течение 1 ч. С ростом температуры степень извлечения компонентов в раствор возрастает, и при $95^\circ C$ составляет (в %): B_2O_3 – 94,6; Fe_2O_3 – 98,6; Al_2O_3 - 83,5 и CaO – 90,4.

Изучение зависимости степени извлечения компонентов при разложении обожжённого концентрата боросиликатной руды от продолжительности процесса при $95^\circ C$ и 12-15% азотной кислотой показало (рисунок 7б), что уже при продолжительности процесса от 30 до 60 мин степень извлечения всех компонентов увеличивается и достигает максимального значения (в %): B_2O_3 – 93,9; Al_2O_3 - 84,1; Fe_2O_3 – 98,2 и CaO – 91,2. Дальнейшее увеличение длительности процесса не привело к увеличению степени разложения оксидов.

Результаты исследования влияния концентрации азотной кислоты и ее дозировки показывают, что увеличение концентрации существенно изменяет степень вскрытия руды. Выявлено, что оптимальной концентрацией кислоты, вводимой в реакционную массу, является ~15%, при этом степень извлечения достигает максимальных значений (в %): B_2O_3 – 90,8; Al_2O_3 - 83,6; Fe_2O_3 – 96,5 и CaO – 89,2 (рисунок 7в).

Рекомендованы следующие оптимальные условия разложения обожжённого борного концентрата: продолжительность кислотной обработки – 60 мин; продолжительность обжига – 60 мин; температура обжига – 950-980°C; температура разложения – 95°C; дозировка азотной кислоты - 100-140% от стехиометрического количества и концентрация кислоты – 12-15 мас%.

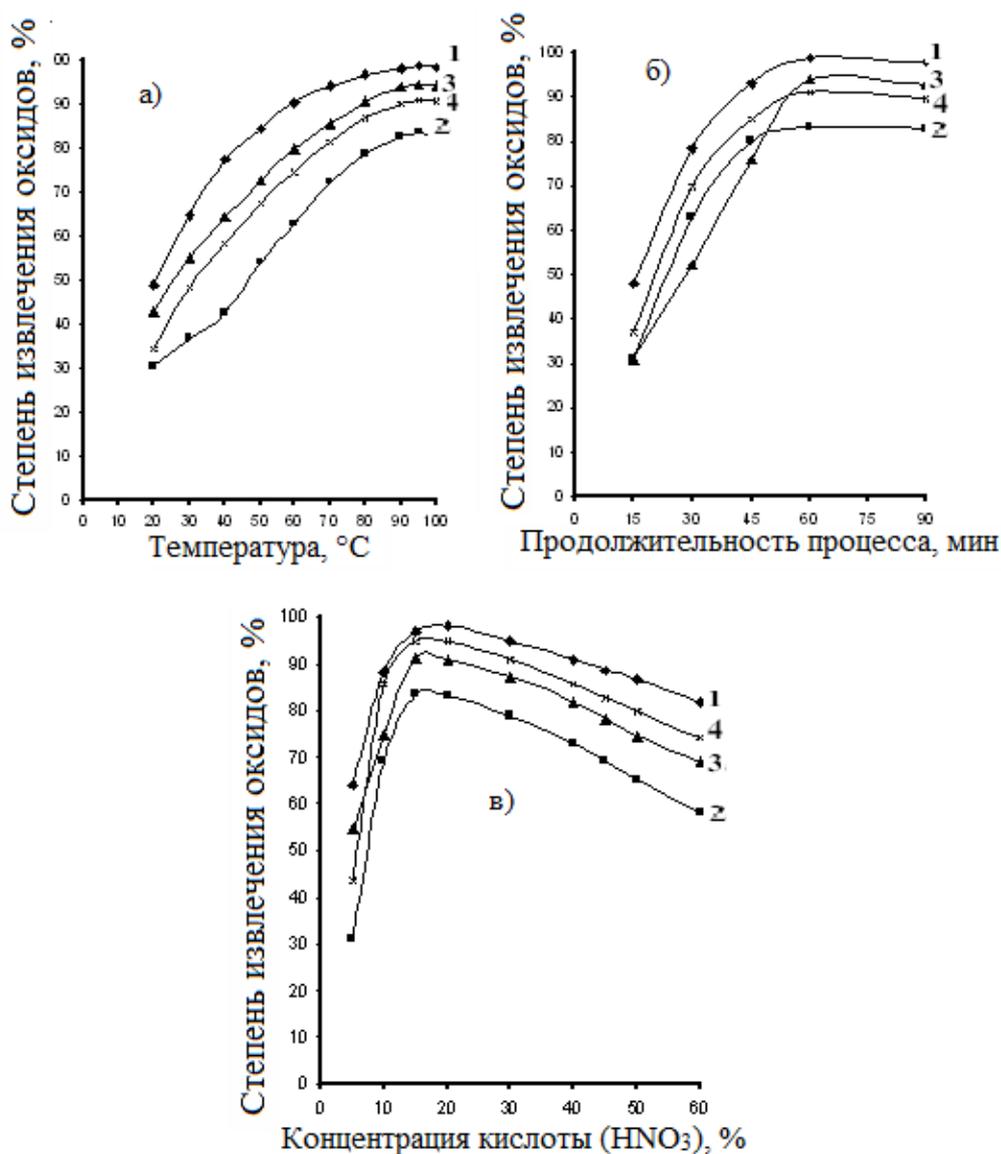


Рисунок 7 - Зависимости степени извлечения оксидов из состава обожжённого концентрата боросиликатной руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HNO₃ (размер частиц <0.1 мм; температура – 95°C; продолжительность процесса – 60 мин; C_{HNO₃} – 15 мас%). 1 – Fe₂O₃; 2 – CaO; 3 – B₂O₃; 4 – Al₂O₃.

Изучена кинетика азотнокислотного разложения концентрата боросиликатной руды. Вычислена экспериментальная энергия активации, равная 14,83 кДж/моль, которая свидетельствует, что процесс протекает в смешанной области.

Разработана принципиальная технологическая схема получения борной кислоты из данбурита месторождения Ак-Архар азотнокислотным способом (рисунок 8), где предлагается до начала кислотного разложения данбуриты обжигать при температуре 950-980°C в течение 60 мин. После термической обработки данбуриты измельчали до размера частиц 0,1-0,3 мм и выщелачивали 15-20% азотной кислотой.

Борную кислоту из раствора выкристаллизовывали, фильтровали и сушили. Предлагается также отделение нитратов алюминия, железа и кальция. Твёрдый остаток состоит из оксида кремния и оксида кальция и неразложившихся частей других минералов, которые можно использовать, как сырьё в промышленности строительных материалов.

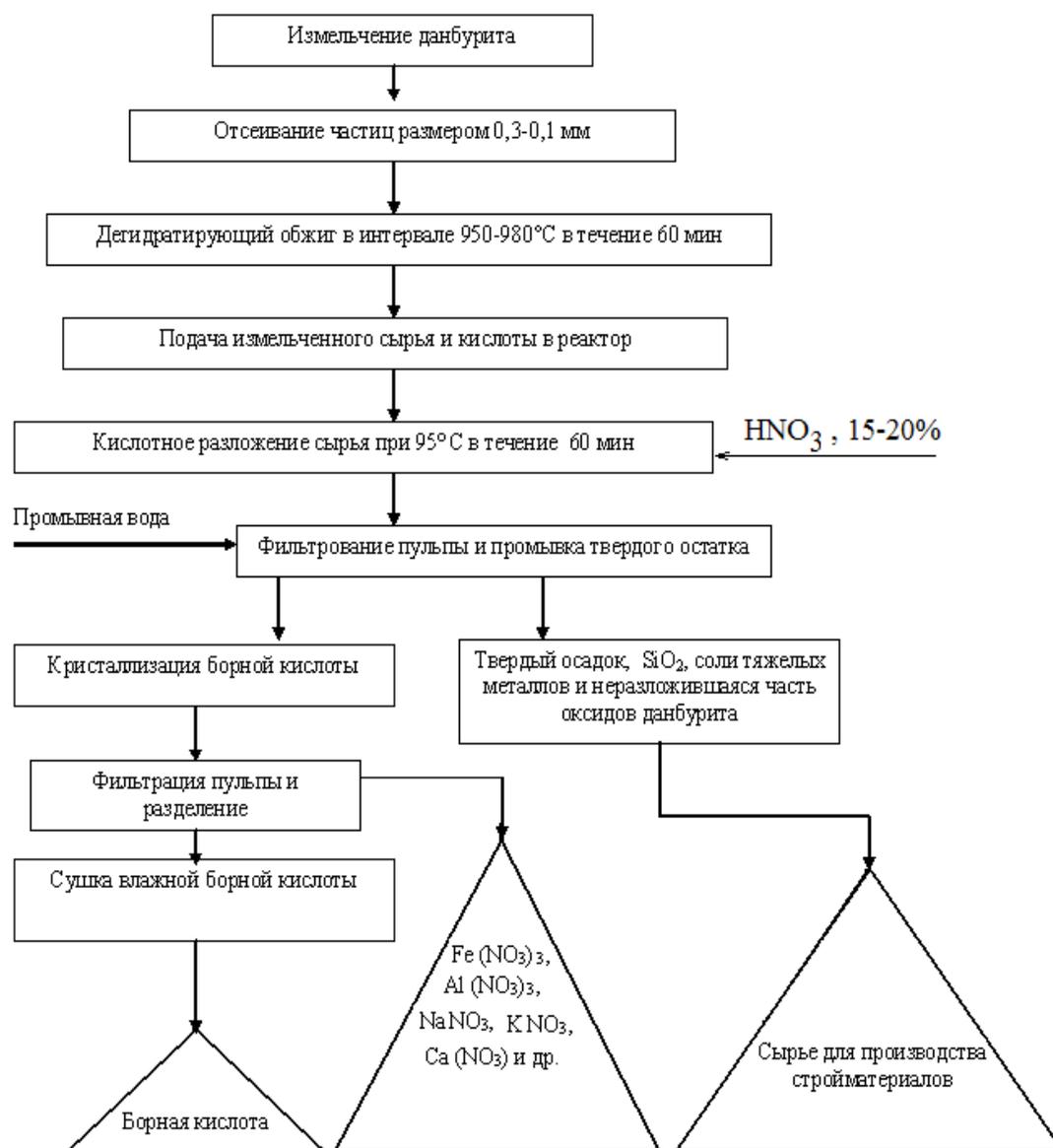


Рисунок 8 - Принципиальная технологическая схема получения борной кислоты из исходного данбурита и данбуритового концентрата азотнокислотным способом.

Разложение боратных руд уксусной кислотой

Изучено разложение исходной и обожжённой боросиликатной руды уксусной кислотой.

На рисунке 9 приведены результаты исследования разложения обожжённой боросиликатной руды уксусной кислотой.

По результатам проведённых исследований по уксуснокислотному разложению предварительно обожжённой борсодержащей руды можно рекомендовать следующие условия: продолжительность процесса кислотного разложения – 60 мин; продолжительность обжига – 60 мин; температура обжига – 950-980°C; температура разложения кислотного разложения – 90°C; стехиометрическое количество уксусной кислоты - 140-150% и концентрация кислоты – 15-20 мас%.

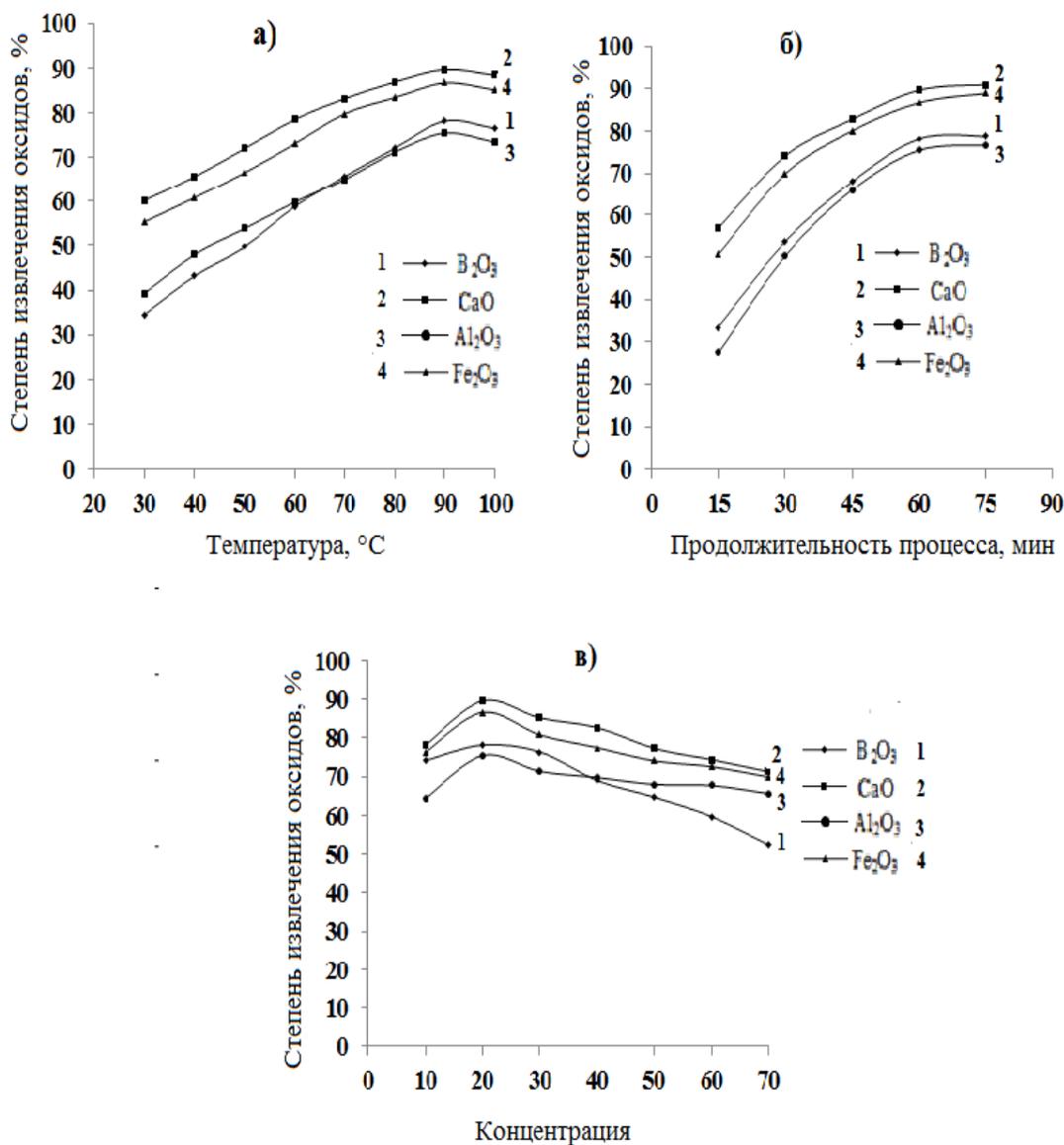


Рисунок 9 - Зависимости степени извлечения оксидов B₂O₃, Fe₂O₃, Al₂O₃ и CaO из состава обожжённой борсодержащей руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации СН₃СООН (размер частиц < 0.1 мм; температура – 90°C; продолжительность процесса – 60 мин).

При уксуснокислотном разложении борного сырья борсодержащая руда химически обогащается, балластные примеси выводятся из технологического цикла, с извлечением в раствор полезных компонентов.

Исследуя результаты химического анализа, выявлено, что при уксуснокислотном разложении степень извлечения оксидов Fe_2O_3 , B_2O_3 и CaO достигает максимальных значений. Результаты химических анализов были подтверждены исследованием штрих-диаграммы остатка борсодержащей руды после проведения уксуснокислотного разложения (рисунок 10).

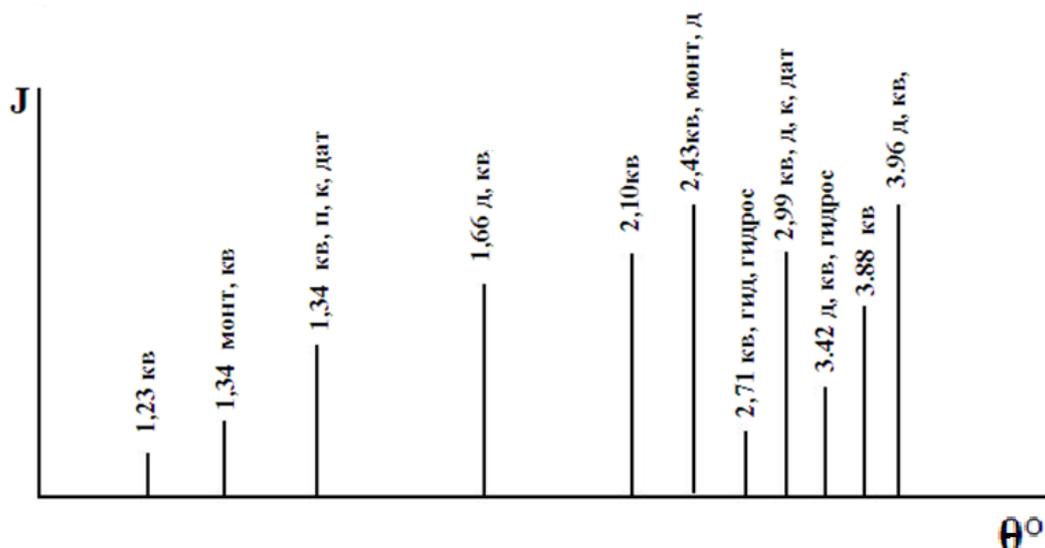


Рисунок 10 - Штрих-диаграмма остатка после уксуснокислотного разложения исходной обожженной боросиликатной руды: кв – кварц, д - данбурит, дат – датолит, к - кальцит, п - пироксен, гид - гидрборацит, гидрос – гидрослюда, м –монтмориллонит.

Разложение концентрата борсодержащей руды уксусной кислотой

Изучено процесса разложение концентрата и обожжённого концентрата борной руды уксусной кислотой.

На рисунке 11 приведены зависимости степени извлечения полезных компонентов от различных параметров процесса.

По результатам проведённых исследований по уксуснокислотному разложению предварительно обожжённого концентрата борсодержащей руды можно рекомендовать следующие условия: продолжительность процесса – 45 мин; продолжительность обжига – 60 мин; температура обжига – 950-980°C; температура разложения – 100°C; стехиометрическое количество уксусной кислоты - 140-150% и концентрация кислоты – 15-20 мас%. Достоверность результатов химических анализов подтверждает штрих-диаграмма остатка борсодержащего концентрата после уксуснокислотного разложения, приведённая на рисунке 12, из которой видно, что пики, относящиеся к железосодержащим минералам: гранату и пироксену, а также к данбуриту, исчезают, а пики, подтверждающие наличие кварца, наоборот увеличиваются. В раствор переходят

бор- и железосодержащие минералы – гранат, пироксены, гидроборцит и данбурит.

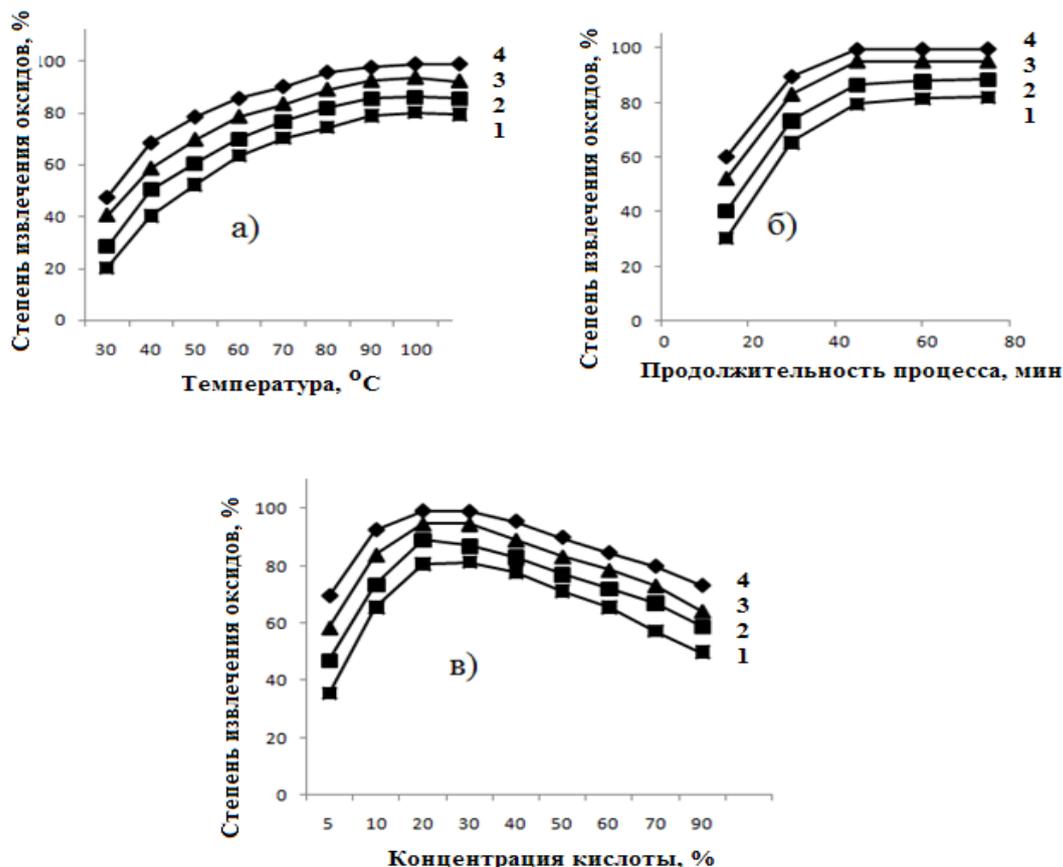


Рисунок 11 - Зависимости степени извлечения оксидов B₂O₃, Fe₂O₃, Al₂O₃ и CaO из состава обожжённого концентрата борсодержащей руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации CH₃COOH (размер частиц < 0.1 мм; температура – 100°C; продолжительность процесса – 45 мин).

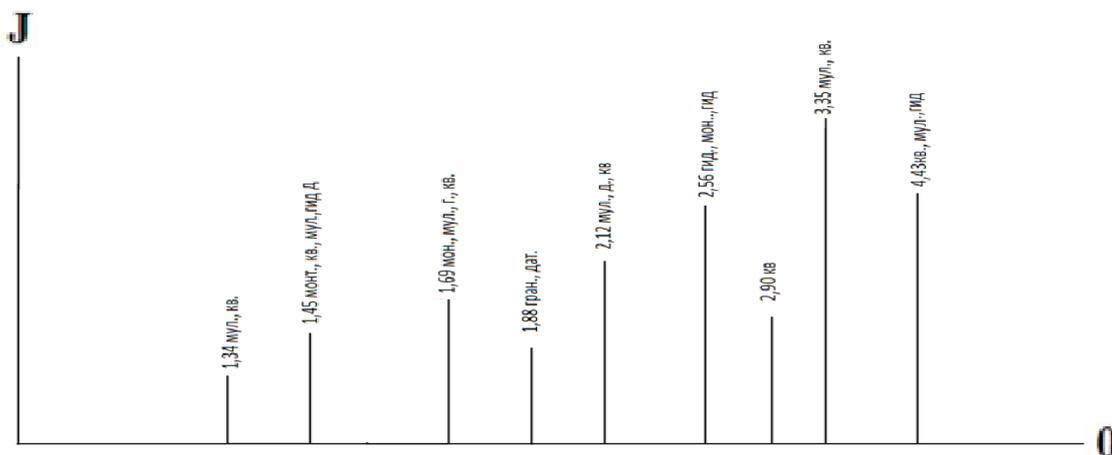


Рисунок 12 - Штрих-диаграмма остатка борсодержащего концентрата после уксуснокислотного разложения: кв – кварц, д – данбурит, дат – датолит, к – кальцит, гидрос – гидрослюда, монт - монтмориллонит, мул - муллит.

Изучена кинетика уксуснокислотного разложения обожжённой руды и обожжённого концентрата.

На рисунке 13 приведены зависимости степени разложения оксида бора от времени (рисунок 13а) и $\lg 1/(1-\alpha)$ от времени (рисунок 13б) при уксуснокислотном разложении концентрата борсодержащей руды.

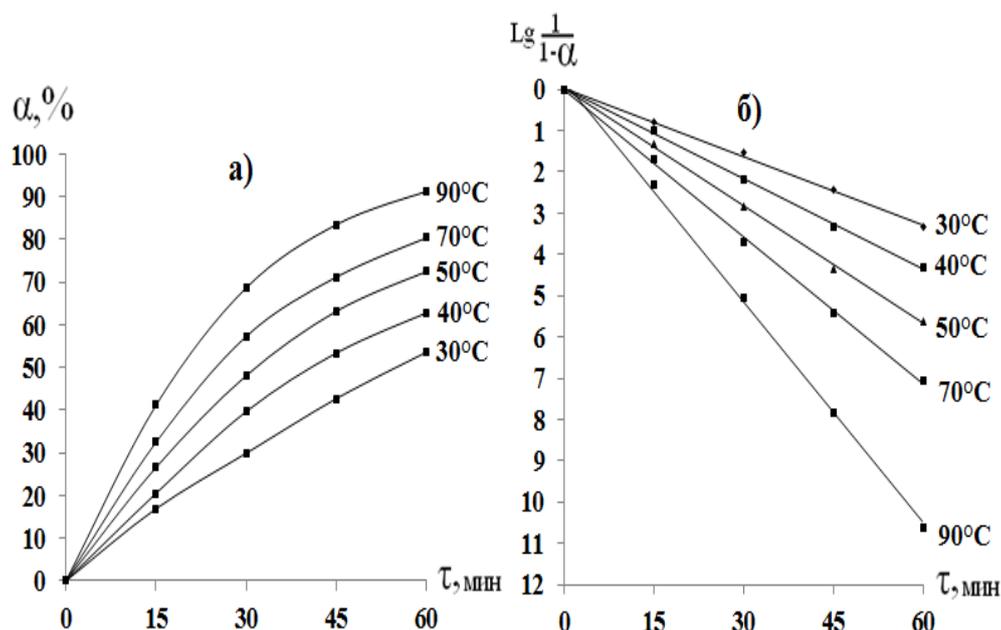


Рисунок 13 - Зависимость степени разложения (α) оксида бора от времени (а) и $\lg 1/(1-\alpha)$ от времени (б) при уксуснокислотном разложении концентрата борсодержащей руды.

Характер кинетических кривых (рисунок 13а) разложения указывает на то, что в течение 60 мин при температуре 90°C степень извлечения B_2O_3 достигает 90.1%.

Константы скорости разложения обожжённого концентрата борсодержащей руды рассчитывали с учетом того, что реакция разложения отвечает уравнению первого порядка.

Из графика зависимости $\lg 1/(1-\alpha)$ от времени (рисунок 13б) видно, что экспериментальные точки при различных температурах удовлетворительно укладываются на прямую линию и имеют отрицательный наклон.

Энергию активации определяли построением графика зависимости $\lg k$ от $(1/T \cdot 10^3)$, при этом получена прямая линия (рисунок 14).

Как видно из рисунка 14, точки удовлетворительно укладываются на прямую линию Аррениуса, по наклону которой вычислена величина кажущейся энергии активации, равная 18,36 кДж/моль. Численное значение энергии активации и зависимость скорости реакции от размера частиц и продолжительности процесса при уксуснокислотном разложении обожжённого концентрата борсодержащей руды свидетельствуют о её протекании в диффузионной области.

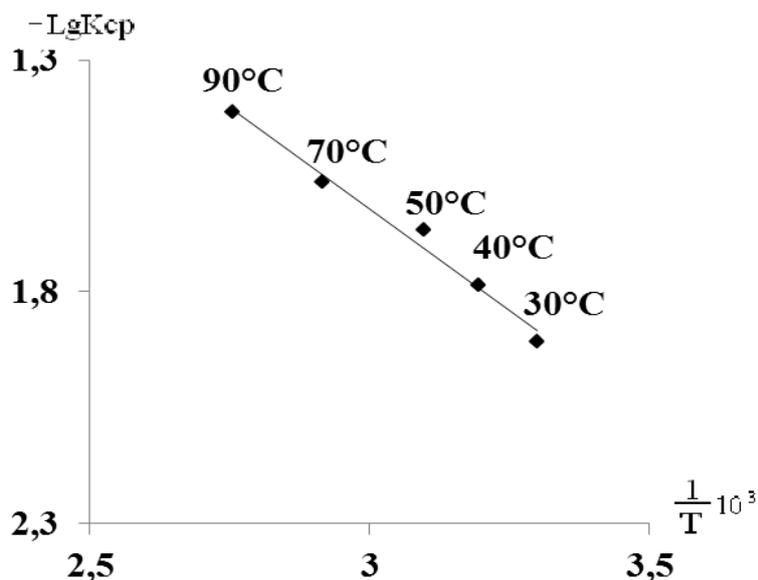


Рисунок 14 - Зависимость LgK от обратной абсолютной температуры при уксуснокислотном разложении концентрата борсодержащей руды.

Разработка принципиальной технологической схемы переработки борсодержащих руд уксусной кислотой

На рисунке 15 представлена принципиальная технологическая схема переработки борсодержащих руд - данбуритов (исходного данбурита и данбуритового концентрата) уксуснокислотным способом, где предлагается до начала кислотного разложения данбуритов обжигать их при температуре 950-980°C в течение 60 мин.

После термической обработки данбуриты измельчали до размера частиц 0,1-0,3 мм и выщелачивали 15-20% уксусной кислотой. Для растворения гидролизованых ацетатов после разложения уксусной кислотой в реакционную смесь добавляем разбавленную соляную кислоту.

Из раствора методом перекристаллизации выкристаллизовывали борную кислоту и фильтрованием отделяли из раствора. После высушивания получается сухая борная кислота. Предлагается также отделение хлоридов алюминия, железа и кальция. Твёрдый остаток состоит из оксидов кремния и кальция и неразложившихся других минералов, как кварц, кальцит, неразложившаяся часть данбурита и др., которых можно использовать, как сырье в промышленности строительных материалов.

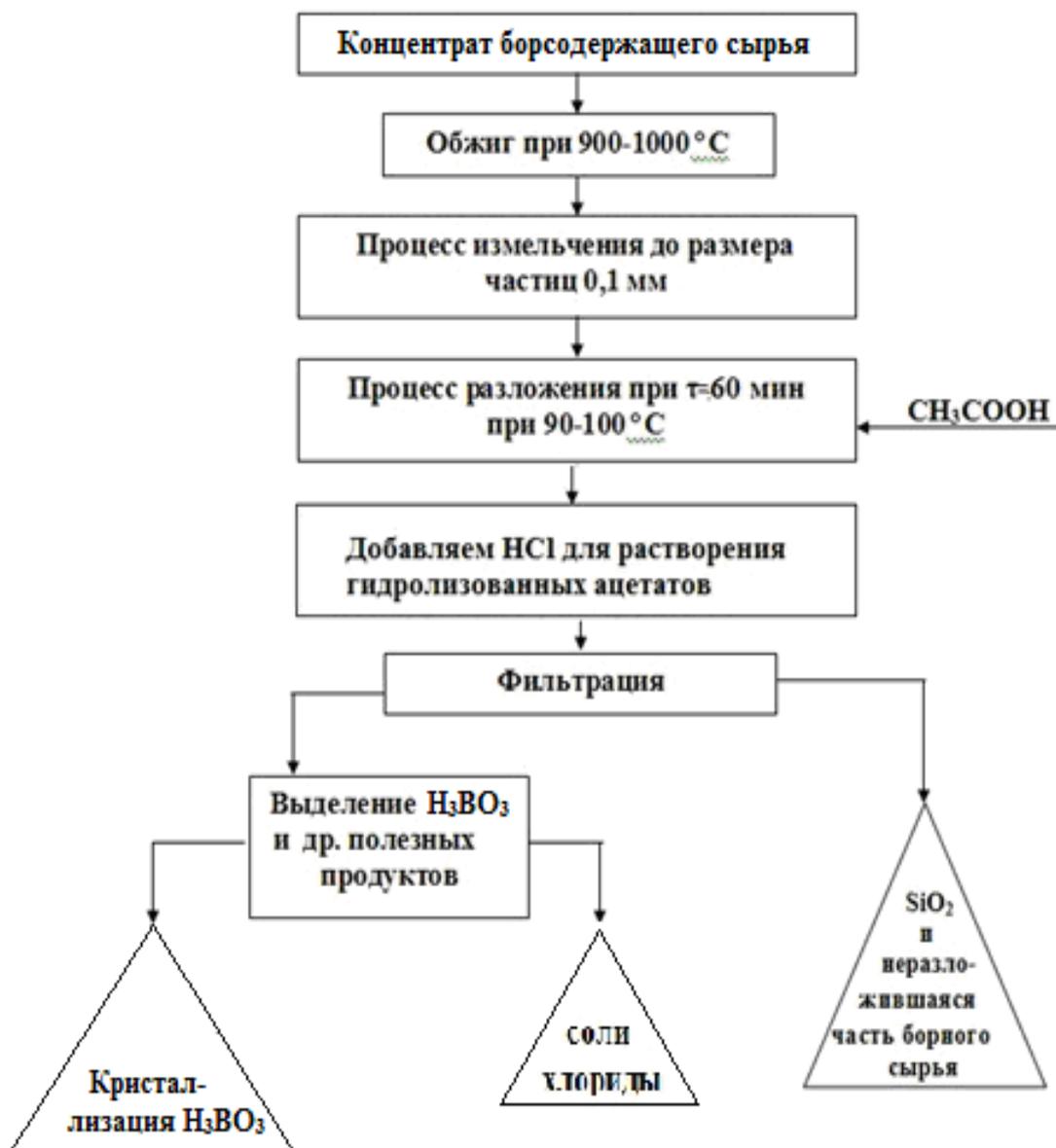


Рисунок 15 - Принципиальная технологическая схема переработки борсодержащих руд уксуснокислотным способом.

ГЛАВА 4. СПЕКАТЕЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД

Спекание боросиликатных руд с NaOH

Изучена переработка исходной и обожжённой борной руды спеканием с NaOH. На рисунке 16 представлена зависимость извлечения оксидов из состава обожжённой борной руды в от различных факторов.

Исходя из полученных результатов, наиболее оптимальными параметрами спекания обожжённых боросиликатных руд являются: температура спекания - 800-850°C, продолжительность процесса спекания - 60 мин и массовое соотношение руды к NaOH, равное 1:1. При таких условиях степень извлечения составляет: B_2O_3 – 79.58%, Al_2O_3 – 78.43%.

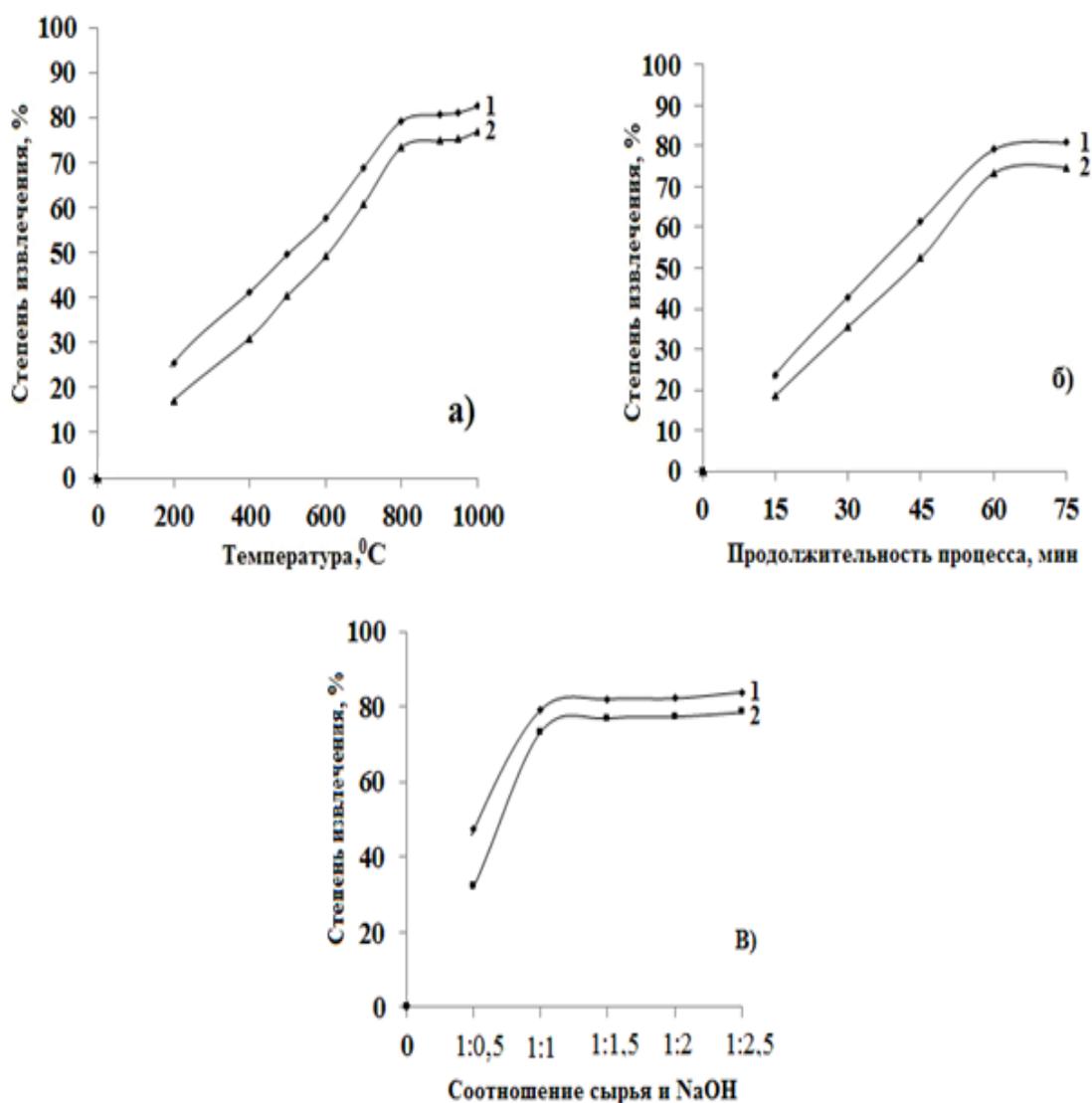


Рисунок 16 - Зависимости степени извлечения оксидов B_2O_3 (1) и Al_2O_3 (2) из состава обожжённой исходной боросиликатной руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) соотношения сырья и NaOH.

В работе также изучена переработка концентрата и обожжённого концентрата борной руды с NaOH.

На рисунке 17 представлены результаты разложения обожжённого концентрата боросиликатной руды с NaOH. Как видно из рисунка 17, при спекании обожжённого концентрата борной руды с гидроксидом натрия, NaOH расходуется в два раза меньше, чем при разложении необожжённой руды. При 750-800°C и массовом соотношении NaOH к сырью, равном 1:1, степень извлечения компонентов достигает максимальных значений.

Изучена кинетика процесса спекания обожжённой исходной боросиликатной руды в присутствии NaOH. Вычисленная энергия активации процесса равна 14,39 кДж/моль, что свидетельствует о протекании процесса в диффузионной области.

В работе также изучена кинетика процесса спекания обожжённого концентрата боросиликатной руды с NaOH. Экспериментальное значение энергии активации процесса равно 14,11 кДж/моль, что свидетельствует о протекании процесса в диффузионной области.

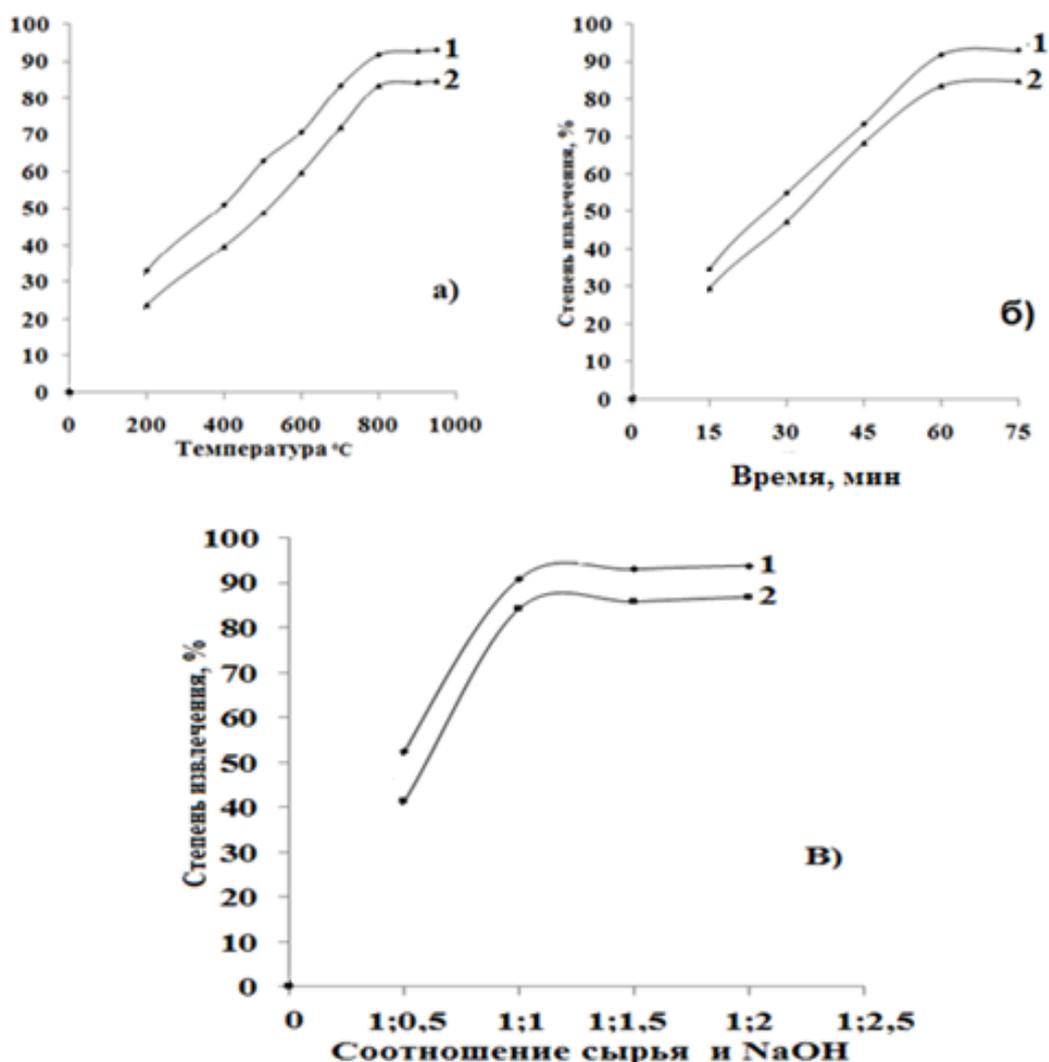


Рисунок 17 - Зависимости степени извлечения оксидов из обожжённого концентрата борного сырья от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) соотношения руды и NaOH (1- B₂O₃, 2 - Al₂O₃).

Разработка принципиальной технологической схемы переработки борного сырья спекательным способом с NaOH

На основании полученных результатов спекания боросиликатных руд с NaOH и водного выщелачивания спека предложена принципиальная технологическая схема (рисунок 18).

Смесь предварительно обожжённой борсодержащей руды и NaOH в соотношении 1:1 загружается на ленточный транспортёр и направляется в реактор для спекания. После процесса спекания при температуре 750-800°C, который

продолжается 60 мин, смесь направляется для измельчения до размера частиц 0,1 мм.

Затем полученный спёк обрабатывают водой для разделения образовавшихся продуктов.

Водную обработку спёка проводят при температуре 80°C, при этом полезные компоненты переходят в раствор, в осадке остаётся большое количество кремнезёма, который облегчает переработку раствора путём кристаллизации и разделения с получением NaBO_2 и NaAlO_2 .

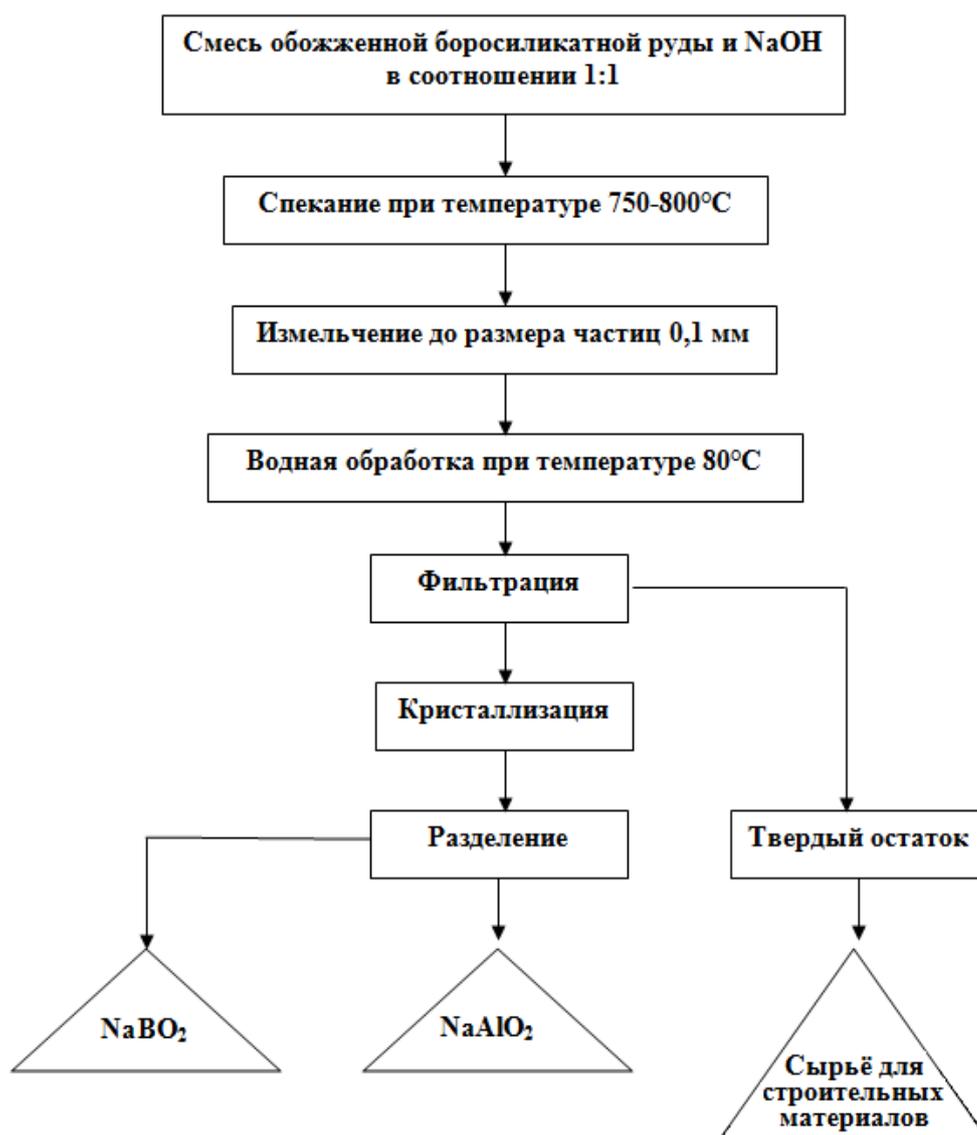


Рисунок 18 – Принципиальная технологическая схема переработки борного сырья спекательным способом с NaOH .

Необходимо отметить, что при водной обработке размер частиц спёка составлял 0,1 мм, соотношение жидкой и твёрдой фаз - (3:1)-(4:1). Пульпу, полученная при этом, была перекачана на нучт-фильтр, где происходило разделение жидкой и твёрдой фаз. В жидкую фазу переходили бор- и алюмосодержащие компоненты.

Степень извлечения полученных компонентов зависит от соблюдения оптимальных параметров процесса спекания.

Переработка исходной боросиликатной руды и её концентрата методом спекания с CaCl_2

В настоящем подразделе приведены результаты, полученные в ходе исследования по разложению исходного боросиликатного сырья после спекания с хлоридом кальция с последующей обработкой соляной кислотой. Вследствие малой растворимости компонентов боросиликатной руды в минеральных кислотах, целесообразно сначала активировать руду с последующей её кислотной обработкой.

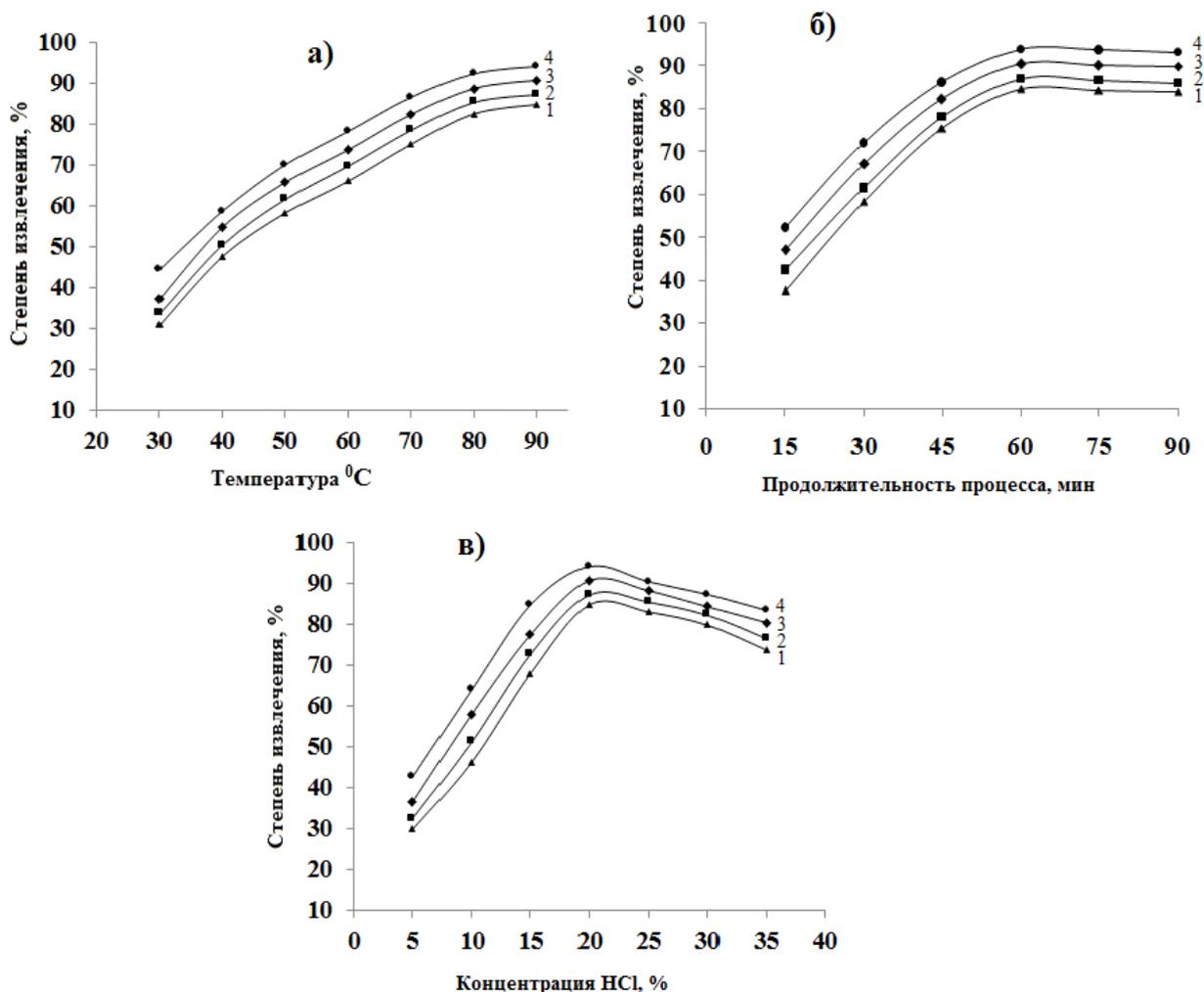


Рисунок 19 – Зависимость степеней извлечения оксидов из спёка исходной боросиликатной руды с CaCl_2 от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HCl (1 – V_2O_5 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Fe_2O_3).

В качестве активатора мы использовали хлорид кальция и активированный уголь. При спекании боросиликатных руд в присутствии хлорида кальция, угля и кислорода воздуха происходит разрушение внутренних конструкций упорных минералов, при этом частично образуются бораты и силикаты кальция, которые

легко растворяются в минеральных кислотах. Термическую обработку смеси боросиликатной руды, хлорида кальция и активированного угля проводили при температуре 800-850°C.

После термической обработки полученный спёк сначала обработали водой при температуре 80°C в течение 1 часа для устранения избыточного количества хлорида кальция. Потом пульпу фильтровали, высушивали, затем обработали 20% HCl.

Было изучено воздействие различных физических и химических факторов, влияющих на процесса солянокислотную обработку полученного спёка при спекание исходной боросиликатной руды и хлорида кальция, результаты которого приведены на рисунке 19.

Результаты исследования влияние различных физико-химических факторов на процесса солянокислотного разложения спёка концентрата боросиликатной руды с хлоридом кальция приведены на рисунке 20.

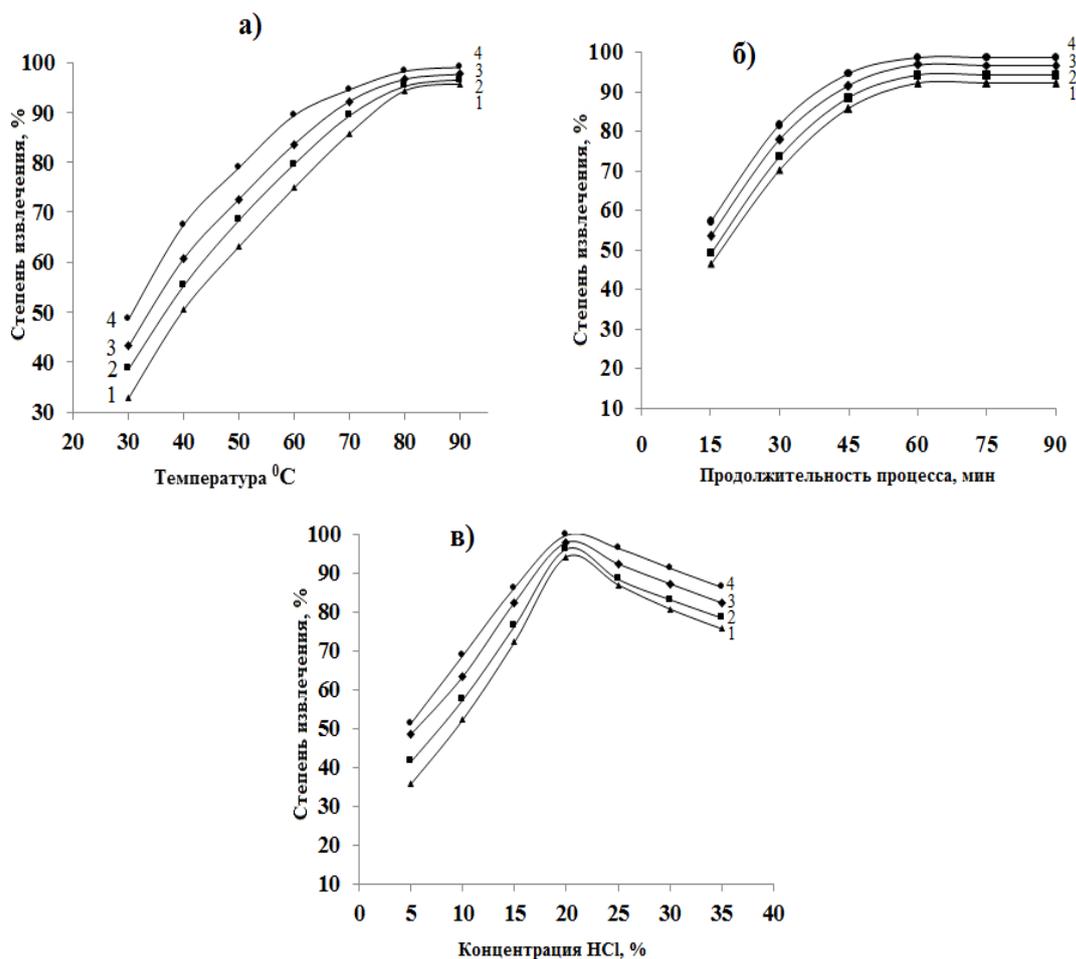


Рисунок 20 - Зависимость степеней извлечения оксидов из спёка концентрата боросиликатной руды с CaCl₂ от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HCl (1 – V₂O₅; 2 – Al₂O₃; 3 – CaO; 4 – Fe₂O₃).

Согласно проведённых опытов и полученных результатов, наиболее эффективными условиями разложения концентрата боросиликатных руд при спекании с хлоридом кальция можно рекомендовать: температура спекания 800-850°C, продолжительность процесса спекания 60 мин, массовое соотношение руды к $\text{CaCl}_2 = 1:2$. При таких условиях в раствор переходит 93.58% V_2O_3 , 95.23% Al_2O_3 и 98.86% Fe_2O_3 .

Изучена кинетика процесса солянокислотного разложения спёка исходной и концентрата борной руды с CaCl_2 .

Величина кажущейся энергии активации - (E) определяли графическом методом, с использованием уравнением Аррениуса, которая при разложения спёка исходной борной руды составила 23,07 кДж/моль, а при разложения спёк концентрата борной руды составило 21,9кДж/мол.

Переработка исходной и концентрата боросиликатной руды методом спекания с NaCl

В диссертационной работе также изучено процесса переработки исходной и концентрата борной руды спекательным методом с NaCl.

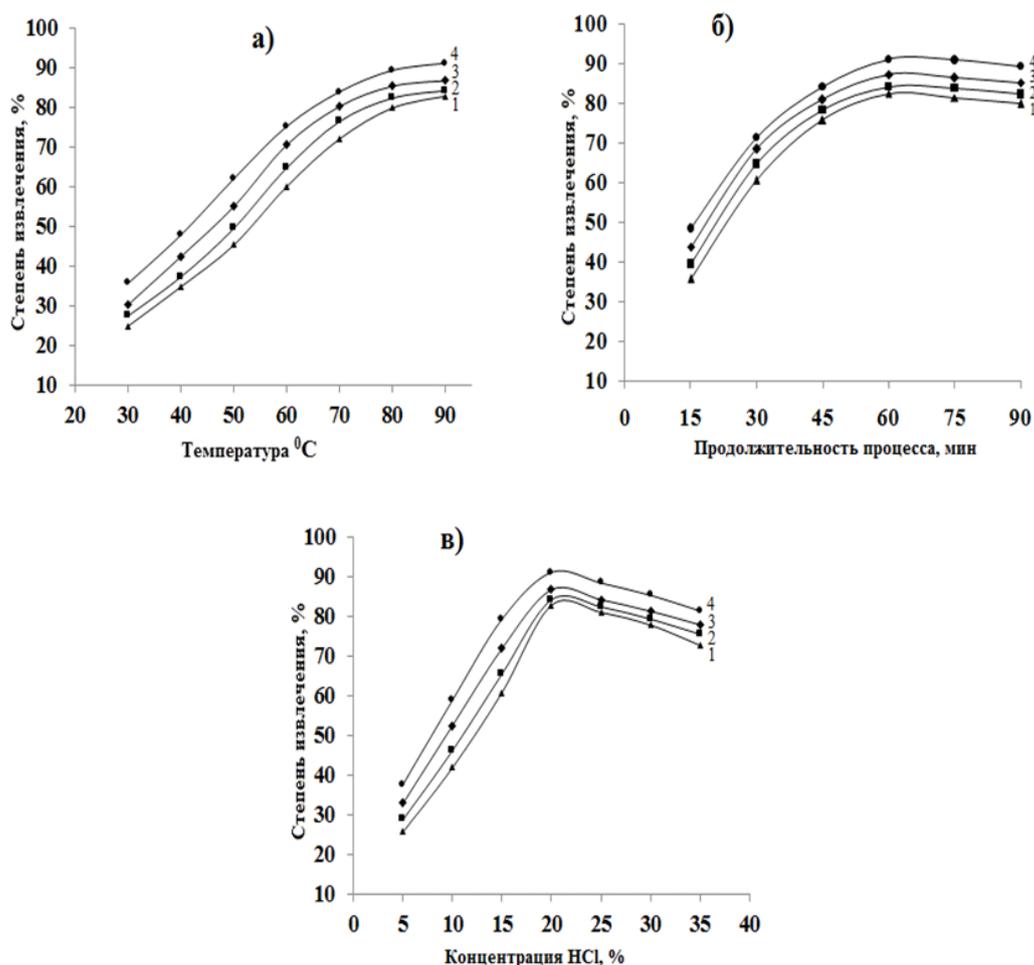


Рисунок 21 - Зависимость степеней извлечения оксидов из спёка исходной боросиликатной руды с NaCl от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HCl (1 – V_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Fe_2O_3).

Результаты исследования влияния различных физико-химических факторов на процесс солянокислотной обработки спека исходной боросиликатной руды с хлоридом натрия приведены на рисунке 21.

Также изучено солянокислотное разложение спека концентрата боросиликатного сырья с NaCl, результаты которого приведены на рисунке 22.

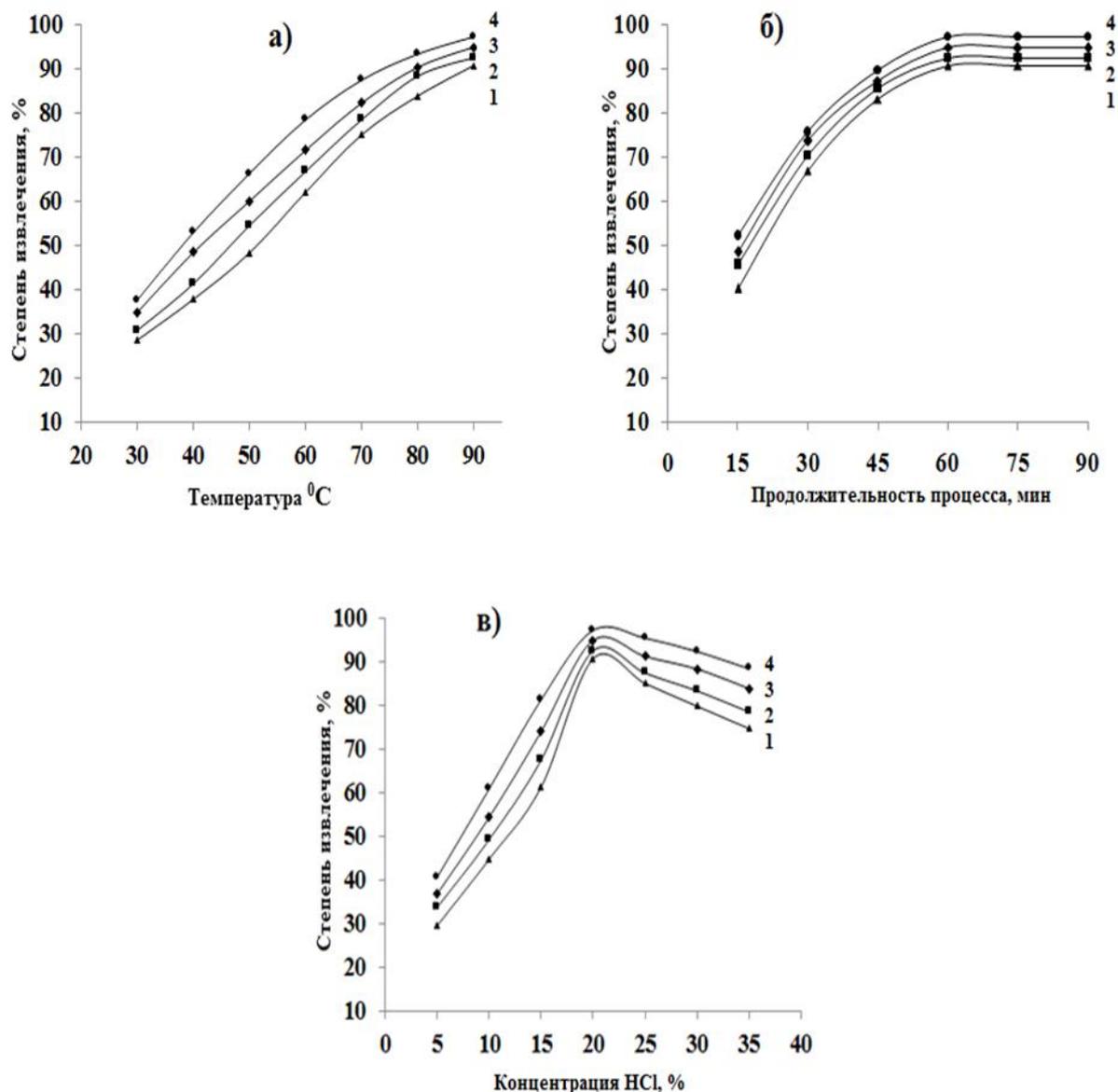


Рисунок 22 - Зависимости степеней извлечения оксидов из спека концентрата боросиликатной руды с NaCl от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HCl (1 – B_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO; 4 – Fe_2O_3).

В ходе проведения экспериментов для процесса солянокислотной обработки спека исходной боросиликатной руды и её концентрата с NaCl найдены рациональные условия проведения процесса: температура спекания 800-850 $^{\circ}C$, температура кислотного разложения – 90 $^{\circ}C$; время проведения процесса – 1 час; при этих условиях извлечение полезных компонентов из состава спека исходной

боросиликатной руды составляет более 82%, а в случае концентрата боросиликатной руды - более 90%

На основе полученных значений и известных уравнений (уравнение Аррениуса и кинетические уравнения) вычислена кажущаяся энергия активации процесса солянокислотного разложения спёка исходной боросиликатной руды с NaCl, которая составила 27,0 кДж/моль.

Величина энергии активации для спёка концентрата боросиликатного сырья с NaCl, рассчитанная по прямой линии Аррениуса, составляет 22,07 кДж/моль.

Принципиальная технологическая схема переработки боросиликатных руд методом спекания с CaCl₂

Промышленное применение спекательного способа переработки боросиликатных руд обуславливается доступностью технического оборудования и использованием доступных реагентов - хлоридов натрия и кальция, которые значительно снижают себестоимость полученных продуктов.

Способ комплексной переработки боросиликатных руд спеканием с хлоридами CaCl₂ и NaCl включает следующие основные стадии:

- подготовка смеси борного сырья и CaCl₂ после измельчения;
- спекание смеси при 750-850°C;
- процесс измельчения спёка;
- водная обработка для удаления остатков хлоридов;
- фильтрация после водной обработки;
- кислотное разложение соляной кислотой;
- выделение полезных компонентов (B₂O₃, FeCl₃, AlCl₃);
- выделение остатков CaCl₂ после водной обработки для повторного использования.

На рисунке 23 представлена разработанная принципиальная технологическая схема по переработке боросодержащего сырья (исходного боросодержащего сырья и его концентрата) спекательным способом с применением солей - хлоридов кальция. Вначале смесь боросиликатной руды и названных солей спекается в течение 1 часа при температуре от 800 до 850°C. Полученный в результате термической обработки спёк дробили до размеров частиц около 0.1 мм и обрабатывали водой при температуре 80°C для устранения избыточного количества хлоридов кальция.

Потом пульпу фильтровали, высушивали, затем обработали 20% соляной кислотой. Был получен солянокислый раствор, из которого методом кристаллизации выкристаллизовали борную кислоту, фильтрованием отделяли из раствора и высушивали. Побочными полезными продуктами в данной технологической схеме являются хлориды алюминия, железа и кальция. Неразложившиеся минералы - кварц, кальцит и другие возможно использовать в качестве сырья для строительных материалов.

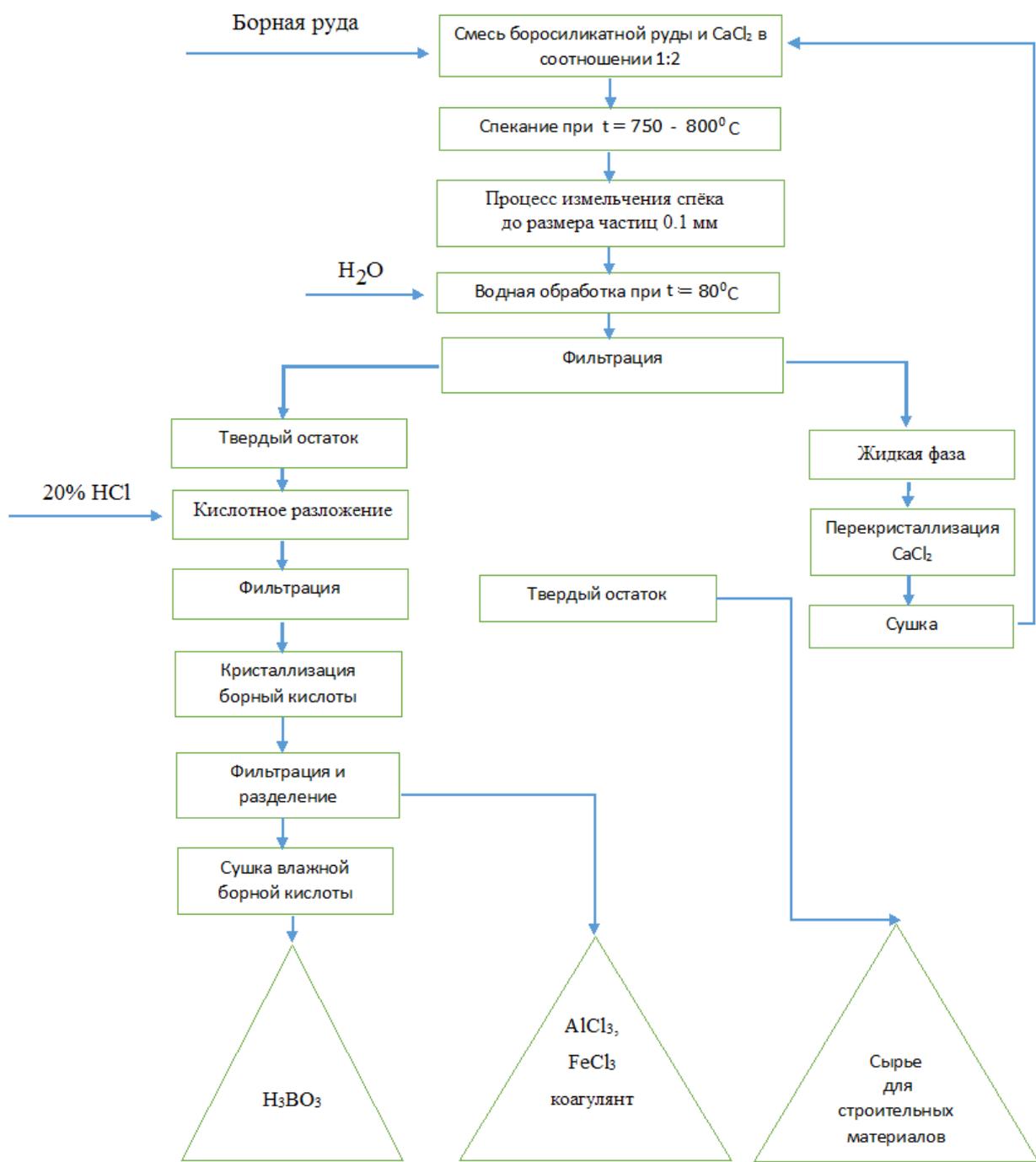


Рисунок 23 – Принципиальная технологическая схема по переработке боросиликатных руд спеканием с хлоридом кальция.

Принципиальная технологическая схема переработки боросиликатных руд методом спекания с хлоридом натрия

На рисунке 24 представлена разработанная принципиальная технологическая схема переработки борсодержащего сырья спекательным способом с применением хлоридов натрия.

Раствор, представляющий собой смесь соединений бора, алюминия и железа, разделяют путём кристаллизации борной кислоты, смесь растворов алюминия и железа можно применять в качестве смешанного коагулянта для

очистки вод. Как показали исследования, проведённые нами, полученные солянокислые растворы железа и алюминия обладают сильными коагулирующими свойствами и являются эффективными коагулянтами.

Таким образом, метод спекания позволяет повысить степень извлечения полезных компонентов из боросиликатной руды.

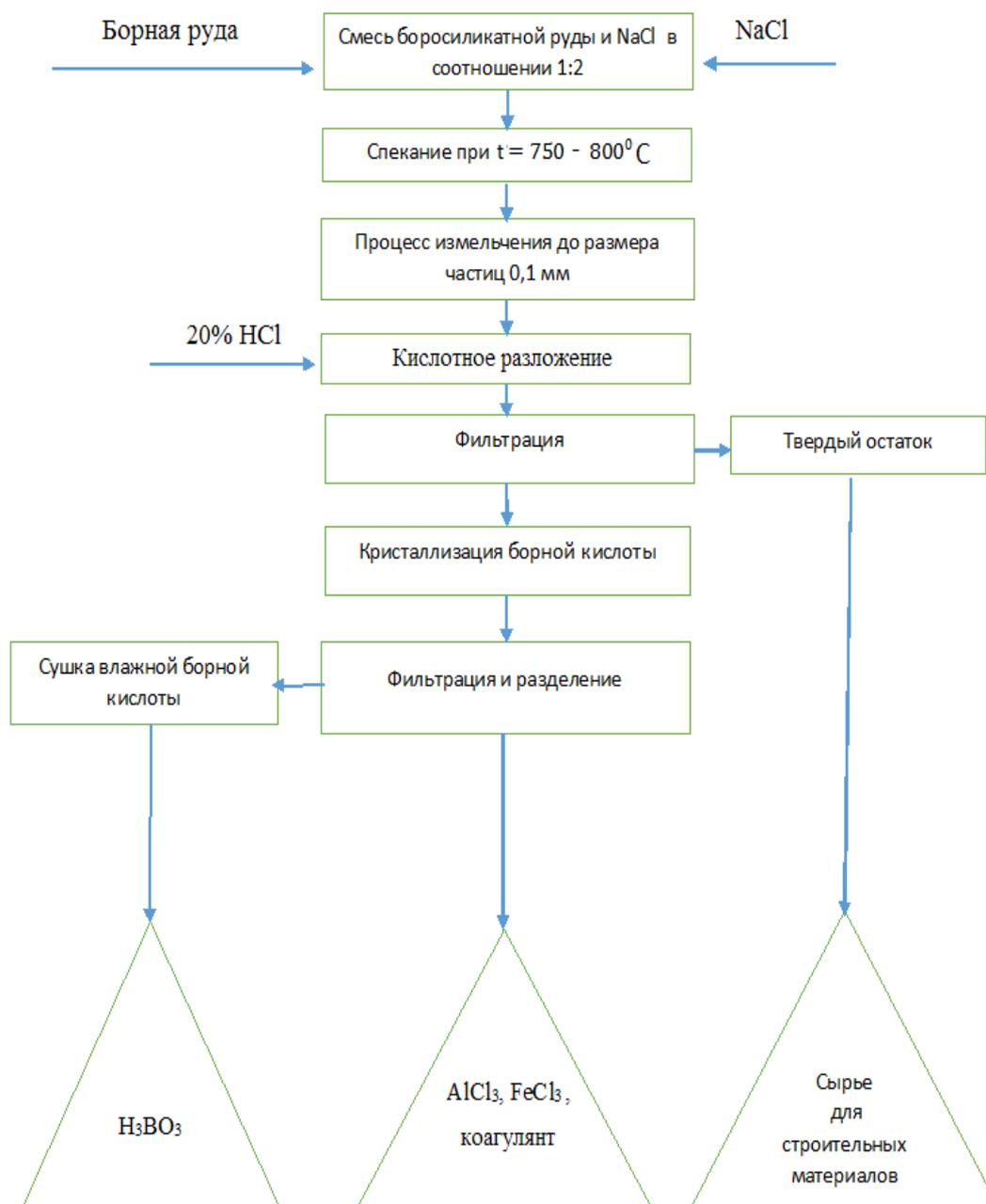


Рисунок 24 - Принципиальная технологическая схема переработки боросиликатных руд методом спекания с хлоридом натрия.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящей работе рассмотрен вопрос переработки боросиликатных руд Таджикистана азотной и уксусной кислотами. Изучены процессы разложения борного сырья в широком интервале параметров технологического процесса:

температура, концентрация кислоты, продолжительность процесса и размер частиц.

Проведённые исследования по разработке физико-химических основ и технологии кислотного разложения борного сырья позволили найти оптимальные условия выделения полезных компонентов и выбрать наиболее подходящую кислоту для разложения.

Изучено влияние температуры, длительности процесса, концентрации и дозировки кислоты на процесс разложения, что играет важную роль в нахождении оптимальных технологических параметров.

Во многих процессах разложения боросиликатных руд скорость выщелачивания описывается уравнением первого порядка. Определена энергия активации с использованием уравнения Аррениуса. Показано, что разложение протекает в кинетической или диффузионной областях.

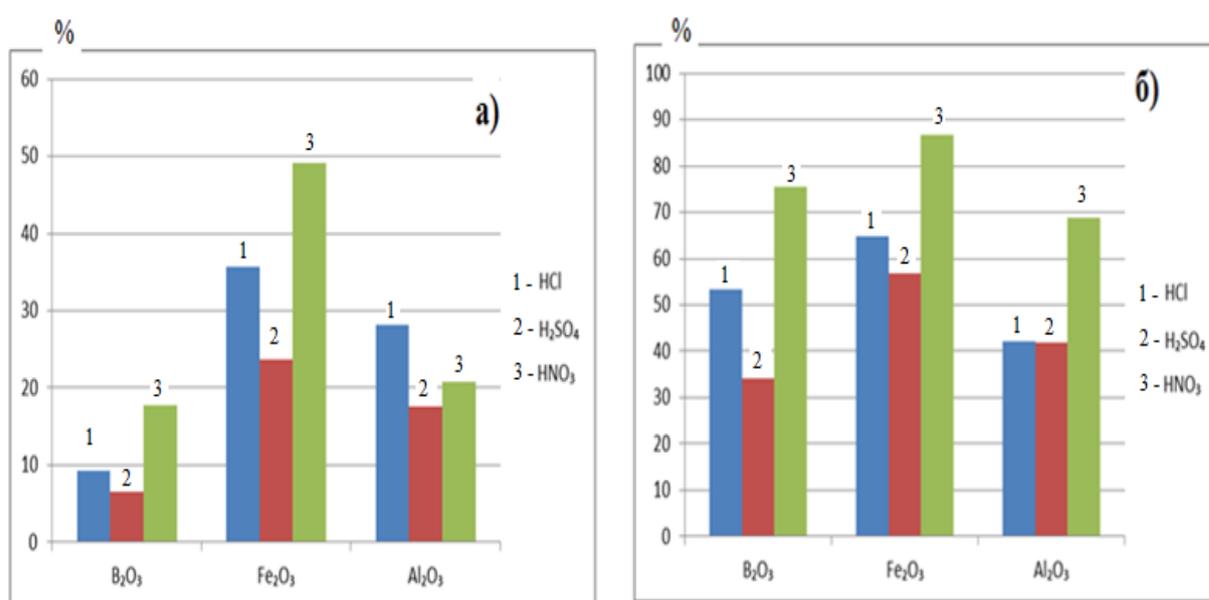


Рисунок 25 – Извлечение полезных компонентов из боросиликатных руд: а) исходная руда; б) обожжённая исходная руда.

В таблице 6 приведены результаты разложения боросиликатных руд кислотами при оптимальных параметрах. Как видно из таблицы 6, максимальное извлечение оксида бора (93,9%) наблюдается при извлечении азотной кислотой и при следующих оптимальных условиях: температура процесса - 95°C, продолжительность процесса – 60 мин, концентрация кислоты – 15%. Борная руда была предварительно термически обработана при 950°C.

В таблице 6 и на рисунках 25 и 26 систематизированы полученные экспериментальные данные по разложению боросиликатных руд минеральными кислотами – HCl, H₂SO₄, HNO₃, а также уксусной кислотой.

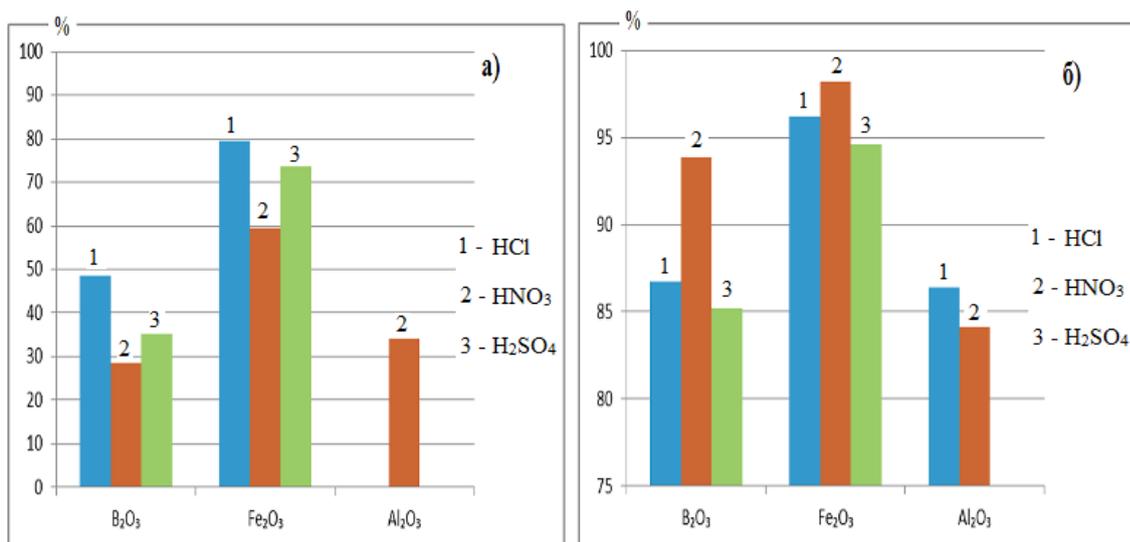


Рисунок 26 – Извлечение полезных компонентов из концентрата боросиликатной руды: а) концентрат; б) обожжённый концентрат.

Как видно из таблицы 6, наиболее подходящими кислотами являются HNO₃ и CH₃COOH. При оптимальных параметрах разложения: температуре 95°C, продолжительности процесса 60 мин извлечение B₂O₃ в случае обожжённого концентрата боросиликатной руды составляет более 90%.

Обобщая данные по разложению боросиликатных руд, необходимо отметить, что для переработки наиболее подходящим сырьём является обожжённый концентрат боросиликатной руды.

В данной работе также обобщены результаты сравнительной оценки спекания борной руды Ак-Архарского месторождения Таджикистана щёлочью и хлоридом кальция, найдены оптимальные параметры процесса спекания и предложены наиболее доступные реагенты для спекания.

Как было отмечено выше, при спекании исходной боросиликатной руды с содержанием B₂O₃ – 10,4% с NaOH найдены следующие оптимальные параметры: температура спекания 800°C; продолжительность процесса 60 мин; соотношение реагентов 2:1. В этих условиях степень извлечения составила (в %): B₂O₃ – 67.2; Al₂O₃ – 63.3.

Выявлено, что наиболее эффективными условиями разложения обожжённых боросиликатных руд при спекании с гидроксидом натрия являются следующие: температура спекания 800-850°C; продолжительность процесса спекания 60 мин; массовое соотношение руды и NaOH – 1:1. При этих условиях в раствор переходит 79.58% B₂O₃ и 73.43% Al₂O₃.

Как было отмечено, термическое спекание проводили в присутствии хлорида кальция и угля при температуре 800-850°C. После термической обработки спёк обрабатывали водой для удаления избытка CaCl₂. Затем пульпу отфильтровывали и обрабатывали 20% соляной кислотой.

Таблица 6 - Разложение боросиликатных руд кислотами при оптимальных параметрах

Кислоты	Боросиликатная руда											
	исходная боросиликатная руда			обожжённая боросиликатная руда			концентрат боросиликатного сырья			обожжённый концентрат боросиликатного сырья		
	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
HCl , оптимальные параметры разложения: t=80-90°C, τ=60 мин, C _{HCl} =20%	9.28	35.6	28.1	53.2	64.7	42.2	25.6	62.4	-	86.7	96.2	86.4
H₂SO₄ , оптимальные параметры разложения: t=90-95°C, τ=60 мин, C _{H₂SO₄} =30-40%	6.5	23.6	17.6	34.1	56.8	41.9	23.1	59.6	-	85.2	94.6	-
HNO₃ , оптимальные параметры разложения: t=95°C, τ=60 мин, C _{HNO₃} =15%	17.7	49.1	20.8	75.4	86.7	68.9	28.5	65.6	34.2	93.9	98.2	84.1
CH₃COOH , оптимальные параметры разложения: t=100°C, τ=45 мин, C _{CH₃COOH} =20%	19,7	15,4	11,6	76,5	85,1	73,4	20,9	17,6	12,5	90,1	88,2	93,5

Нами после проведения опытов рекомендованы следующие эффективные условия разложения концентрата боросиликатного сырья при спекании с хлоридом кальция: температура спекания – 900-950°C; продолжительность спекания – 80 мин; массовое соотношение руды и CaCl₂ составляет 1:2.

После спекания и водно-кислотной обработки оптимальными условиями выделения полезных компонентов для исходного борного сырья и его концентрата являются: температура – 90°C; продолжительность процесса – 60 мин; концентрация соляной кислоты – 20%.

Таким образом, степень извлечения оксидов из спека с участием исходного сырья и CaCl₂ составляет (в %): B₂O₃ – 84.3; Al₂O₃ – 87.3; Fe₂O₃ – 94.1. Для спека с участием концентрата борного сырья и CaCl₂ составляет (в %): B₂O₃ – 93.2; Al₂O₃ – 95.3; Fe₂O₃ – 98.6.

В таблице 7 и на рисунках 27 и 28 систематизированы полученные данные по спеканию боросиликатных руд с различными реагентами.

Таблица 7 - Спекание боросиликатной руды с различными реагентами

Реагенты	Исходная боросиликатная руда			Обожжённая боросиликатная руда		Концентрат боросиликатного сырья			Обожжённый концентрат боросиликатного сырья	
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃
NaOH	63.3	-	67.2	73.4	79.2	79.8	-	88.7	85.2	92.4
CaCl ₂	87.3	94.1	84.3	-	-	95.3	98.6	93.2	-	-
NaNO ₃	86.8	86.5	72.2	-	-	-	-	-	-	-

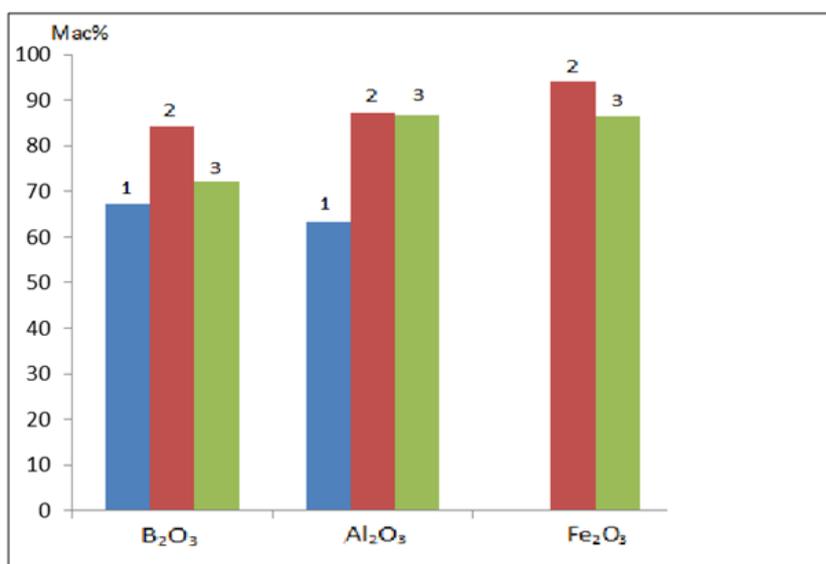


Рисунок 27 - Извлечение полезных компонентов из исходной боросиликатной руды методом спекания (1 – NaOH, 2 – CaCl₂, 3 – NaNO₃).

Как видно из таблицы 7 и рисунков 27 и 28, при спекании руды с CaCl₂ степень извлечения полезных компонентов выше, и CaCl₂ является наиболее

дешёвым и доступным реагентом. Кроме того, при спекании наиболее подходящим сырьём является концентрат боросиликатной руды.

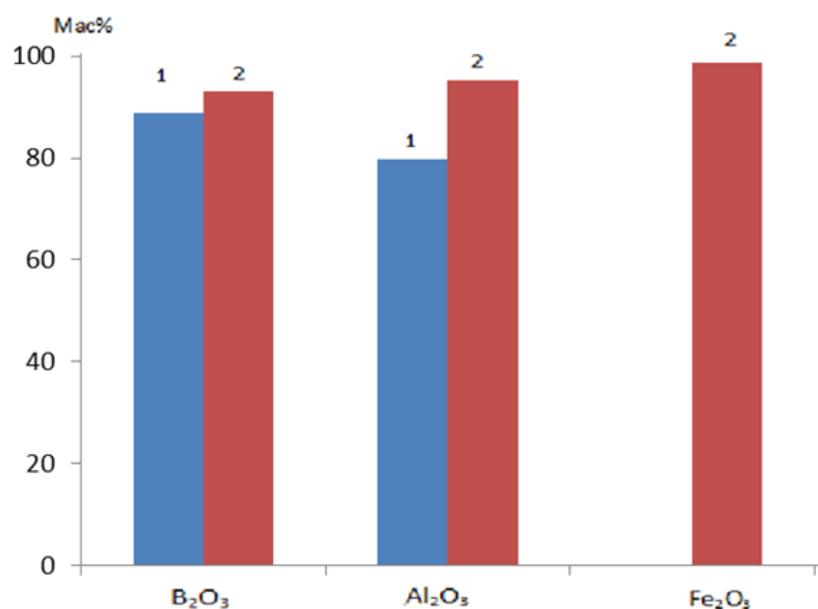


Рисунок 28 - Извлечение полезных компонентов из концентрата боросиликатной руды (1 – NaOH, 2 – CaCl₂).

Как видно из экспериментальной части, и из ряда работ по изучению кинетических процессов, разложение борной руды протекает, в зависимости от условий процесса, в диффузионной или кинетической областях.

Как известно, гетерогенные химические реакции протекают, когда имеет место молекулярная или конвективная диффузия веществ к поверхности веществ. Из значений энергии активации разложения боросиликатных руд, в случае с азотной кислотой численное значение энергии активации исходной руды выше, чем в случае концентрата руды, что закономерно.

В процессе разложения руды с соляной и серной кислотами значения энергии активации исходной боросиликатной руды ниже, чем в случае концентрата борной руды. Здесь, по-видимому, имеет значение предварительный обжиг исходной руды.

В случае разложения руды уксусной кислотой значения энергии активации практически не изменяются для исходной руды и её концентрата.

Таким образом, кинетика разложения борной руды минеральными кислотами показывает, что градиент концентрации реагирующих веществ является причиной возникновения диффузионных процессов.

Для спекательного процесса использование CaCl₂ и NaOH дают наибольший выход полезных продуктов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации:

1. Выявлены минералогический и химический составы боросиликатных руд месторождения Ак-Архар Республики Таджикистан методами рентгенофазового, дифференциально-термического и химического анализа. Изучены физико-химические свойства исходного и обожжённого борсодержащего сырья, а также продуктов их переработки в процессе разложения азотной и уксусной кислотой [1,5,36,40,51,52-А].
2. Выявлены наиболее рациональные условия разложения обожжённой и необожжённой боросиликатной руды азотной и уксусной кислотой. Найдены оптимальные параметры процесса: температура разложения 90°C в течение одного часа, концентрация кислоты 20%. [1,4,8,13,14,17,18,30,38,39,44,50,53,54-А].
3. Найдены наиболее рациональные условия процесса разложения борсодержащего концентрата азотной и уксусной кислотой: температура разложения 90°C в течение одного часа, концентрация HNO_3 – 15-20%, CH_3COOH – 15-20%, максимальное извлечение борного продукта равно для уксусной кислоты - 90,3%, для азотной кислоты – 93,9% [1,3,6,7,11,12,13,15,18,21,22,23,37,41,44,45,49,50-А].
4. Изучена кинетика разложения обожжённой и исходной борсодержащей руды азотной и уксусной кислотами. Процесс разложения протекает в диффузионной области, о чем свидетельствует кажущаяся энергия активации процесса, равная для уксусной кислоты 19,0 кДж/моль, для азотной кислоты – 21.19 кДж/моль [1,4,44,46-А].
5. Изучена кинетика азотно- и уксуснокислотного разложения обожжённого борсодержащего концентрата. Процесс разложения также протекает в диффузионной области, о чем свидетельствует кажущаяся энергия активации процесса, равная для уксусной кислоты – 18.6 кДж/моль, для азотной кислоты – 14.83 кДж/моль [1,6,7,10,15-А].
6. Разработана принципиальная технологическая схема уксуснокислотной и азотнокислотной переработки борсодержащей руды Ак-Архарского месторождения Таджикистана с получением борного продукта, включающая следующие этапы: обжиг при 950°C, измельчение руды, выщелачивание уксусной кислотной, фильтрация пульпы, кристаллизация продукта, разделение и сушка [1,38,52-А].
7. Найдены оптимальные параметры разложения боросиликатных руд с использованием NaOH, составившие:
для исходной руды: температура - 950°C, длительность обработки NaOH - 1 час, соотношение NaOH : сырьё - 2:1. Извлечение оксида бора при этих параметрах составило 68.1%;
для обожжённой руды: температура спекания - 800-850°C, продолжительность процесса спекания - 1 час и массовое соотношение руды к NaOH - 1:1. При таких условиях степень извлечения B_2O_3 равна 79.58%;

для концентрата руды: температура - 950°C, длительность обработки NaOH – 1 час, соотношение NaOH : сырьё - 2:1, при этих условиях степень извлечения В₂О₃ достигает более 88%;

для обожжённого концентрата: температура - 750-800°C, длительность обработки NaOH – 1 час, массовое соотношение руды к NaOH 1:1. При таких условиях в раствор переходит 91.58% В₂О₃ [2,5,12,16,22,27,28,31,35,47 -А].

8. Исследована кинетика процессов разложения исходной и предварительно обожжённой боросиликатной руды спеканием с гидроксидом натрия, которые показывают, что процессы протекают в диффузионной и кинетической областях. Исследована также кинетика процессов разложения концентрата и обожжённого концентрата боросиликатной руды спеканием с гидроксидом натрия, которые показывают, что процессы протекают в диффузионной области [2,5,9,19,25,26-А].
9. Разработана принципиальная технологическая схема по переработке боросиликатной руды месторождения Ак-Архар спекательно-щелочным методом, включающая следующие этапы: обжиг сырья при температуре от 900 до 950°C, спекание со щёлочью, выщелачивание водой при 80°C, фильтрация полученной пульпы, кристаллизация полученных при разложении продуктов, их разделение и высушивание [2-А].
10. Найдены оптимальные параметры спекания исходной и концентрата боросиликатной руды с использованием CaCl₂ и NaCl, найдены оптимальные параметры процесса спекания и последующей кислотной обработки при следующих оптимальных параметрах: температура 90°C, продолжительность процесса – 1 час; соотношение концентрат руды : натрийсодержащие реагенты – 1:2 [2,20,24,26,28,29,31,35,42,43,48,53,54-А].
11. Исследованы кинетические процессы спекания боросиликатной руды и её концентрата с CaCl₂, найдены числовые величины энергии активации и определено, что процесс протекает в диффузионно контролируемой области [2,32,33,34-А].
12. Разработана принципиальная технологическая схема по переработке боросиликатных руд и их концентратов методом спекания с кальций- и натрийсодержащими реагентами по отдельности, включающая следующие этапы: спекание сырья при температуре 800-850°C, водно-кислотное выщелачивание после процесса спекания, фильтрация пульпы, разделение и кристаллизация полезных компонентов [2,42,43-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов:

- разработанную технологию переработки боросиликатных руд Таджикистана рекомендовано использовать для получения соединений бора, кальция, алюминия и железа;

- также разработанную технологию рекомендовано использовать при азотнокислотной переработке руд с целью получения борной кислоты и нитратов калия, натрия и кальция которые используются в качестве комплексных удобрений в сельском хозяйстве;

- разработан и рекомендован способ получения борного стекла из боросиликатного сырья Таджикистана, который используется в области ядерной безопасности, как материал для защиты от нейтронов;
- рекомендовано разложение боросиликатного сырья с применением уксусной кислоты. Показано получение ацетатов алюминия и ацетатов железа, используемых, как сырьё в текстильной промышленности и в медицине в качестве гомеопатических препаратов;
- рекомендовано разложение боросиликатного сырья спеканием с применением различных кальций- и натрийсодержащих реагентов;
- показано получение борной кислоты, в также хлоридов алюминия и железа, которые используются в качестве смешанных коагулянтов для очистки питьевой воды.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии:

[1-А]. Мирсаидов, У.М. Кислотное разложение боросиликатных руд / У.М. Мирсаидов, **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов. – Душанбе: Дониш, 2015. – 96 с.

[2-А]. Мирсаидов, У.М. Спекательные методы переработки боросиликатных руд Таджикистана / У.М. Мирсаидов, **А.С. Курбонов**, Ф.А. Назаров, М.М. Тагоев. – Душанбе: Дониш, 2020. – 122 с.

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

[3-А]. **Курбонов, А.С.** Разложение данбуритового концентрата азотной кислотой / **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов, Сулаймони Боруджерди А., У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2010. –Т.53. -№11. –С.865-869.

[4-11-А]. **Курбонов, А.С.** Разложение данбурита азотной кислотой / **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов, Сулаймони Боруджерди А., У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2011. –Т.54. -№1. –С.42-45.

[5-А]. Маматов, Э.Д. Изучение физико-химических основ щелочной обработки данбуритов / Э.Д. Маматов, Д.Н. Худоёров, **А.С. Курбонов**, Н.А. Ашуров / Вестник Таджикского национального университета. – 2012. -№1/2(88). –С.122-126.

[6-А]. Мирсаидов, У.М. Выщелачивание данбуритового концентрата минеральными кислотами / У.М. Мирсаидов, Э.Д. Маматов, Н.А. Ашуров, **А.С. Курбонов** // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – Курск. – 2012. - №9. –С.62-66.

[7-А]. **Курбонов, А.С.** Выщелачивание концентрата данбурита азотной кислотой / **А.С. Курбонов**, Н.А. Ашуров, П.М. Ятимов, Машаллах Сулаймони, Р.Г. Шукуров, У.М. Мирсаидов // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. Иркутский государственный технический университет. – 2012. –С.173-176.

[8-А]. Маматов Э.Д. Выщелачивания данбурита минеральными кислотами / Э.Д. Маматов, **А.С. Курбонов**, Н.А. Ашуров, П.М. Ятимов, М. Сулаймони, У.М.

- Мирсаидов / Вестник ВГУИТ, Актуальная биотехнология.- Воронеж. -2012. - №4(3). -С.27-34.
- [9-А]. Маматов, Э.Д.. Кинетика щелочной обработки обожжённого данбуритового концентрата / Э.Д. Маматов, Д.Н. Худоёров, **А.С. Курбонов**, М.С. Пулатов, У.М. Мирсаидов / Доклады АН Республики Таджикистан. – 2013. –Т.56. -№11. –С.889-893.
- [10-А]. **Курбонов, А.С.** Кинетика уксуснокислотного разложения обожжённого данбуритового концентрата / А.С. Курбонов, А.М. Баротов, З.Т. Якубов, Ф.А. Назаров, У.М. Мирсаидов / Известия АН Республики Таджикистан. – 2014. №4(157). –С.73-75.
- [11-А]. **Курбонов, А.С.** Уксуснокислотное разложение обожжённого данбуритового концентрата / А.С.Курбонов , А.М.Баротов,З.Т. Якубов,Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов/ Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. –Т.57. -№11-12. –С.856-859.
- [12-А]. **Курбонов, А.С.** Сравнительная оценка процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата уксусной кислотой и щёлочью / А.С. Курбонов, Д.Н. Худоёров, З.Т. Якубов, А.М. Баротов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). -С.29-32.
- [13-А]. **Курбонов, А.С.** Влияние продолжительности процесса и концентрации минеральных кислот на степень извлечения боросиликатных руд / А.С. Курбонов, У.Х. Усманова, З.В. Кобулиев, Б.Б. Баротов // Известия АН РТ. – 2015. -№2(159). – С.33-38.
- [14-А]. **Курбонов, А.С.** Влияние температурного режима на степень извлечения боросиликатных руд Таджикистана / А.С. Курбонов, У.Х. Усманова, З.В. Кобулиев, Б.Б. Баротов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. - №2(159). – С.39-42.
- [15-А]. **Курбонов, А.С.** Оценка процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата минеральными кислотами и уксусной кислотой / А.С. Курбонов, **З.Т. Якубов, Ф.А. Назаров**, Т.П. Рачаби, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2015. -№2(159). -С.43-46.
- [16-А]. Худоёров, Д.Н. Переработка боросиликатной руды с гидроксидом натрия / Д.Н. Худоёров, А.М. Баротов, **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. - №2(159). – С.12-16.
- [17-А]. Мирсаидов, У.М. Извлечение борного ангидрида из боросиликатных руд / У.М. Мирсаидов, **А.С. Курбонов**, Ж.А. Мисратов, З.Т. Якубов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). -С.21-24.
- [18-А]. Мирсаидов, У.М. Извлечение полезных компонентов из боросиликатного сырья с различным содержанием бора кислотными методами / У.М. Мирсаидов, **А.С. Курбонов**, З.Т. Якубов, А. Курбонбеков, Э.Д. Маматов, Ш.Б. Назаров // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). -С.25-28.
- [19-А]. Худоёров, Д.Н. Кинетика разложения обожжённой исходной борсодержащей руды с гидроксидом натрия / Д.Н. Худоёров, А.М. Баротов, **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. - №2(159). –С.55-58.

- [20-А]. **Курбонов, А.С.** Разложение концентрата боросиликатной руды методом спекания с хлоридом кальция / А.С. Курбонов, А.М. Баротов, Ф.А. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2016. –Т.59. -№1-2. – С.53-57.
- [21-А]. **Курбонов, А.С.** Сравнительная оценка хлорного и уксуснокислотного разложения данбуритового концентрата / А.С. Курбонов, П.М. Ятимов, З.Т. Якубов, Э.Д. Маматов, А.М. Баротов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2016. -№2(163). -С.76-80.
- [22-А]. Назаров, Ф.А. Сравнительная оценка разложения боросиликатных руд кислотами и щёлочью / Ф.А. Назаров, **А.С. Курбонов**, Ш.Б. Назаров, Ж.А. Мисратов, Г.У. Бахридинова // Известия АН Республики Таджикистан. – 2016. - №4(165). -С.71-75.
- [23-А]. **Курбонов, А.С.** Изучение особенностей разложения бор- и алюмосиликатных руд минеральными кислотами / А.С. Курбонов, Д.Х. Мирзоев, Ш.Б. Назаров, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2017. №1(166). –С.84-87.
- [24-А]. Назаров, Ш.Б., Изучение особенностей разложения бор- и алюмосиликатных руд спеканием с CaCl_2 / Ш.Б. Назаров, А.М. Баротов, **А.С. Курбонов**, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2017. -№2(167). –С.95-100.
- [25-А]. **Курбонов, А.С.** Кинетика процесса спекания обожжённого боросиликатного концентрата с NaOH / А.С. Курбонов, Ф.А. Назаров, З.Т. Якубов, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2017. –Т.60. -№9. –С.443-446.
- [26-А]. Тагоев М.М., Оценка процесса спекания боросиликатных руд с натрийсодержащими реагентами / М.М. Тагоев, А.М. Баротов, Ш.Б. Назаров, **А.С. Курбонов**, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2017. - №4(169). –С.91-96.
- [27-А]. Назаров, Ф.А. Спекательный способ переработки концентрата борсодержащей руды Таджикистана в присутствии едкого натрия / Ф.А. Назаров, **А.С. Курбонов**, Дж.Д. Джураев, Д.О. Давлатов, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2017. –Т.60. -№5-6. –С.242-246.
- [28-А]. Назаров, Ф.А. Переработка боросиликатной руды методом спекания / Ф.А. Назаров, **А.С. Курбонов**, А.М. Баротов, Ш.Б. Назаров, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2017. –Т.60. -№7-8. – С.329-332.
- [29-А]. **Курбонов, А.С.** Солянокислотное разложение спёка, полученного после совместного спекания исходной боросиликатной руды и её концентрата с хлористым натрием / А.С. Курбонов, А.М. Баротов, Ж.А. Мисратов, Ф.А. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. –2018. –Т.61. -№2. – С.167-171.
- [30-А]. Давлатов, Д.О. Азотнокислотное разложение спёка, полученного совместной переработкой нефелиновых сиенитов Турпи и боросиликатных руд Ак-Архара с сульфатом натрия / Д.О. Давлатов, Р. Шамсулло, Б.Ш. Назаров, **А.С.**

- Курбонов, Ш.Б.** Назаров Доклады АН Республики Таджикистан. -2018. –Т.61. - №5. –С.470-475.
- [31-А]. Баротов, А.М. Оценка процесса спекания боросиликатной руды с различными реагентами / А.М. Баротов, Ф.А. Назаров, А.С. Курбонов, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.– 2018. - №1(170). –С.73-77.
- [32-А]. **Kurbonov, A.S.** Study of kinetics of the process of hydrochloric acid decomposition of the sinter of borosilicate ore concentrate with calcium chloride / A.S.Kurbonov, A.M. Barotov, J.D. Juraev, U.M. Mirsaidov // Applied Solid State chemistry. – 2018. -№3(4). -P.9-11.
- [33-А]. Mirsaidov, U.M. Kinetics of acid decomposition of borosilicate ores of Tajikistan / U.M Mirsaidov, **A.S.Kurbonov**, A.M. Barotov // Applied Solid State chemistry. -2018. -№3(4). -P.17-18.
- [34-А]. **Курбонов, А.С.** Изучение кинетики процесса солянокислотного разложения спека исходной боросиликатной руды с хлоридом кальция/ А.С. Курбонов, А.М. Баротов, Дж.Д. Джураев, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2018. –Т.61. -№7-8. –С.665-668.
- [35-А]. Давлатов, Д.О. Исследование водной обработки спека при совместной переработке боро- и алюмосиликатной руды с сульфатом натрия / Д.О. Давлатов, Ш.Б. Назаров, А.С. Курбонов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.– 2019. -№4(177). –С.78-83.
- [36-А]. Джураев, Дж.Х. Физико-химические основы переработки обожжённого концентрата боросиликатной руды Ак- Архарского месторождения Таджикистан ортофосфорной кислотой / Дж.Х. Джураев, А.С. Курбонов, М.М. Тагоев, А.М. Неъматов, М. Маджидов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.– 2019. -№4(177). –С.84-88.
- [37-А]. Разложение обожжённого концентрата боросиликатной руды Ак-Архарского месторождения Таджикистан смесью ортофосфорной и азотной кислот/ Дж.Х. Джураев, **А.С. Курбонов**, У.Х. Усмонова, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2020. -№2(179). –С.76-80

*Статьи, опубликованные в материалах научных конференций,
симпозиумов и семинаров:*

- [38-А]. Маматов, Э.Д. Разработка принципиальной технологической схемы переработки данбурита кислотными способами / Э.Д. Маматов, Н.А. Ашуров, **А.С. Курбонов**, Д.Е. Малышев // IV Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования». –Душанбе, ТТУ, 2010. –С 211-213.
- [39-А]. **Курбонов, А.С.** Разложение данбурита выщелачиванием азотной кислотой / А.С. Курбонов, Э.Д. Маматов // Республиканская научно-практическая конференция, посвящ. 100-летию ак. АН РТ С.М. Юсуповой «Горные, геологические, экологические аспекты и развития горнорудной промышленности в XXI веке». –Душанбе, 2010. –С.126-128.

[40-А]. Ашуров, Н.А. Рентгенофазовый анализ исходного и прокалённого данбурита месторождения Ак-Архар / Н.А. Ашуров, Э.Д. Маматов, П.М. Ятимов, **А.С. Курбонов**, Ф. Кувватов // Республиканская научно-практическая конференция «Роль образования и науки в учении и воспитании молодого поколения». –Курган-Тюбе, 2010. –С. 271-273.

[41-А]. **Курбонов, А.С.** Азотнокислотное разложение обожжённого данбуритового концентрата Ак-Архар Таджикистана / А.С. Курбонов, Э.Д. Маматов // Научно-практическая конференция «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ». –Ч.2. –Душанбе, 2011. –С.123-127.

[42-А]. Худоёров, Д.Н. Коркарди данбурити ибтидои бо хлориди калсий дар харорати 800-1000°C / Д.Н. Худоёров, Э.Д. Маматов, **А.С. Курбонов** // Донишгохи миллии Тоҷикистон. Илм ва фановари. – Душанбе: Сино, 2014. -№1. – С.889-893.

[43-А]. Худоёров, Д.Н. Разложение концентрата данбурита в присутствии хлорида кальция / Д.Н. Худоёров, Э.Д. Маматов, А.С. Курбонов // Республиканская конференция «Проблемы аналитического контроля объектов окружающей среды и технических материалов»: Сборник докладов. –Душанбе, 2013. –С.889-893.

[44-А]. Якубов, З.Т. Азотно- и уксуснокислотное разложение боросиликатных руд Таджикистана / З.Т. Якубов, **А.С. Курбонов**, У.М. Мирсаидов // Материалы республиканской научно-практической конференции: XII Нумановские чтения «Состояние и перспективы развития органической химии в Республике Таджикистан». – Душанбе, 2015. -С.49-51.

[45-А]. **Курбонов, А.С.** Разложение борного концентрата месторождения Ак-Архара Таджикистана минеральными кислотами / А.С. Курбонов, Ф.А. Назаров, З.Т. Якубов, Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов // Там же. - С.51-53.

[46-А]. **Курбонов, А.С.** Разложение боросиликатных руд минеральными кислотами / А.С. Курбонов, Ф.А. Назаров, У.Х. Усманова, Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов // Там же. –С.53-55.

[47-А]. Назаров, Ф.А. Разложение борного концентрата методом спекания с NaOH / Ф.А. Назаров, **А.С. Курбонов**, Г.У. Бахриддинова, Д.О. Давлатов, У.М. Мирсаидов // Республиканская научно-практическая конференция «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посвящ. «Дню химика» и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., ак. Международной инженерной академии А.В.Вахобова. –Душанбе, 2016. –С.120-122.

[48-А]. Баротов, А.М. Спекание борного концентрата с хлоридом кальция / А.М. Баротов, **А.С. Курбонов**, Д.О. Давлатов, У.М. Мирсаидов // Там же. –С.126-128.

[49-А]. **Курбонов, А.С.** Уксуснокислотное разложения боросиликатного концентрата / А.С. Курбонов, З.Т. Якубов, Д.Дж. Джураев, У.М. Мирсаидов // Там же. –С.128-130.

[50-А]. **Курбонов, А.С.** Хлорное и кислотное разложение боросиликатных руд Таджикистана / А.С. Курбонов, З.Т. Якубов, Ф.А. Назаров, П.М. Ятимов, У.М. Мирсаидов // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». –Душанбе, 2016. -С.23-25.

[51-A]. Mirsaidov U.M. Thermal stability of boron- and aluminosilicate ores of Tajikistan / U.M. Mirsaidov, Zh.A. Misratov, A.S. Kurbonov// «XVI International Conference Thermal Analysis and Calorimetry in Russia» –Moscow, Russia, July 6th, 2020. -P.140.

Изобретений:

[52-A]. Малый патент Республики Таджикистан ТЖ № 848. Способ переработки боросиликатного сырья / **А.С. Курбонов**, А.М. Баротов, Ф.А. Назаров, Д.О. Давлатов, У.М. Мирсаидов. – Выдан 03.10.2017.

[53-A]. Малый патент Республики Таджикистан ТЖ № 980. Способ получения борсодержащего стекла / **А.С. Курбонов**, А.М. Баротов, Дж.Х. Джураев, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов. – Выдан 06.03.2019.

[54-A]. Малый патент Республики Таджикистан ТЖ № 1086. Способ получения хлоридов металлов и бора из боро- и алюмосиликатных руд / А.С. Курбонов, Д.Х. Мирзоев, С.Д. Махмаднабиев, Ш.Д. Отаев, Ш.Б. Назаров. – Выдан 28.04.2020.

**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
ИНСТИТУТИ КИМИЁИ БА НОМИ В.И.НИКИТИН**

Бо ҳуқуқи дастнавис
УДК 546.621

ҚУРБОНОВ Амиршо Соҳибназарович

**АСОСҲОИ ТЕХНОЛОГИИ КОРКАРДИ МАЪДАНҲОИ
БОРОСИЛИКАТӢ БО МЕТОДҲОИ КИСЛОТАГӢ
ВА ГУДОҲТАН**

АВТОРЕФЕРАТИ

**диссертатсия барои дарёфти дараҷаи
илмии доктори илмҳои химия аз рӯи ихтисоси
05.17.01 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ**

Душанбе - 2021

Рисола дар озмоишгоҳи «Коркарди комплекси маъданҳои минералӣ ва партовҳои саноатӣ»- и Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ба анҷом расонида шудааст.

Мушовири илмӣ: доктори илмҳои химия, профессор, академики АМИТ, Сарходими илмии Институти кимиёи ба номи В.И.Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон
Мирсаидов Улмас Мирсаидович

Муқарризони расмӣ: доктори илмҳои техникӣ, профессор, аъзои корр. АМИТ, мудири озмоишгоҳи Экология вар уди устувори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон
Кобулиев Зайналобудин Валиевич

доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи «Экология»-и донишкадаи Кӯҳи-металургии Тоҷикистон, ш. Бӯстон
Разыков Зафар Абдукахорович

доктори илмҳои техникӣ, дотсент, мудири кафедраи «Химия ва биология»-и Донишгоҳи Тоҷикистону-Россия (Славянӣ)
Бердиев Асадкул Эгамович

Муассисаи пешбар: Муассисаи давлатии «илмӣ- тадқиқотии Институти металлургия»- и ҷамъияти саҳомии кушодаи «Ширкати алюминийи тоҷик»

Ҳимояи такрории диссертатсия 7 юни соли 2021, соати 9-00 дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.КOA-007 назди Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон баргузор мегардад.

Суроға; 734063, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ 299/2

E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо мазмуну муҳтавои диссертатсия дар китобхонаи илмӣ ва ё дар сайти Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон шинос шудан мумкин аст: www.chemistry.tj.

Автореферат санаи «__» _____ соли 2021 аз рӯи феҳристи пешниҳодшуда, ирсол карда шуд.

Котиби илмии
шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои химия



Махкамов Х.К.

ТАВСИФИ УМУМИИ КОР

Мубрамияти мавзӯи таҳқиқот. Бор ва пайвастагиҳои он дар соҳаҳои гуногуни саноат, хоҷагии қишлоқ ва тиб истифода бурда мешаванд. Бо назардошти он ки дар минтақаи Помири Ҷумҳурии Тоҷикистон кони калони ашёи хоми бордор – маъданҳои боросиликати зиёда аз 10% B_2O_3 -дошта мавҷуданд, ва ин конҳо аз рӯи миқдори бори таркибашон нодир ба ҳисоб мераванд, бинобар ин тарҳи технологияи самараноки ҷудокунии пайвастагиҳои бор яке аз масъалаҳои муҳим ба шумор меравад.

Бо супориши Ҳукумати ҷумҳурӣ ҳанӯз соли 1987 дар ҳайати Институти химияи ба номи В.И. Никитини АИ РСС Тоҷикистон озмоишгоҳи махсус барои коркарди маводи минералӣ, аз ҷумла конҳои боросиликатӣ бо мақсади коркарди асосҳои технологияи аз нав коркард намудани ашёи хом ташкил дода шуда буд.

Боназардошти он ки кони Ак-Архари Помир барои азхудкунии саноатӣ пешниҳод гардидааст, истифодаи тарзу усулҳои гуногуни коркарди маъдани бордошта, яъне истифодаи методҳои кислотагӣ, гудозиш ва хлоронӣ ба мақсад мувофиқ мебошад.

Дар ноҳияи кон таҳқиқоти геологӣ гузаронида шуда, тарҳи топографӣ-маркшейдерии коркард амалӣ гардонидани шуда, шароитҳои хобравии қабатҳо, таркиби маводӣ, морфологияи қабатҳои кон ва ғайра омӯхта шудааст. Ҳаҷми гуногуншаклии технологӣ-минералогии кон ҷудо карда, харитаи он тартиб дода шуд.

Барои ба даст овардани концентрат аз кони мазкур тарҳи суспензионӣ-магнитӣ-флотатсионӣ коркард гардид. Ҳангоми азхудкунии кон масъалаҳои бо обу энергия ва ғайра таъмин кардани он ҳаллу фасл гардиданд.

Дар асоси иҷроиши корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ (КИТ) оид ба технологияи бор ба коркард ва азхудкунии технологияи бепартов мавқеи муҳимро касб намуд, ки он барои муассисаҳои соҳаҳои гуногуни саноат – металлургия, химия ва кӯҳӣ-химиявӣ ниҳоят муҳим арзёбӣ мегардад.

Мақсади асосии озмоишгоҳи дар Институти химия созмонёфтаре коркарди асосҳои физикӣ-химиявӣ ва технологияи ба даст овардани кислотаи борат ва перборати натрий ташкил меод, ки он яке аз маҳсулоти муҳим ва калидӣ барои бисёр соҳаҳои саноат маҳсуб меёбад. Вале бояд қайд кард, ки истеҳсоли маҳсулоти бордор дар ҷумҳурӣ ба як қатор мушкилот мувоҷеҳ мебошад. Яқум, кони дар Помирбуда (кони Ак-Архар) дар ноҳияи душворгузар, дар баландии зиёда аз 4000 м аз сатҳи баҳр воқеъ гардидааст. Дуюм, коркарди маъданҳои боросиликатӣ ташкили инфрасохтори мувофиқро тақозо менамояд. Вале ба ҳамаи ин нигоҳ накарда, дар мавриди роҳандозӣ кардани коркарди комплекси маъданҳои боратӣ ва бо дарназардошти пайдо шудани талаботи калон ба пайвастагиҳои бор, коркарди ашёи хоми бордор самти ояндадор ва актуалӣ ба шумор меравад.

Дар шароити кунунӣ истеҳсоли пайвастаҳои бор ба конҳои кушода асос ёфтааст. Талаботи рӯзафзуни саноат ба пайвастаҳои бор, ки дар истеҳсолоти шиша, керамика, лак ва рангҳо, маҳсулоти ғизоӣ, саноати чарму кешбофӣ, энергетикаи ядрой, хоҷагии қишлоқ, тиб ва дигар соҳаҳои истеҳсолот истифода

бурда мешаванд, зарурати истифодаи кони Ак-Архари Тоҷикистонро ногузир мегардонад. Дар аснои истифодаи комплекси маводи бордор пойгоҳи ашёи хом ба маротиб васеъ гардида, манбаъҳои иловагии миқдори зиёди маҳсулоти бордор ба вучуд меоянд.

Дараҷаи омӯхташудаи масъалаи илмӣ. Дар озмоишгоҳи коркарди ашёи хоми минералӣ ва партови Институти химияи ба номи В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон масъалаи коркарди комплекси маъдани боросиликатҳо бо методҳои кислотагӣ ва хлоронидан мавриди баррасӣ қарор дода шуд, ки онҳо дар баробари афзалияту бартариҳо як қатор камбудихоро низ дорад мебошанд.

Барои ашёи хоми бордори Тоҷикистон, ки дар таркибаш миқдори зиёди оксиди силитсий (кремнезем) ва нисбат ба дигар ашёи минералӣ миқдори камтари компонентҳои фойданок дорад, ҳангоми коркарди комплекси мушкилоти зиёде дар бобати ҷудокунии ва шустани боқимондаи кремнезем, тозакунии маҳлул ба миён меояд. Илова бар ин, ба дастгоҳҳои ба таъсири кислотаҳо тобовар зарурат пайдо мегардад.

Методи хлоронидан низ як қатор камбудихои худро дорад, чунончи ифлосшавии муҳити атроф, мушкилоти муомила бо хлори газшакл ва истифодаи дастгоҳҳои махсус аз ин қабил мебошанд.

Бинобар ин, мо қисман усули кислотагӣ (HNO_3 ва CH_3COOH) ва қисман усули гудозиши ҳосилкунии маҳсулоти бордорро истифода бурдем.

Таҳқиқоти оид ба коркарди асосҳои физикӣ-химиявӣ ва технологияи истихроҷи ашёи хоми боросиликатӣ имкон доданд, ки роҳҳои бартарафсозии мушкилоте, ки ҳангоми хлоронӣ ва коркарди кислотагии ашёи хом ба миён меоянд, дарёфт карда шаванд.

Усули гудозиш имкон медиҳад, ки шароитҳои ратсионалии таҷзияи ашё, ҳамзамон дар мавриди ба қадри минималӣ ба маҳсулот гузаштани кремнезем компонентҳои пуларзиши мавҷуда ба таври максималӣ ба даст оварда шаванд. Барои усули гудозиш ҳамаи зинаҳо ва ҳамчунин кинетикаи раванд ба таври муфассал омӯхта мешаванд.

Бинобар барои мамлакат муҳим будани реагентҳои бордорро ба ҳисоб гирифта, ба андешаи мо барои истифодаи комплекси маҳсулоти борӣ ба кор бурдани методи кислотагӣ ба мақсад мувофиқтар мебошад.

Ҳангоми ташкили истеҳсоли пайвастагиҳои бор ба истеҳсолот ворид кардани кислотаи борат, ки маводи асосӣ барои ҳосилкунии реагентҳои дигар маҳсуб меёбад, мумкин аст. Дар ин маврид истифодаи BCl_3 – трихлориди бор, ки барои истеҳсоли аксар маҳсулоти саноатӣ маҳсули ибтидоӣ ҳисоб меёбад, низ манфиатовар мебошад.

Дар қатори дигар нуриҳои химиявӣ истеҳсоли нуриҳои бордошта аҳамияти калон пайдо карда истодааст. Ба давргардиши истеҳсолоти бор истеҳсоли перборати натрий, эмалҳо, борогидридҳои металлҳо, карбиди бор ва ғайраро ворид кардан мумкин аст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот аз омӯзиши раванди таҷзияи маъдани боросиликатӣ бо таъсири кислотаҳои нитрат ва атсетат ва коркарди усули гудозиши таҷзияи маъдани боросиликатӣ бо истифодаи ишқор ва намакҳои хлоридҳои калсий ва натрий, дарёфти параметрҳои оптималии равандҳои таҷзия, таҳқиқи равандҳои кинетикӣ ва коркарди асосҳои технологӣ барои истихроҷи самараноки маъданҳои бордор иборат мебошад.

Объекти таҳқиқот. Объекти таҳқиқот ин бо роҳи кислотагӣ ва гудозиш таҷзия намудани маъдани боросиликати кони Ак-Архари Тоҷикистон бо мақсади ба даст овардани маҳсулотҳои бордор ва дигар ҷузъҳои фойданок мебошад.

Мавзуи таҳқиқот. Коркарди маъдани боросиликати Тоҷикистон барои ба даст овардани кислотаи борат ва дигар маҳсулотҳои бордошта, ба монанди нурӣ ва шишаи бордор.

Вазифаҳои таҳқиқот:

- омӯзиши таркиби химиявӣ-минералогии маъданҳои боросиликати кони Ак-Архари Тоҷикистон ва баҳодиҳии термодинамикии раванди таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ;

- омӯзиши таҷзияи маъданҳои бордор бо таъсири кислотаҳои нитрат ва атсетат ва ошқор намудани шароити муфиди раванди таҷзия;

- омӯзиши раванди тафсонидани маъданҳои бордор дар ҳарорати баланд;

- омӯзиши таъсири тафсонидани маъданҳои бордор гудозиши ашёи боросиликатӣ бо истифодаи реагентҳои натрий ва калтсийдошта;

- омӯзиши кинетикаи раванди таҷзияи маъдани бордор бо усули кислотагӣ ва усули гудозиш бо NaOH , NaCl ва CaCl_2 ва инчунин ҳангоми коркарди маҳсули гудозиши бо NaCl , CaCl_2 ба даст омада бо усули кислотагӣ;

- коркарди асосҳои физикии химиявии истихроҷи маъданҳои боросиликатӣ бо таъсири кислотаҳои нитрат ва атсетат;

- коркарди тарҳи принципалии технологии истихроҷи маъданҳои боросиликатӣ бо таъсири NaOH ;

- коркарди тарҳи принципалии технологии истихроҷи маъданҳои бордошта бо усули гудозиш бо хлоридҳои калсий ва натрий ва коркарди минбаъдаи маҳсули гудозиш бо кислотаи хлорид.

Усулҳои таҳқиқот. Таҳқиқоти физикавӣю химиявӣю ашёи хом ва маҳсули коркарди он бо истифода аз усулҳои таҷҳизотҳои муосир: таҳлили рентгенофазаӣ (ТРФ), таҳлили ҳароратии дифференциалӣ (ТХД) ва дигар усулҳои санчида шуданд. Инчунин усулҳои химиявӣю таҳлил, ба монанди комплексометрия, аргентометрия, перманганометрия низ истифода шуданд. Таҳлили термодинамикии реаксияҳо, ки ҳангоми таҷзияи маъдани боросиликатӣ бо усули кислотагӣ ва ҳангоми гудозиш мегузаранд, тартиб дода шуд.

Соҳаи таҳқиқот. Рисолаи дисертсионӣ ба соҳаи технологияи коркарди модҳои ғайриорганикӣ мувофиқат мекунад: коркарди роҳҳои ба даст овардани маҳсулотҳои бордор аз маъдани боросиликатӣ бо усулҳои кислотагӣ ва гудозиш.

Марҳилаҳои таҳқиқот:

- муайян намудани таркиби минералогии ашёи боросиликатӣ бо усули таълили рентгенофазавӣ (ТРФ) ва ҳисоби қиматҳои термодинамикии реаксияҳо, ки ҳангоми таъзия бо усулҳои кислотагӣ ва гудозиш мегузаранд.

- ошкор сохтани хусусиятҳои табдилёбии фазавӣ, ки ҳангоми коркарди термикии маъдани боросиликатӣ ба амал меояд.

- ба даст овардани кислотаи борат ва чузъҳои муфид аз ашёи боросиликатӣ бо кислотаҳои минералӣ ва кислотаи сирко.

- коркарди усули гудозиши ашёи боросиликатӣ бо истифодаи NaOH ва намакҳои хлоридҳои калсий ва натрий.

Манбаҳои асосии иттилоотӣ ва озмоишии таҳқиқот ҷустуҷӯи корҳои таҳқиқотро аз маҷаллаҳои илмӣ тавасути истифодаи системаҳои байналхалқӣ ва иттилоотӣ дар бар мегирад. Диққати махсус ба маводи илмӣ электронӣ, истифодаи шабакаҳои компютерӣ дода шудааст. Кор асосан дар базаи озмоишгоҳи коркарди ашёи хом ва партовҳои саноати Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон иҷро карда шудааст. Дар институт асбобҳо ва таҷҳизотҳои зпрурии дар ҷараёни тадқиқот истифодашаванда мавҷуданд.

Этимоднокии натиҷаҳои диссертатсионӣ. Натиҷҳои таҳқиқот, ҳулосаҳои асосӣ ва ҳолати диссертатсия бо ҳаҷми зарурии маълуматҳои таҷрибавӣ, инчунин мувофиқати натиҷаҳои назариявӣ ба таҳқиқоти кушоди амалии (эксперименталии) ба даст омада, бо истифода аз таҷҳизотҳои озмоишгоҳии сертификаткунонидашуда бо ҷалби усулҳои таҳқиқотҳои муосири физикию химиявӣ, аз ҷумла таълили рентгенофазавӣ (Дрон-2), ТНД (Q-1000), таълили фотометрии шӯълавӣ (ТФШ) ва дигар усулҳо, тасдиқ карда шудаанд. Навгонӣ ва дараҷаи этимоднокии натиҷҳои кори диссертатсионӣ аз тарфи Маркази милли патентию иттилооти Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки дар асоси кори муаллифи диссертатсия сабт шудааст, тасдиқ кунонида шудааст.

Навгонии илмӣ таҳқиқот.

Равандҳои коркарди маъдани боросиликатӣ дар иштироки маводҳои кислотаҳои нитрат ва атсетат ва гудозиши онҳо бо NaOH ва хлоридҳои калсий ва натрий, ҳамчунин механизмҳои дар мавриди таъзияи маъданҳои бордошта гузаранда, ки натиҷаҳои он бо усулҳои таҳлилҳои химиявӣ ва физикӣ-химиявӣ асоснок гардидаанд, омӯхта шудаанд. Тарҳи присипиалии технологияи истихроҷи маъданҳои бордошта бо истифодаи маводҳои гуногун кор карда баромада шуд.

Аҳамияти назариявии таҳқиқот ба як қатор қонуниятҳои химияи физикӣ асос ёфта, этимоднокии ҳулосаҳо ва тавсияҳо бо муҳокимаи васеъ дар конфонсҳо ва нашрияҳо дар маҷаллаҳои тақризшаванда тасдиқ шудаанд.

Аҳамияти амалии таҳқиқот.

Натиҷаҳои таҳқиқоти дар рисола ба дастовардашударо барои ба даст овардани як қатор маҳсулоти аз маъданҳои боросиликатӣ ба вучудоянда, барои коркарди асосҳои технологияи истихроҷи комплекси ашёи хом, дар саноати шиша

барои ба даст овардани шишаи бордор (Акти санчишӣ аз 15.09.2018), инчунин ба сифати нурии комплексӣ дар хоҷагии қишлоқ истифода бурдан мумкин аст (Акти санчишӣ аз 25.11.2018).

Нуктаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

- натиҷаҳои таҳқиқоти физикӣ-химиявӣ, химиявӣ ва минералогии маъданҳои боросиликатӣ ва маҳсули таҷзияи он бо таъсири кислотаҳои сирко ва нитрат, инчунин бо таъсири хлоридҳои натрию калсий бо истифода аз усулҳои дифференциалӣ-термикӣ ва рентгенофазавии таҳлил;

- баҳодиҳии хусусияҳои термодинамикии раванҳое, ки ҳангоми таҷзияи ашёи боросиликатӣ бо усулҳои кислотагӣ ва гудозиш мегузаранд.

- натиҷаҳои таҷзияи ашёи ибтидоӣ ва пешаки тафсонидашудаи бордор бо усулҳои кислотагӣ ва гудозиш бо таъсири кислотаҳои сирко ва нитрат, инчунин бо NaOH ва хлоридҳои натрий ва калсий;

- параметрҳои оптималии барои раванди таҷзияи кислотагӣ ва усули гудозш вобаста аз речаи ҳарорат, давомнокии раванд ва таносуби реагентҳо муқарраршуда;

- натиҷаи таҳқиқи равандҳои кинетикии ҳангоми таҷзияи кислотагӣ ва гудозишӣ маъданҳои бордошта чараёнгиранда;

- асосҳои физикию химиявии коркарди маъданҳои бордор бо усулҳои таҷзияи кислотагӣ ва гудозиш бо истифода аз реагентҳои натрий ва калсийдошта.

Татбиқи натиҷаҳои таҳқиқ.

Натиҷаҳои асосии кори диссертатсионӣ аз тарафи муаллиф дар конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявии «Маводи хонишҳои VI Нумоновӣ» (Душанбе, 2009); конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявии «Проблемаҳои муосири химия, технологияи химиявӣ ва металлургия» (Душанбе, 2009); конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявии «Ҷанбаҳои кӯҳӣ, геологӣ, экологӣ ва рушди саноати маъданҳои кӯҳӣ дар асри XXI» (Душанбе, 2010); конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявии «Пешомадҳои истифодаи технологияҳои инноватсионӣ ва такмил таҳсилоти техникӣ дар макотиби олиии мамлакатҳои ИДМ» (Душанбе, 2011); конференсияи ҷумҳуриявии «Проблемаҳои назорати аналитикии объектҳои муҳити атроф ва маводи техникӣ» (Душанбе, 2011); конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявии «Ҳолат ва дурнамои рушди химияви органикӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» (Душанбе, 2015); конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявии «Проблемаҳои маводшиносӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» (Душанбе, 2016); конференсияи IV илмӣ-амалии байналхалқии «Пешомадҳои рушди илму маориф» (Душанбе, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон, 2010); конференсияи илмӣ-амалии байналхалқии «Бъдешето вьпроси от света на науката» (Булғория, София, 2011); конференсияи VII илмӣ-амалии байналхалқии «Пешомадҳои рушди илму маориф» (Душанбе, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон, 2016); XVI International Conference «Thermal Analysis and Calorimetry in Russia (RTAC-2020)» (Moscow, Russia. Book of Abstracts, 2020).

Саҳми шахсии унвонҷӯ дар масъалагузории оиди вазифа ва мақсади таҳқиқот, коркарди усулҳои таҳлил, омӯзиши асосҳои технологияи истихроҷи чизҳои муфид аз маъдани боросиликатӣ бо усулҳои кислотагӣ ва гудозиш, ошкор

намудани шароити муфиди истихроҷи оксидҳои бор, алюминий ва оҳан аз таркиби маъданҳои боросиликатӣ ва инчунин пешниҳоди тарҳи технологияи коркарди маъдани боросиликатӣ бо усули гудозиш мебошад.

Интишори натиҷаҳои диссертатсия. Оид ба мавзӯи диссертатсия 54 кори илмӣ, аз ҷумла 42 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, инчунин дар маводҳои 18 конференсияҳои байналхалқӣ ва ҷумҳуриявӣ ба таъби расидааст. 3 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта, 2 монография ба нашр расонида шудааст.

Сохтори кор. Мундариҷаи диссертатсия аз муқаддима, 4 боб, хулоса, ки дар ҳаҷми 235 саҳифаи чопи компютерӣ омода шудааст, иборат буда, дар он 26 ҷадвал, 102 расм, инчунин рӯйхати адабиёти истифодашуда иборат 146 сарчашма ҷой дода шудааст.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ТАҲҚИҚОТ

Дар муқаддима мубрамияти мавзӯи таҳқиқ, дараҷаи омӯзиши он, ҳадафҳо ва вазифаҳои ба мийнгузошташуда, навгониҳои таҳқиқ, арзиши назарявӣ ва амалии он, асосҳои методологии таҳқиқ, нуктаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда ва татбиқи натиҷаҳои таҳқиқот инъикос гардидааст.

Дар **боби якум** диссертатсия тафсири мухтасари адабиёт оид ба истихроҷи маъдани боросиликатӣ оварда шудааст. Масъалаи бо хлор коркард намудани ашёи хоми бордор, методҳои паст ва баландҳароратии хлоронидани маъданҳои боросиликатӣ, таҷзияи ашёи хоми бордор бо таъсири кислотаи хлорид ва сулфат, кинетикаи таҷзияи кислотагии ашёи хоми ибтидоии боросиликатӣ ва концентрати он, асосҳои технологияи истихроҷи маъдан бо таъсири кислотаҳои минералӣ инъикоси худро ёфтаанд.

Дар тафсири адабиёт баъзе усулҳои гудозиши коркарди ашёи хоми бордор пурра гардида, истифодаи пайвастагиҳои бор дар соҳаҳои саноат ва хоҷагии кишлоқ баррасӣ ва пешниҳод шудаанд.

Дар **боби дуюм** методикаи гузаронидани таҳлилҳои химиявӣ ва физикӣ-химиявӣ, тавсифи геологӣ ва таркиби химиявӣ-минералогии маъданҳои бордор тавсиф ёфта, натиҷаҳои баҳодиҳии термодинамикии таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо таъсири кислотаҳои нитрат ва атсетат, NaOH, гудозиши маъданҳои боросиликатӣ ба воситаи NaOH ва хлориди калсий пешниҳод ва ҳисобҳои стехиометрии реагентҳои мазкур, ки ҳангоми таҷзияи ашёи ибтидоӣ ва концентрати он истифода гардидаанд, ба иҷро расонида шудаанд.

Дар **боби сеюм** натиҷаҳои таҳқиқ оид ба таҷзияи кислотагии (бо кислотаи нитрат) маъданҳои ибтидоӣ ва пухташудаи боросиликатӣ пурра гардонидани кинетикаи таҷзияи кислотагии ашёи боросиликати кони Ак-Архар пешниҳод шуда, тарҳи принсипиалии технологияи истихроҷи ашёи бордор бо методи кислотаи нитрат коркард гардидааст. Ҳамчунин натиҷаҳои таҷзияи маъданҳои бордор, концентрат ва концентратҳои пешакӣ тафсонидашудаи он бо кислотаи атсетат пешкаш шудааст. Кинетикаи бо таъсири кислотаи атсетат таҷзияшавии маъдани пешакӣ тафсонидашудаи маъданҳои ибтидоии бордор ва кинетикаи бо таъсири кислотаи атсетат таҷзияшавии концентрати тафсонидашудаи бордор

омӯхта шуд. Тарҳи принципалии технологии истихроҷи маъаднҳои бордор бо таъсири кислотаи сулфат коркард гардид.

Дар **боби чоруми** таҳқиқ усулҳои гудозиши коркарди маъдани боросиликатӣ омӯхта шудааст. Гудозиши маъданҳои боросиликати ибтидоӣ ва тафсонидашуда бо NaOH, ҳамчунин тарҳи коркарди концентрат ва концентрати тафсонидашудаи маъдани бор дар иштироки гидроксиди натрий таҳқиқ гардидааст. Кинетикаи раванди гудозиши маъдани боросиликати ибтидоӣ тафсонидашуда, инчунин кинетикаи раванди гудозиши концентрати тафсонидашудаи маъдани боросиликатӣ дар иштироки NaOH омӯхта шуданд. Тарҳи принципалии технологияи истихроҷи ашёи бордор бо усули гудозиш дар иштироки NaOH коркард гардидааст.

Усули гудозиши истихроҷи маъданҳои боросиликати Тоҷикистон бо таъсири реагентҳои хлордор, аз ҷумла коркарди маъданҳои боросиликати ибтидоӣ ва концентрати он бо методи гудозиш дар иштироки CaCl₂, коркарди маъдани боросиликати ибтидоӣ ва концентрати он бо усули гудозиш дар иштироки NaCl омӯхта шудааст. Кинетикаи раванди бо таъсири кислотаи хлорид таъзияшавии гудохтаи маъдани ибтидоӣ боросиликатӣ ва концентрати он бо хлориди калсий ва натрий омӯхта шуданд. Тарҳи принципалии технологии истихроҷи маъданҳои боросиликатӣ бо усули гудозиш дар иштироки CaCl₂ ва хлориди натрий коркард ва пешниҳод гардид.

БОБИ 2. ТАВСИФИ МУХТАСАРИ МАЪДАНҲОИ БОРОСИЛИКАТӢ, МЕТОДИКАИ ТАҶРИБА, ТАҲЛИЛ И БАҲОДИҲИИ ТЕРМОДИНАМИКИИ РАВАНДИ ТАЪЗИЯИ МАЪДАН

Дар раванди таҳқиқ таркиби химиявӣ ва миқдори минералҳои ибтидоӣ маъданҳои боросиликатӣ ва концентратҳои кони Ак-Архари Тоҷикистон омӯхта, натиҷаҳои таҳқиқот дар ҷадвалҳои 1 ва 2 оварда шудаанд.

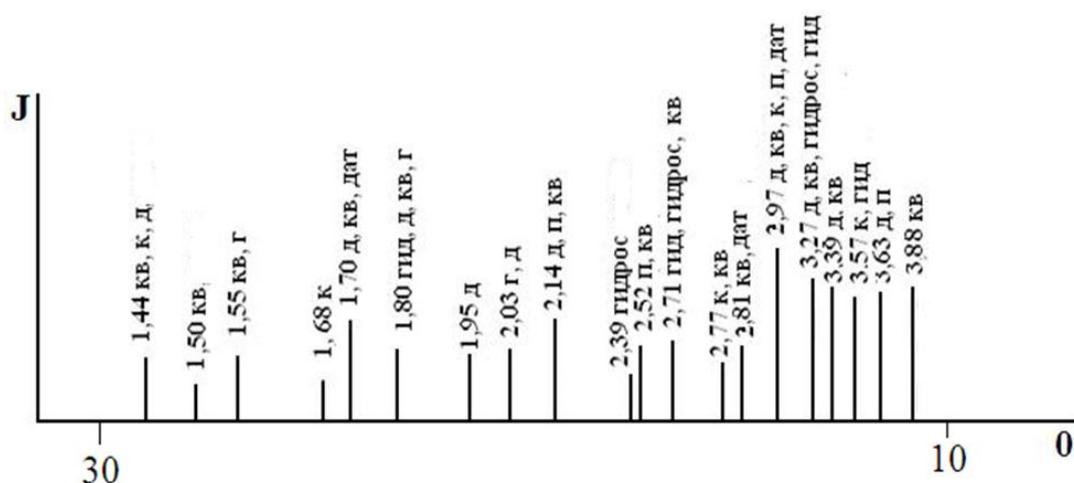
Ҷадвали 1 – Таркиби химиявии маъдани бордори кони Ак-Архар ва концентратҳои он

Номгӯй	Компонентҳо												
	B ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Ппп
Маъдани ибтидоӣ	10.4	59.8	1.27	2.2	1.39	19.6	0.75	0.15	0.29	0.1	0.03	0.11	3.91
Концентрат	17.1	46.8	2.45	2.67	1.68	23.6	0.86	0.17	0.33	0.11	0.05	0.12	4.06

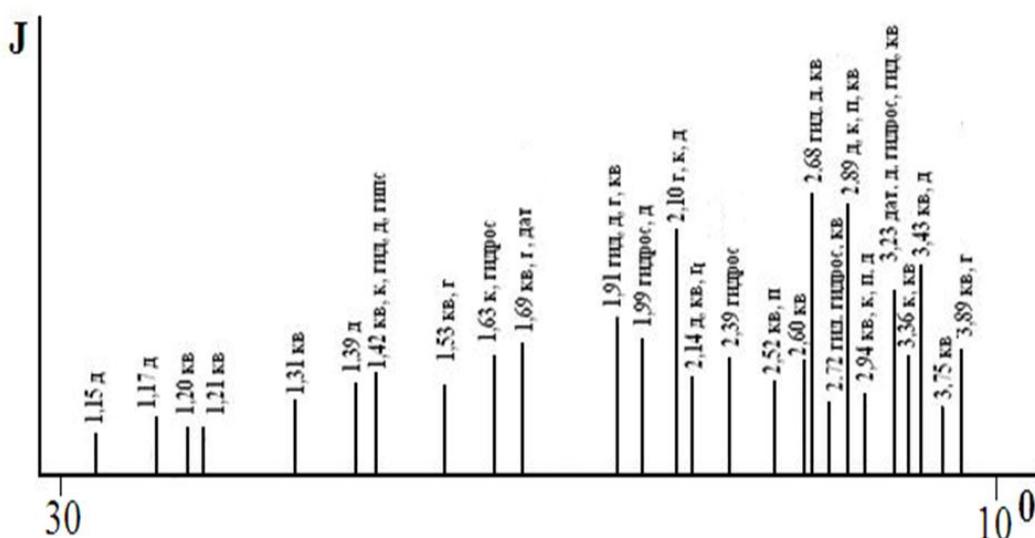
Чадвали 2 – Миқдори минералҳо дар таркиби маъдани бордор

№	Номгӯи минералҳо	Миқдори минералҳо дар таркиби маъдан (мас%)
1.	Данбурит	20
2.	Датолит	10
3.	Гранат	29
4.	Пироксены	10
5.	Кварц	17
6.	Кальцит	7

Таҳлили рентгенофазовии маъдани боросиликати ибтидоӣ ва концентрати он гузаронида шуда, натиҷаҳои он дар расмҳои 1 ва 2 пешкаш гардидааст.



Расми 1 - Штрих-диаграммаи маъдани ибтидоии бор: гид – гидроборасит, дат - датолит, д – данбурит, кв – кварц, к – калсит, г – гранат, п – пироксенҳо, г – гидрослюда.

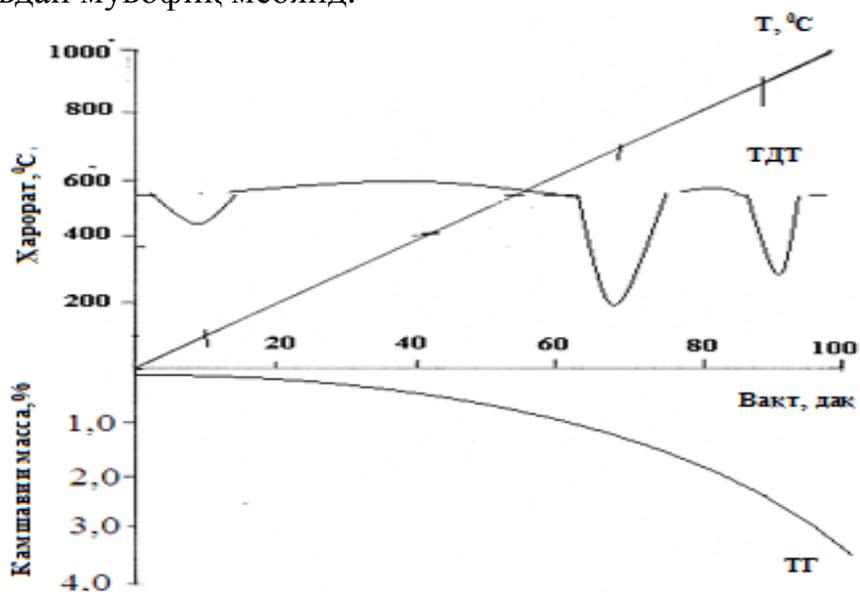


Расми 2. - Штрих-диаграммаи концентрати бордошта: гид – гидроборасит, дат - датолит, д – данбурит, кв – кварц, к – калсит, г – гранат, п – пироксенҳо, гидрос – гидрослюда.

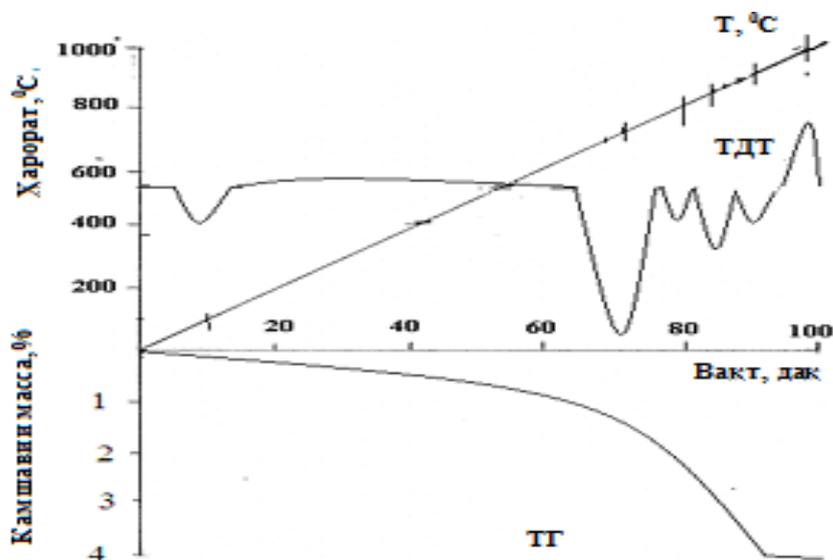
Таҳлили регнтегнофазавӣ (РФА) нишон дод, ки минералҳои асосии маъданро ташкилдиҳанда асосан гранат, калсит, датолит, данбурит, кварц ва ғайра мебошанд.

Ҳамчунин термограммаи маъдани ибтидоӣ ва концентрати бордошта ба даст оварда, он дар аснои суръати паст доштани гармкунӣ ($10^{\circ}\text{C}/\text{дак}$) омӯхта шуда, натиҷаҳои он дар расмҳои 3 ва 4 оварда шудаанд.

Дар термограммаҳои намунаҳои маъдани боросиликатӣ эффекти эндотермӣ дар 860 , 950 ва 1020°C ба қайд гирифта шуданд, ки онҳо ба табаддулоти фазавӣ ва ғудохташавии маъдан мувофиқ меоянд.



Расми 3 - Дериватограммаи маъдани ибтидоии бордошта (данбурит).



Расми 4. - Дериватограммаи концентрати маъдани бордошта.

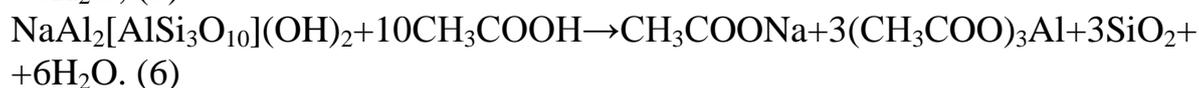
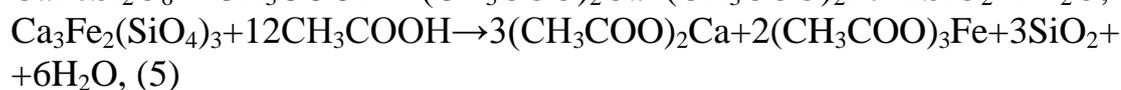
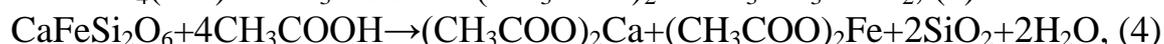
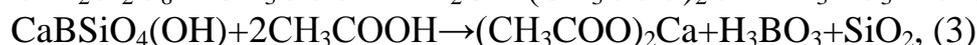
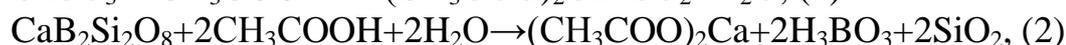
Баҳодиҳии термодинамикии таҷзияшавии маъдани боросиликатӣ

Барои муқаррар намудани имконияти гузариши реаксияҳои оксидҳои дар таркиби ашӣ хоми бордор мавҷудбуда бузургҳои стандартии термодинамикӣ

хисоб карда шудаанд. Реаксияҳои имконпазири таҷзияи ашёи бордор бо таъсири кислотаи нитрат афзалият дорад. Дар мавриди додашуда танҳо оксиди моддаҳое, ки эҳтимолияти ба таркиби маъдани бор дохил шудан доранд, дида баромада шуданд.

Дар баробари ин, бояд қайд кард, ки ба таркиби маъданҳои боросиликати минералҳои гуногуни бор ва ҳамчунин чинсҳои холӣ – гранат ($3\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$), геденбергит ($\text{CaO}\cdot\text{FeO}\cdot 2\text{SiO}_2$), калсит, волластонит мавҷуд аст, аз ин рӯ, ҳангоми таҷзия реаксияҳои мураккаби гетерогенӣ ҷараён мегиранд ва эҳтимол барои баъзе минералҳои он ΔG мусбат мешавад.

Ҳангоми таҷзияи минералҳои ба таркиби маъданҳои бордор дохилбуда, бо таъсири кислотаи атсетат имкон дорад реаксияҳои зерин ҷараён гиранд:



Ҷадвали 3 – Бузургиҳои термодинамикии моддаҳо

№	Вещество	$\Delta H^0_{\text{обр.}}$ кДж/моль	S^0 , Дж/моль·град
1	$\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_{8\text{кр}}$	$-3882,75 \pm 2,510$	$154,8 \pm 2,092$
2	$\text{CaBSiO}_4(\text{OH})_{\text{кр}}$	$-2465,60 \pm 1,673$	$110,0 \pm 1,255$
3	$\text{CaFeSi}_2\text{O}_{6\text{кр}}$	$-2849,30 \pm 8,368$	$166,5 \pm 8,368$
4	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_{3\text{кр}}$	$-5806,56 \pm 11,715$	$341,0 \pm 10,16$
5	$\text{NaAl}_3\text{H}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	$-5932,50 \pm 6,276$	$284,5 \pm 12,522$
6	$\text{CaCO}_{3\text{кр}}$	$-1206,83 \pm 0,836$	$91,7 \pm 0,418$
7	$\text{CO}_2_{\text{газ}}$	$-393,50 \pm 0,046$	$213,6 \pm 0,041$
8	$\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}$	$-285,84 \pm 0,040$	$70,0 \pm 0,209$
9	$\text{SiO}_{2\text{кр}}$	$-905,40 \pm 1,422$	$43,5 \pm 0,836$
10	$\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{р}}$	$-485,64 \pm 0,418$	$87,6 \pm 1,255$
11	$(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe}_{\text{р}}$	$-1503,27 \pm 1,589$	$-46,2 \pm 7,949$
12	$(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Al}_{\text{р}}$	$-1986,60 \pm 2,426$	$-38,5 \pm 11,296$
13	$\text{CH}_3\text{COONa}_{\text{р}}$	$-726,05 \pm 0,083$	$146,5 \pm 3,337$
14	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}_{\text{р}}$	$1514,36 \pm 1,171$	$118,7 \pm 5,020$
15	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Fe}_{\text{р}}$	$-1058,38 \pm 1,171$	$44,3 \pm 5,439$
16	$\text{H}_3\text{BO}_3_{\text{р}}$	$-1094,00 \pm 0,836$	$88,7 \pm 0,418$

Чи тавре маълум аст, функсияи асосии ҳолати системаро тавсифдиҳанда тавсифоти зерини термодинамикӣ ташкил медиҳанд: энталпия, энтропия ва

энергияи Гиббс. Асоснокии термодинамикии реакцияҳои дар боло овардашуд бо истифодаи муодилаҳои зерин гузаронида шуданд:

$$\Delta H_p = \sum \Delta H_{\text{охир}} - \sum \Delta H_{\text{ибт}}, \quad (7)$$

$$\Delta S_p = \sum \Delta S_{\text{охир}} - \sum \Delta S_{\text{ибт}}, \quad (8)$$

$$\Delta G_p = \Delta H_p - T\Delta S_p. \quad (9)$$

Дар аснои ҳисобу китоб қиматҳои маълуми стандартии тавсифоти термодинамикӣ истифода гардиданд [42], ҷадвали 3.

Фосилаи ҳароратии мусоиди бо таъсири кислотаи атсетат коркард намудан дар ҳудуди аз 298 то 368 К меҳобад, зеро дар ҳароратҳои нисбатан паст суръати реакция суст шуда, дар ҳарорати баланд – маҳлул ба ҷӯшидан сар мекунад. Аз сабаби хурд будани фосилаи тағйироти ҳарорат таъсири ба энталпияи модда доштаи гармиғунҷоишро ба эътибор нагирифтани мумкин аст.

Натиҷаҳои таҳқиқи тавсифи термодинамикии реакцияҳои пешбинишудаи таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо таъсири кислотаи атсетат дар ҷадвали 4 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4 – Тавсифи термодинамикии реакцияҳои пешбинишуда дар аснои бо таъсири кислотаи атсетат таҷзияшавии маъдани боросиликатӣ

№ реакции	ΔH^0_{298} , кДж/моль	ΔS^0_{298} , Дж/моль·град	ΔG^0_{298} , кДж/моль
(1)	-15,59 ± 0,415	135,35 ± 2,342	-55,9243 ± 1,113
(2)	-87,45 ± 2,261	-86,74 ± 2,508	-61,6015 ± 1,513
(3)	-76,88 ± 0,91	-34,26 ± 2,509	-66,6705 ± 0,162
(4)	-163,36 ± 4,774	-126,96 ± 0,839	-125,526 ± 4,523
(5)	-346,62 ± 5,48	-578,18 ± 9,59	-174,322 ± 2,622
(6)	-328,19 ± 1,465	-579,11 ± 15,915	-155,615 ± 3,277

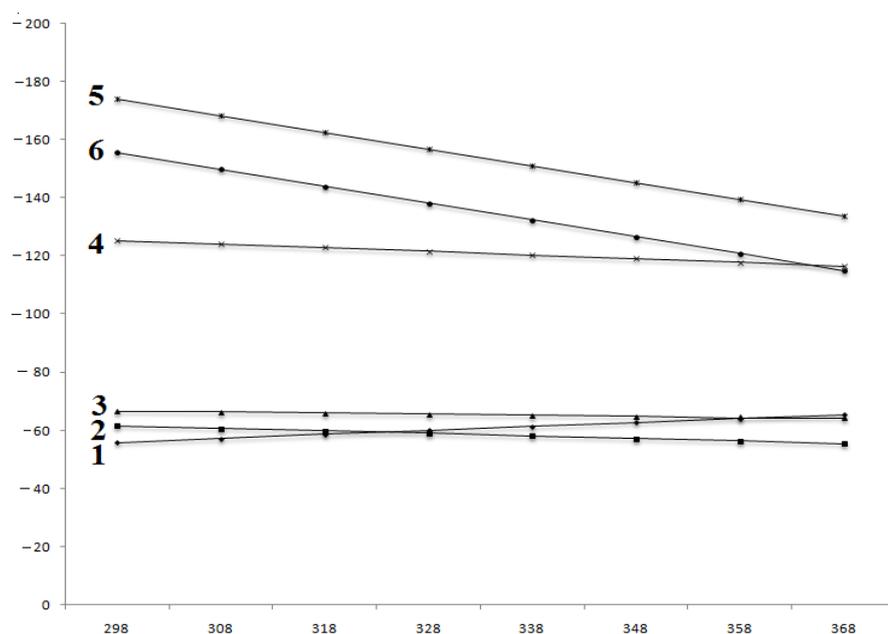
Ҷадвали 5 – Тағйироти энергияи Гиббс (ΔG^0_T , кҶ/мол) дар ҳарорати гуногун дар аснои бо кислотаи атсетат таҷзияшавии маъдани боросиликатӣ

№ реакции	ΔG^0_{298}	ΔG^0_{308}	ΔG^0_{318}	ΔG^0_{328}	ΔG^0_{338}	ΔG^0_{348}	ΔG^0_{358}	ΔG^0_{368}
(2.1)	-55,92 ±1,11	-57,27 ±1,14	-58,63 ±1,16	-59,98 ±1,19	-61,33 ±1,21	-62,69 ±1,23	-64,04 ±1,26	-65,39 ±1,28
(2.2)	-61,60 ±1,51	-60,73 ±1,49	-59,86 ±1,47	-58,99 ±1,45	-58,13 ±1,41	-57,26 ±1,39	-56,39 ±1,37	-55,52 ±1,35
(2.3)	-66,67 ±0,16	-66,32 ±0,14	-65,98 ±0,12	-65,64 ±0,09	-65,30 ±0,06	-64,95 ±0,04	-64,61 ±0,017	-64,27 ±0,011
(2.4)	-125,52 ±4,52	-124,25 ±4,52	-122,98 ±4,51	-121,71 ±4,505	-120,44 ±4,49	-119,17 ±4,48	-117,9 ±4,48	-116,63 ±4,47
(2.5)	-174,32 ±2,62	-168,54 ±2,53	-162,75 ±2,44	-156,97 ±2,34	-151,19 ±2,24	-145,41 ±2,14	-139,63 ±2,05	-133,85 ±1,95
(2.6)	-155,61 ±3,27	-149,82 ±3,43	-144,03 ±3,59	-138,24 ±3,75	-132,45 ±3,91	-126,66 ±4,07	-120,86 ±4,22	-115,07 ±4,38

Аз ҷадвали 4 аён мегардад, ки барои реаксияи (1) ($\Delta H < 0$ ва $\Delta S > 0$), омилҳои мувофиқи термодинамикӣ мавҷуд аст, ки онҳо барои ба таври ихтиёрӣ ҷараён гирифтани раванд мусоидат менамоянд. Барои реаксияҳои дигар омили энтропӣ ($\Delta S < 0$), хусусан дар ҳароратҳои нисбатан баландтар дар асоси ҳисобу китоби энергияи Гиббс реаксия аз рӯи формули (9) афзалият пайдо мекунад.

Дар асоси тағйироти энталпия (7) ва энтропияи (8) реаксия тағйирёбии энергияи Гиббс дар фосилаи ҳарорати 298-368 К (ҷадвалҳои 4 ва 5) ҳисоб карда, графיקи вобастагии ΔG аз ҳарорат (расми 5) сохта шуд.

Чи тавре аз ҷадвали 5 ва расми 1 дида мешавад, реаксияи якум, ки бо зиёдшавии энталпия ($\Delta S > 0$) ва баландшавии ҳарорат мегузарад, боиси афзудани қимати манфии энергияи Гиббс мегардад ва ин ба гузариши раванд мусоидат менамояд. Барои реаксияҳои боқимонда, ки бо камшавии энтропия ва баландшавии ҳарорат мегузаранд, қимати манфии ΔG кам мешавад. Аз ин рӯ, дар ин маврид речаи ҳарорати баланд ба гузариши раванд монеъ эҷод менамояд.



Расми 5 – Вобастагии ΔG реаксия аз ҳарорат (1 - калсит, 2 - данбурит, 3 - датолит, 4 - пироксенҳо, 5 - гранат, 6 – гидрослюда).

. Дар ҳароратҳои нисбатан баланд ΔG қимати мусбат қабул мекунад. Вале дар системаҳои додашуда раванди таҷзия дар ҳароратҳои начандон баланд мегузарад ва тағйироти энергияи Гиббс чандон калон нест. Бинобар ин, имконияти термодинамикии ҷараён гирифтани ҳамаи реаксияҳои пешбинишуда мавҷуд мебошад.

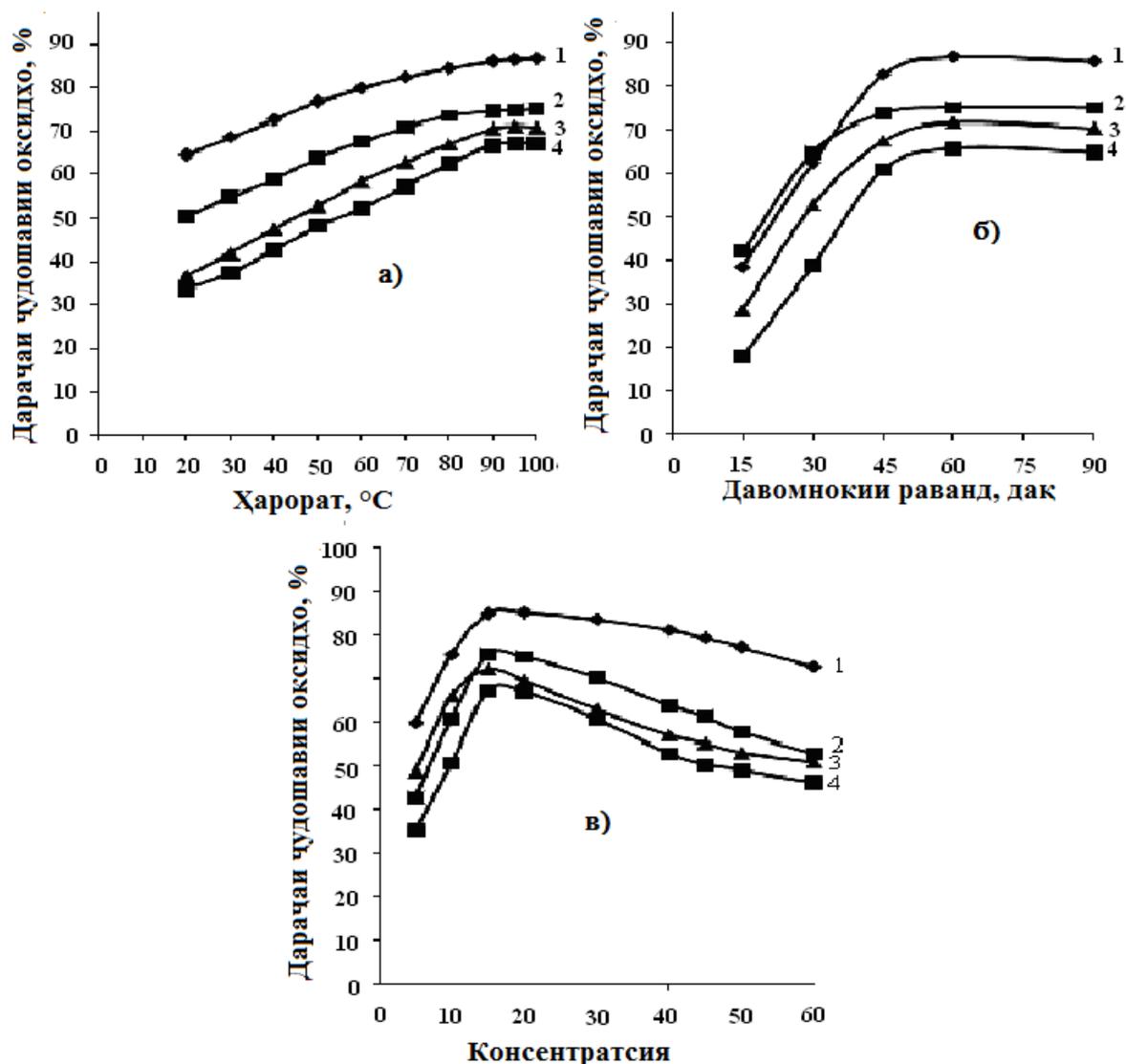
Дар диссерттасия тавсифи термодинамикии раванди бо таъсири NaOH, CaCl₂, NaCl бо роҳи гудозиш таҷзияшавии маъданҳои бор ва ҳисобкуниҳои стехиометрии реагентҳои дар раванди таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ истифодашаванда оварда шудаанд.

БОБИ 3. ТАҶЗИЯИ КИСЛОТАГИИ МАЪДАНҲОИ БОРОСИЛИКАТӢ

Таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо таъсири кислотаи нитрат

Таҷзияи маъдани ибтидоии бор ва маъдани тафсонидашудаи он бо таъсири кислотаи нитрат омӯхта шудааст.

Дар расми 6 натиҷаҳои таҷзияи термикии бо кислотаи нитрат коркардшудаи ашёи хоми бордошта нишон доа шудааст.



Расми 6 – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксидҳо аз таркиби ашёи ибтидоии тафсонидашудаи бордор аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) консентрасияи HNO_3 (андозаи зарраҳо $<0,1$ мм; ҳарорат – 95°C ; давомнокии раванд – 60 дақ; C_{HNO_3} – 20 мас%). 1 – Fe_2O_3 ; 2 – B_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Al_2O_3 .

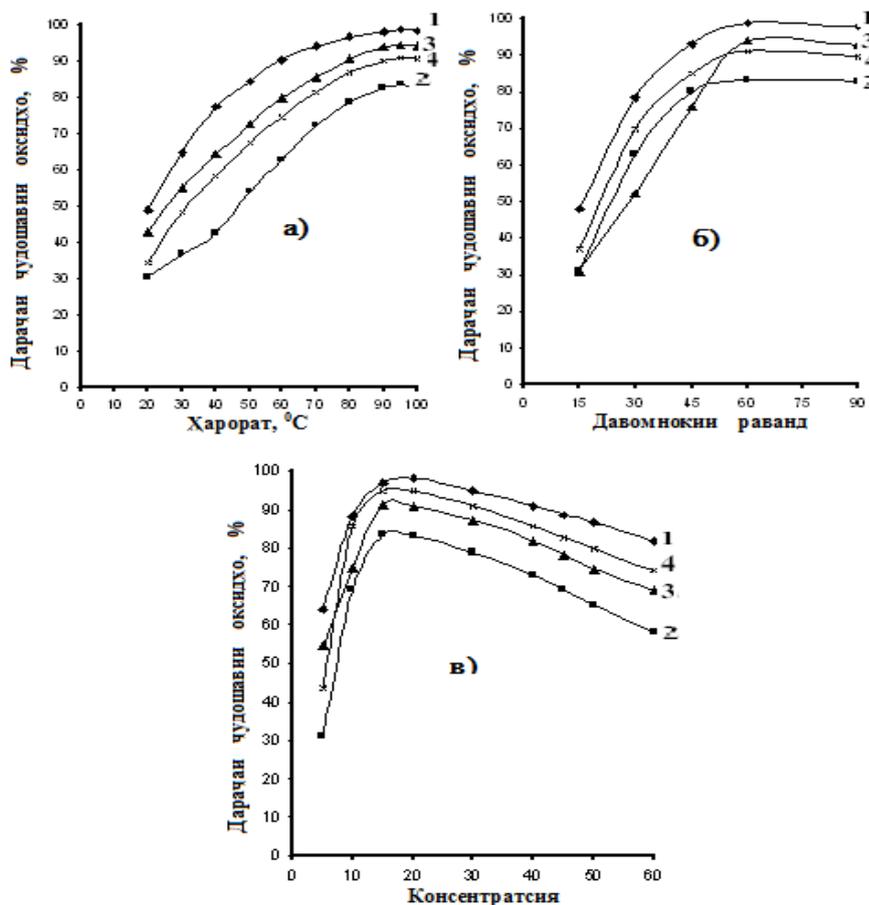
Дараҷаи ҷудошавии оксидҳои B_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ва CaO ба туфайли то 95°C баландшавии ҳарорат ба қимати максималӣ расида, дар ин ҳолат (бо мас%): B_2O_3 – 75,4; Fe_2O_3 – 86,7; Al_2O_3 – 68,9 и CaO – 72,5 ташкил медиҳад.

Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксидҳо ҳангоми кушодашавии ашёи бордошта аз давомнокии раванд дар ҳарорати 95°C ва консентратсияи кислота – 15% (расми 2б) омӯхта шудааст. Ҳангоми зиёд шудани вақти коркарди кислотагии ашё аз 30 то 60 дақиқа дараҷаи ҷудошавии ҳамаи компонентҳо зиёд гардида, ба қимати максималӣ (бо %): B_2O_3 – 75,7; Fe_2O_3 – 86,4; Al_2O_3 – 65,7 ва CaO – 71,8 мерасад.

Аз рӯи натиҷаҳои бо таъсири кислотаи нитрат таҷзияшавии ашёи пӯхашудаи бордор шароитҳои зерин тавсия дода шудаанд: давомнокии коркарди термикӣ – 50-60 дақ; ҳарорати коркарди термикӣ – $950-980^{\circ}\text{C}$; давомнокии таҷзияи кислотагӣ – 60 дақ; ҳарорат – 95°C ; консентратсияи кислотаи нитрат – 15-20 мас%; андозаи зарраи данбурит – 0.1 мм; миқдори кислотаи нитрат – 140% аз миқдори стехиометрӣ.

Бо таъсири кислотаи нитрат таҷзияшавии концентрати маъданҳои боросиликатӣ

Бо таъсири кислотаи нитрат таҷзияшавии концентрати маъдани боросиликатӣ омӯхта шуд. Натиҷаҳои таҳқиқоти бо таъсири кислотаи нитрат таҷзияшавии концентрати данбурити тафсонидашуда дар расми 7 оварда шудааст.



Расми 7 – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксидҳо аз таркиби концентрати данбурити тафсонидашуда аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) консентратсияи HNO_3 (андозаи зарраҳо $<0,1$ мм; ҳарорат – 95°C ; давомнокии раванд – 60 дақ; C_{HNO_3} – 15 мас%). 1 – Fe_2O_3 ; 2 – CaO ; 3 – B_2O_3 ; 4 – Al_2O_3 .

Таъсири ҳарорат ба рафти реаксия дар ҳудуди ҳароратҳои аз 20 то 100°C омӯхта шудааст (расми 7а). Маъдан бо маҳлули 12-15% кислотаи нитрат дар фосилаи 1 соат коркард карда шуд. Бо баландшавии ҳарорат дараҷаи ҷудошавии компонентҳо аз таркиби маҳлул афзуда, дар ҳарорати 95°C (бо %): B_2O_3 – 94,6; Fe_2O_3 – 98,6; Al_2O_3 – 83,5 и CaO – 90,4 ташкил медиҳад.

Омӯзиши вобастагии дараҷаи ҷудошавии компонентҳо ҳангоми таҷзияи данбурит аз давомнокии раванд дар ҳарорати 95°C ва маҳлули 12-15% кислотаи нитрат (расми 7б) нишон медиҳад, ки дар ҳолати аз 30 то 60 дақ. давом ёфтани раванд, дараҷаи ҷудошавии ҳамаи компонентҳо зиёд шуда, ба ҳади аксар мерасад (бо %): B_2O_3 – 93,9; Al_2O_3 – 84,1; Fe_2O_3 – 98,2 и CaO – 91,2. Зиёдшавии давомнокии минбаъдаи раванд ба зиёдшавии дараҷаи таҷзияи оксидҳо мусоидат намекунад.

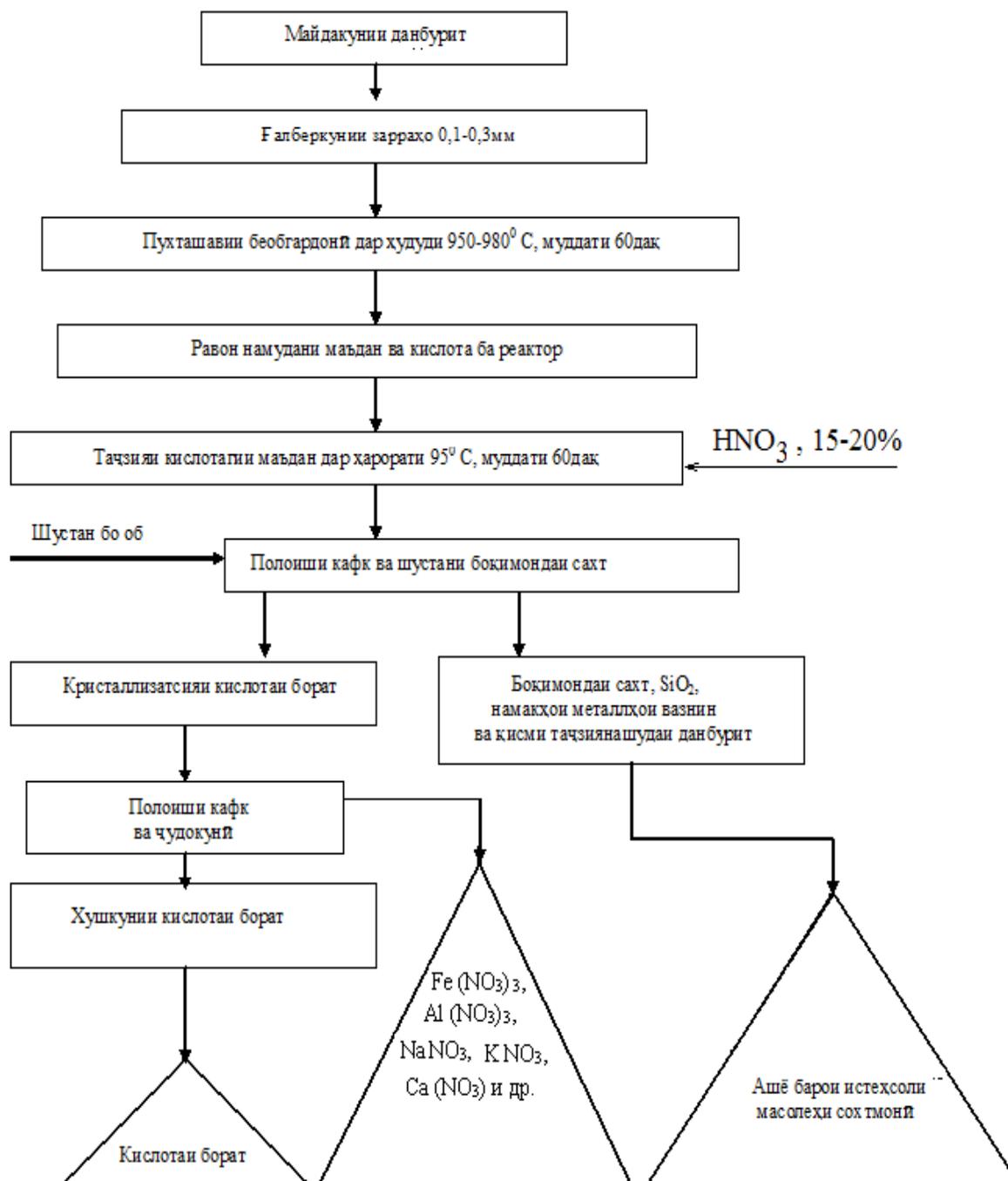
Натиҷаи таҳқиқи таъсири концентратсияи кислотаи нитрат ва андозагирии он нишон медиҳад, ки зиёдшавии концентратсия дараҷаи кушодашавии маъданро амалан тағйир медиҳад. Муқаррар карда шудааст, ки концентратсияи оптималии кислота, ки ба массаи реаксионӣ ворид карда мешавад, ба ~15% баробар буда, дар баробари ин дараҷаи ҷудошавии қимати максималӣ қабул менамояд (бо %): B_2O_3 – 90,8; Al_2O_3 – 83,6; Fe_2O_3 – 96,5 ва CaO – 89,2 (расми 7в).

Барои таҷзияи концентрати тафсонидашудаи бордор шароитҳои оптималии зерин тавсия дода шуданд: давомнокии коркарди кислотагӣ – 60 дақ; давомнокии пӯхтан – 60 дақ; ҳарорати пӯхтан – 950-980°C; ҳарорати таҷзия – 95°C; андозагирии кислотаи нитрат – 100-140% аз миқдори стехиометрӣ ва концентратсияи кислота – 12-15 мас%.

Кинетикаи бо таъсири кислотаи нитрат таҷзияшавии концентрати маъдани боросиликатӣ омӯхта шуд. Энергияи эксперименталии фаъолшавӣ ба 14,83 кҶ/мол баробар буда, аз он шаҳодат медиҳад, ки раванд дар ҳудуди омехта ҷараён мегирад.

Тарҳи принсипиалии технологияи аз данбурити кони Ак-Архар бо таъсири кислотаи нитрат ҳосил кардани кислотаи борат (расми 8) оварда шудааст, ки дар он пешниҳод мегардад, ки то оғози таҷзияи кислотагӣ данбуритҳо бояд дар ҳарорати 950-980°C муддати 60 дақ. тафсонида шаванд. Баъди коркарди термикӣ данбуритҳо то андозаи зарраҳои 0,1-0,3 мм майда карда, сипас бо кислотаи 15-20% нитрат туршонида мешавад.

Кислотаи боратро аз маҳлул кристаллизатсия намуда, полуда ва хушконида шуд. Ҳамчунин ҷудокунии нитратҳои алюминий, оҳан ва калсий нишон дода шудааст. Боқимодаи саҳт аз оксиди силистсий ва оксиди калсий ва қисматҳои таҷзиянашудаи минералҳои дигар, ки онҳоро ҳамчун ашёи хом дар саноати маводи сохтмонӣ истифода бурдан мумкин аст, иборат мебошад.



Расми 8 – Тарҳи принсипиалии технологияи аз данбуриг ибтидоӣ ва концентрати он бо таъсири кислотаи нитрат ҳосил кардани кислотаи борат.

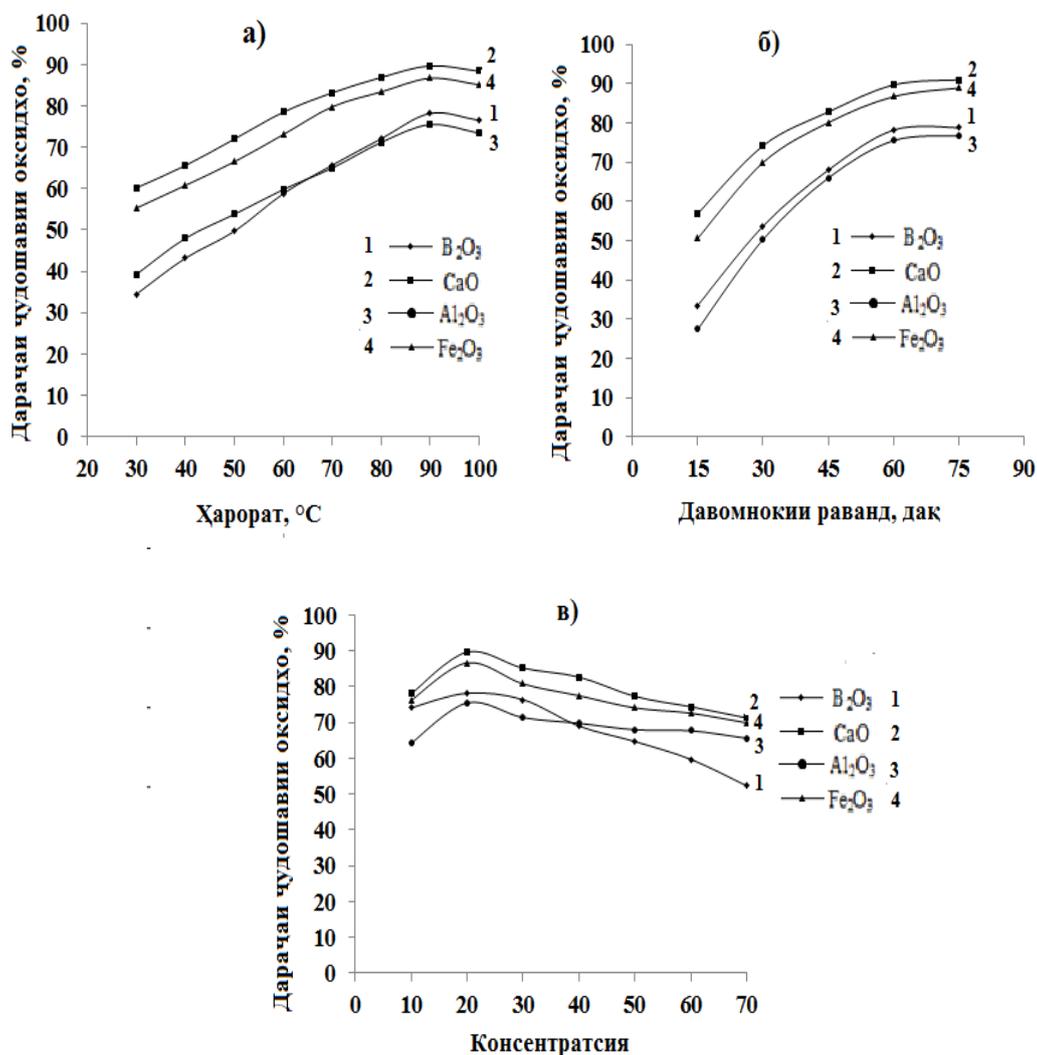
Бо таъсири кислотаи атсетат таҷзия намудани маъданҳои боросиликатӣ

Таҷзияи маъданҳои боросиликати ибтидоӣ ва тафсонидашуда бо таъсири кислотаи атсетат омӯхта шуд.

Дар расми 9 натиҷаи таҷзияи маъдани боросиликати тафсонидашуда бо таъсири кислотаи атсетат оварда шудааст.

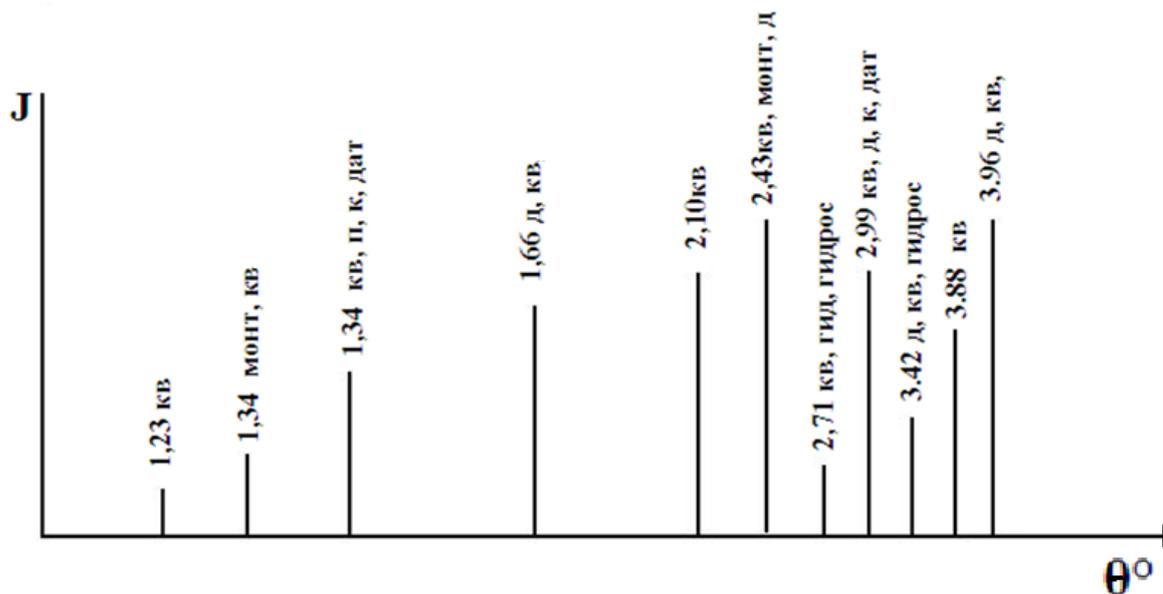
Мувофиқи натиҷаҳои овардашудаи таҳқиқ дар аснои бо таъсири кислотаи атсетат таҷзия кардани маъдани пешакӣ тафсонидашудаи бордошта шароитҳои

зеринро тавсия кардан мумкин аст: давомнокии раванд – 60 дақ; давомнокии тафсониш – 60 дақ; ҳарорати тафсониш – 950-980°C; ҳарорати таҷзия – 90°C; миқдори стехиометрии кислотаи атсетат - 140-150% ва концентратсияи кислота – 15-20 мас%. Дар мавриди бо кислотаи атсетат таҷзия намудани ашёи хоми бордошта маъдани бордошта аз ҷиҳати химиявӣ бой гашта, ғашҳои балластӣ аз сикли технологӣ, тибқи аз маҳлул ҷудо кардани компонентҳои фоиданок берун оварда мешаванд.



Расми 9 – Вобастагии дараҷаи аз таркиби маъдани тафсонидашудаи бордошта берункунонии оксидҳои B₂O₃, Fe₂O₃, Al₂O₃ и CaO аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи CH₃COOH (андозаи зарраҳо < 0,1 мм; ҳарорат – 90°C; давомнокии раванд – 60 дақ).

Дар асоси натиҷаҳои таҳлили химиявӣ таҳқиқ гардида, муқаррар карда шуд, ки дар мавриди бо таъсири кислотаи атсетат таҷзия намудан дараҷаи ҷудошавии оксидҳои Fe₂O₃, B₂O₃ ва CaO қиммати максималӣ мегиранд. Натиҷаҳои таҳлили химиявӣ бо таҳқиқи штрих-диаграммаи боқимондаи маъдани бордошта баъди таҷзия бо таъсири кислотаи атсетат, тасдиқ карда шуд (расми 10).



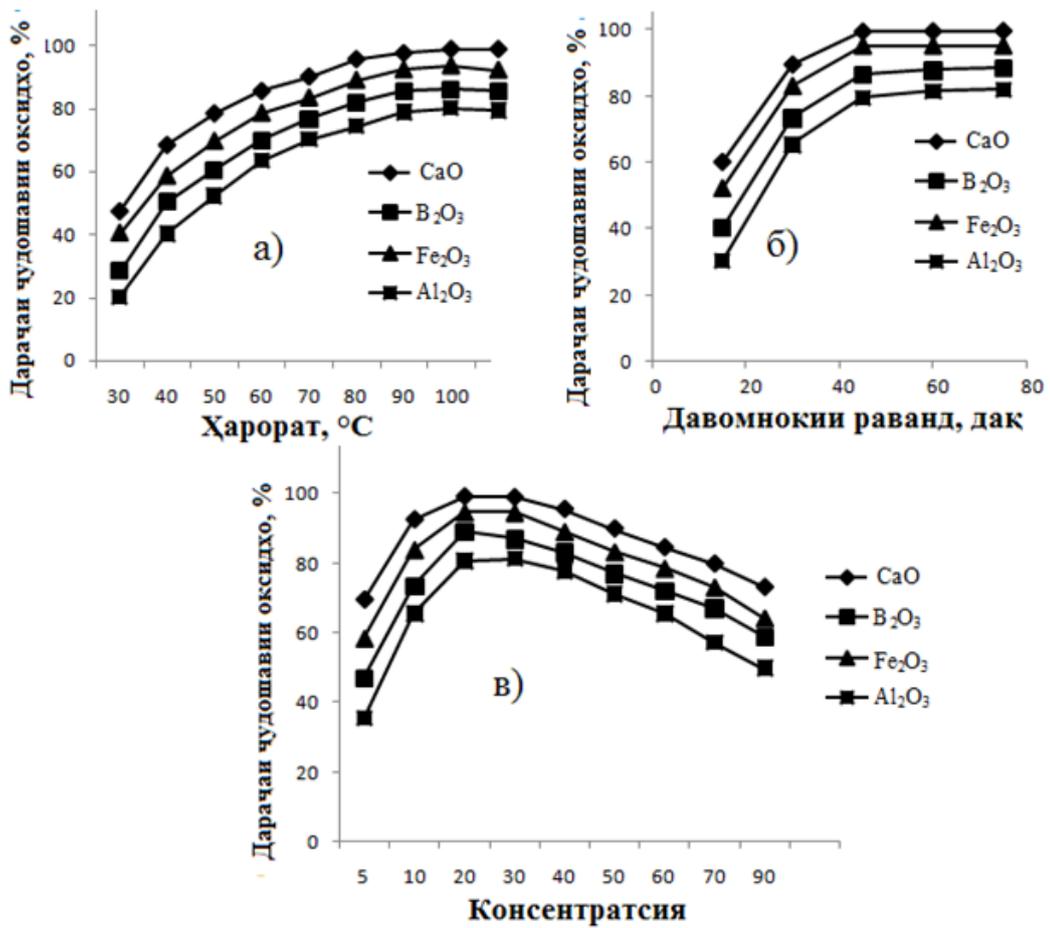
Расми 10 - Штрих-диаграммаи боқимондаи маъдани бордошта баъди гузаронидани таҷзия бо кислотаи сирко: кв – кварс, д - данбурит, дат – датолит, к - калсит, п - пироксен, гид - гидроборасит, гидрос – гидрослюда, м –монтмориллонит

Бо таъсири кислотаи атсетат таҷзия намудани концентрати маъани боросиликатӣ

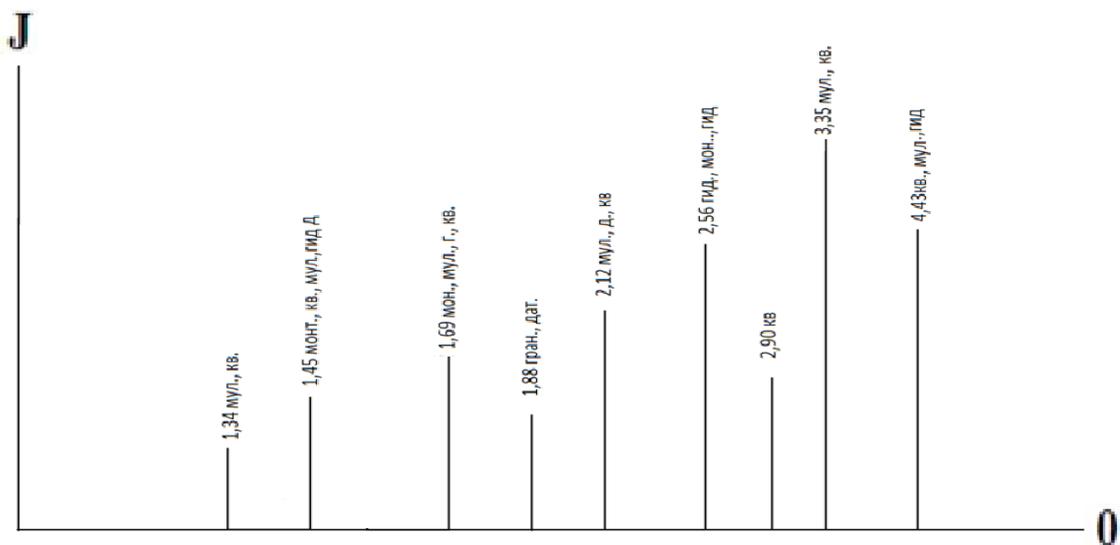
Таҷзияи концентрат ва концентрати тафсонидашудаи маъдани бордор бо таъсири кислотаи атсетат омӯхта шуданд.

Дар расми 11 вобастагии дараҷаи ҷудокунии компонентҳои фоиданок аз параметрҳои гуногуни раванд овада шудааст.

Аз рӯи таҳқиқи доир ба бо таъсири кислотаи атсетат таҷзия намудани концентрати пешакӣ тафсонидашудаи маъдани бордошта гузаронидашуда шароитҳои зеринро тавсия кардан мумкин аст: давомнокии раванд – 45 дақ; давомнокии тафсонииш – 60 дақ; ҳарорати тафсонииш – 950-980°C; ҳарорати таҷзия –100°C; миқдори стехиометрии кислотаи атсетат - 140-150% ва концентратсияи кислота – 15-20 мас%. Боварибахшии натиҷаҳои таҳлили химиявӣ бо штрих-диаграммаи боқимондаи саҳти концентрати баъди бо таъсири кислотаи атсетат таҷзияшуда тасдиқ кунонида шудааст (расми 11). Чи хеле, ки аз он бармеояд қуллаҳои минералҳои оҳандор мутааллиқ: гранат ва пироксен, ҳамчунин данбурит гум шуда, қуллаҳои, ки мавҷудияти квартс нишон медиҳанд, баръакс зиёд мешаванд. Минералҳои бор ва оҳандошта - гранат, пироксенҳо, гидроборатсит ва данбурит ба маҳлул мегузаранд.



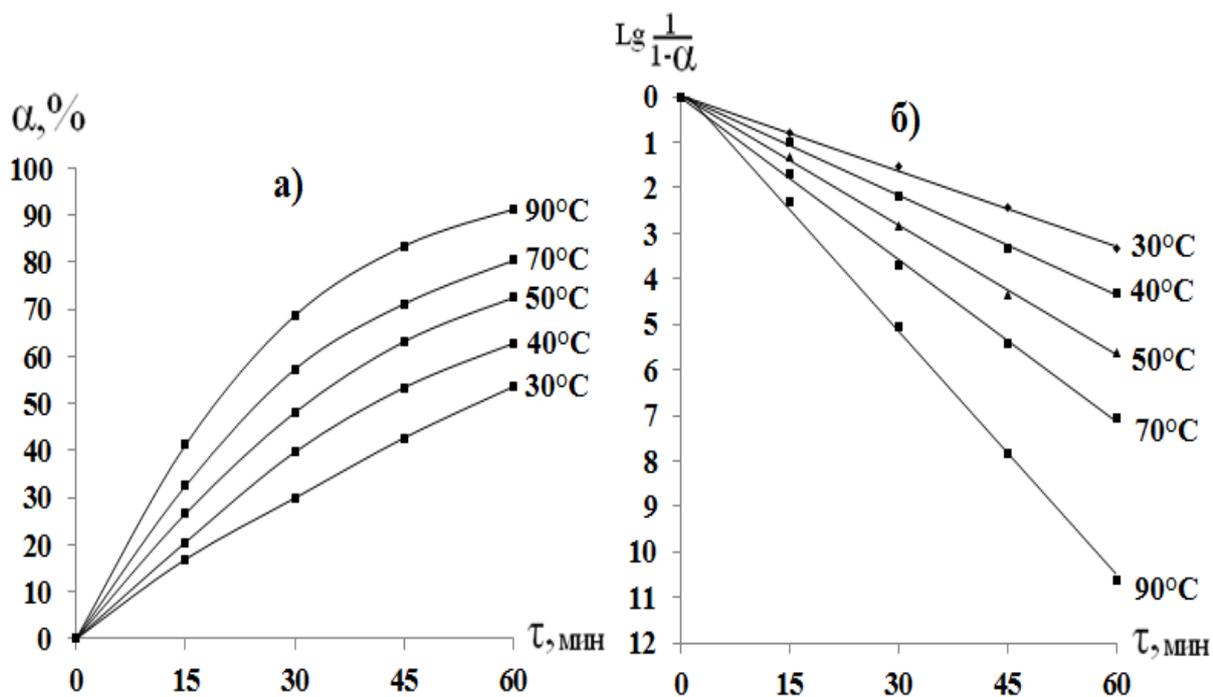
Расми 11 – вобастагии дараҷаи ҷудокунии оксидҳои B₂O₃, Fe₂O₃, Al₂O₃ ва CaO аз таркиби концентрати маъдани бордошта аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) консентратсияи CH₃COOH (андозаи зарраҳо < 0,1 мм; ҳарорат – 100°C; давомнокии раванд – 45 дақ).



Расми 12 - Штрих-диаграммаи боқимондаи концентрати бордошта баъди таҷзия бо таъсири кислотаи атсетат: кв – квартс, д – данбурит, дат – датолит, к – калсит, гидрос – гидрослюда, монт- монтмориллонит, мул - муллит.

Кинетикаи таҷзияи маъдани тафсонидишуда ва концентрати тафсонидашудаи бор бо таъсири кислотаи атсетат омӯхта шудааст.

Дар расми 13 вобастагии дараҷаи таҷзияи оксиди бор аз вақт (13а) ва $\lg 1/(1-\alpha)$ аз вақт (13б) дар аснои бо таъсири кислотаи атсетат таҷзияшавии концентрати маъдани бордошта нишон дода шудааст.



Расми 13 – Вобастагии дараҷаи таҷзияи(α) оксиди бор аз вақт (а) ва $\lg 1/(1-\alpha)$ аз вақт (б) ҳангоми бо таъсири кислотаи атсетат таҷзияшавии концентрати маъдани бордошта.

Хусусияти қачхатаҳои кинетикӣ таҷзия (расми 13а) нишон медиҳад, ки дар фосилаи 60 дақ ва ҳарорати 90°C дараҷаи ихроҷи B_2O_3 90,1% ташкил медиҳад.

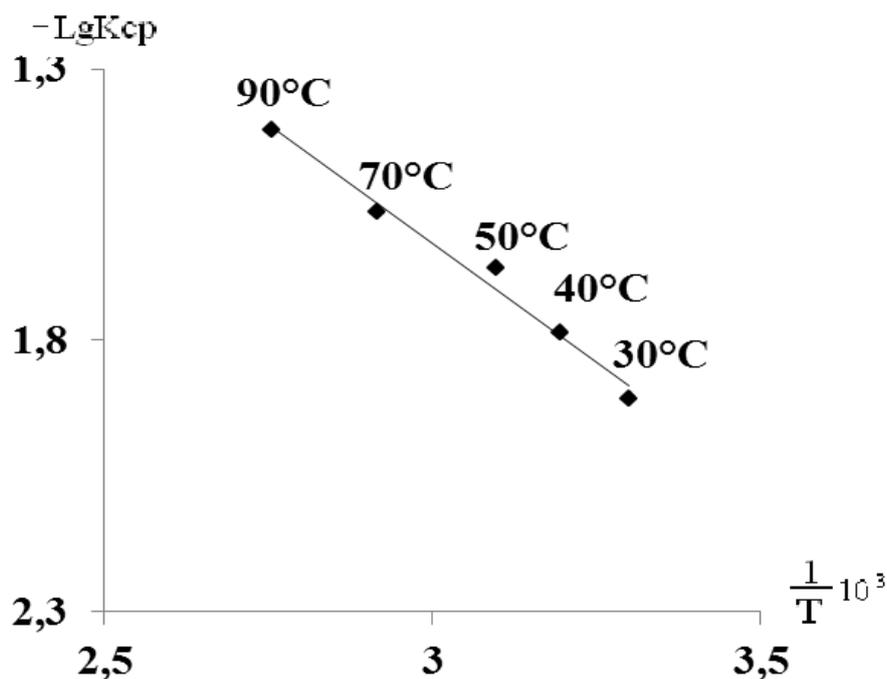
Константаҳои суръати таҷзияи концентрати тафсонидашудаи маъдани бордошта бо назардошти он, ки реаксияи таҷзия ба муодилаи тартиби якум ҷавобгӯ аст, ҳисоб карда шудаанд.

Аз график вобастагии $\lg 1/(1-\alpha)$ аз вақт (расми 13б) аён аст, ки нуктаҳои эксперименталӣ дар мавриди ҳароратҳои гуногун ба таври қаноатбахш дар ҳатти рост меҳобанд ва моили манфӣ доранд.

Энергияи фаълшавиро аз рӯи сохтани графики вобастагии $\lg k$ аз $(1/T \cdot 10^3)$ муайян намуда, дар ин маврид ҳатти рост ҳосил карда шудааст (расми 14).

Чи тавре аз расми 14 бармеояд, нуктаҳо ба таври боэътимод дар ҳатти рости Аррениус ҳобида, аз рӯи моилии он бузургии эҳтимолии энергияи активатсия ҳисоб карда шуд, ки он ба 18,36 кҶ/мол баробар аст. Қимати ададии энергияи фаълшавӣ ва вобастагии суръати реаксия аз андозаи зарраҳо ва давомнокии раванд дар аснои бо таъсири кислотаи атсетат таҷзияшавии концентрати

тафсонидашудаи маъдани бордошта шаҳодат медиҳад, ки он дар минтакаи диффузионӣ сурат мегирад.



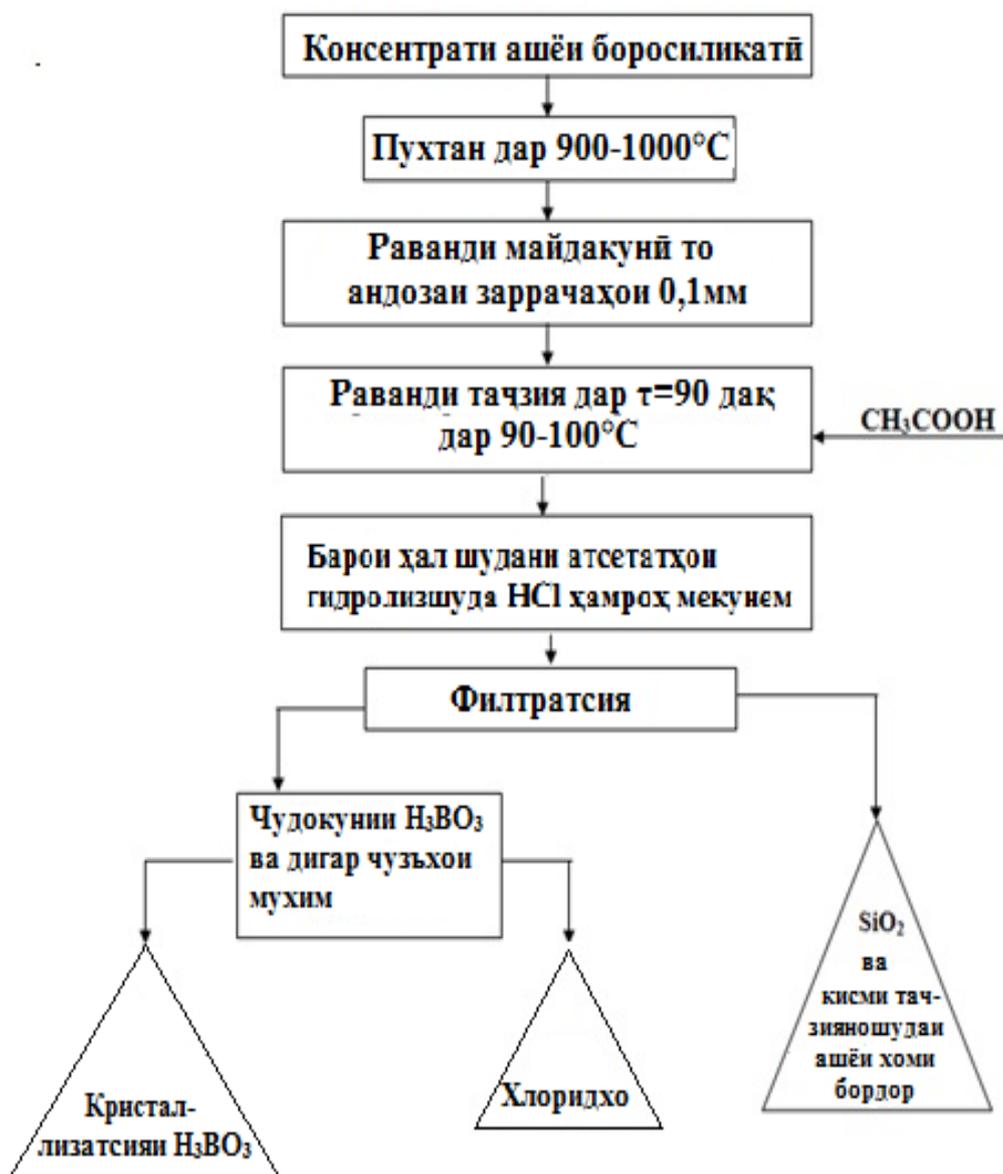
Расми 14 - Вобастагии IgK аз ҳарорати чаппаи мутлақ дар аснои бо кислотаи атсетат таҷзияшавии концентрати маъдани бордошта.

Коркарди тарҳи принсипиалии технологии истихроҷи маъданҳои бордошта бо таъсири кислотаи атсетат

Дар расми 15 тарҳи принсипиалии технологии истихроҷи маъданҳои бордошта – данбуритҳо (данбурити ибтидоӣ ва концентрати данбуритӣ) бо таъсири кислотаи атсетат пешкаш гардидааст, ки дар то оғози таҷзияи кислотагии данбурит дар ҳарорати 950-980°C муддати 60 дақиқа тафсонидани он тавсия дода мешавад.

Баъд аз коркарди термикӣ данбуритҳо то зарраҳои андозаашон 0,1-0,3 мм майда карда, бо маҳлули 15-20% кислотаи атсетат туршонида шуд. Барои ҳал гардидани атсетатҳои гидролизшуда баъди бо таъсири кислотаи атсетат таҷзия намудан, ба муҳити реаксионӣ кислотаи сероби хлорид илова карда шуд.

Аз маҳлул бо методи перекристаллизатсия кислотаи борат кристаллизатсия карда, бо роҳи филтронӣ аз маҳлул ҷудо карда шуд. Баъди хушконидаи кислотаи хушкӣ борат ба даст оварда шуд. Бо ҳамин тариқ ҷудокунии хлоридҳои алюминий, оҳан ва калсий тавсия дода мешавад. Боқимондаи саҳт аз оксидҳои силитсий ва калсий, инчунин дигар минералҳои таҷзиянашуда, ба монанди квартс, калсит, як қисм данбурити таҷзиянашуда ва ғайра иборатанд, ки онҳоро ар саноати маводи сохтмонӣ ба сифати ашёи хом истифода бурдан мумкин аст.



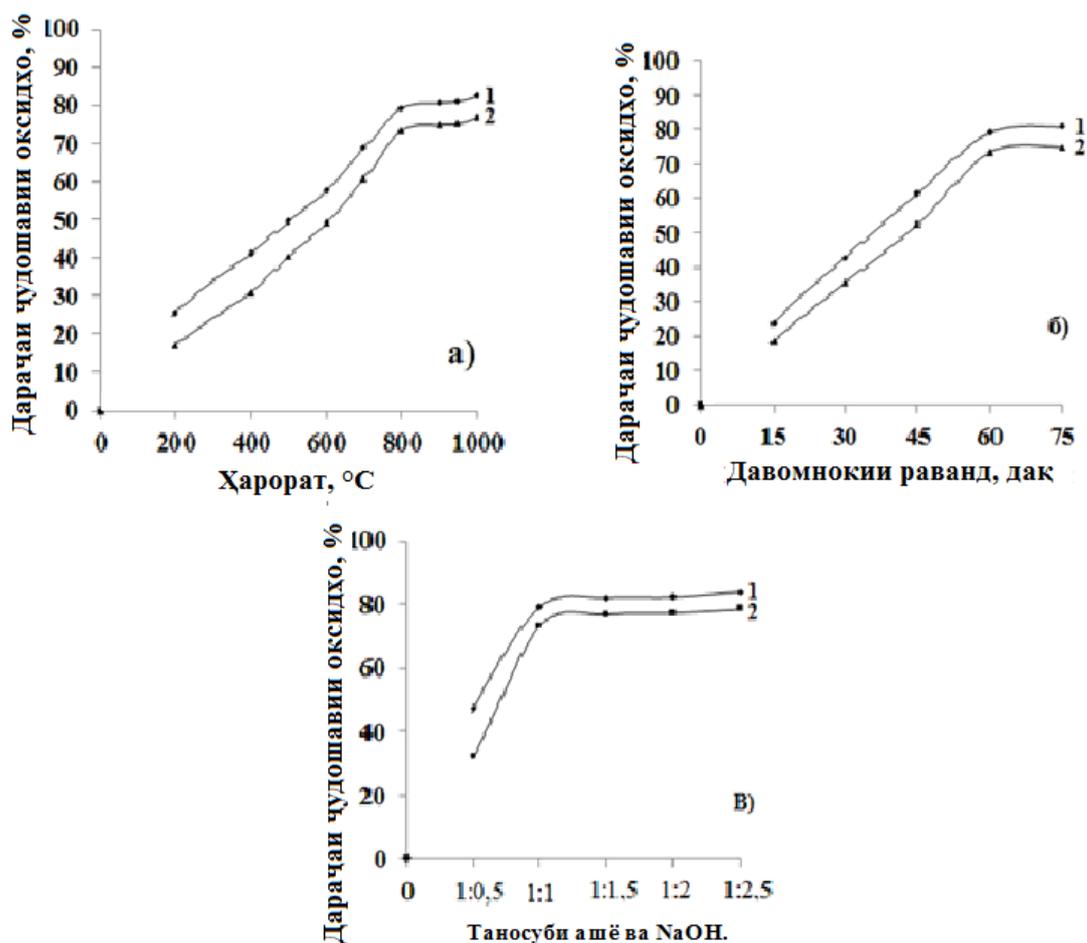
Расми 15 – Траҳи принципалии технологии истихроҷи маъданҳои бордошта бо таъсири кислотаи ацетат.

БОБИ 4. УСУЛҲОИ ГУДОЗИШИ МАЪДАНҲОИ БОРОСИЛИКАТӢ

Гудозиши маъданҳои боросиликатӣ бо NaOH

Истихроҷи маъдани ибтидоӣ ва тафсонидашудаи бордошта бо таъсири NaOH омӯхта шуд. Дар расми 16 вобастагии истихроҷи оксидҳо аз таркиби маъдани пӯхташудаи бордошта вобаста аз омилҳои гуногун тасвир шудааст.

Бо дарназардошти натиҷаҳои бадастомада параметрҳои нисбатан оптималии гудозиши маъданҳои боросиликатӣ инҳоянд: ҳарорати гудозиш - 800-850°C, давомнокии раванди гудозиш - 60 дақиқа ва таносуби массавии маъдан ба NaOH ба 1:1 баробар аст. Дар чунин шароит дараҷаи истихроҷи B_2O_3 – ба 79,58%, Al_2O_3 – 78,43% баробар мешавад.



Расми 16 – Вобастагии дараҷаи истихроҷи оксидҳои B_2O_3 (1) ва Al_2O_3 (2) аз таркиби маъдани ибтидоии пӯхташудаи боросиликатӣ аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) Таносуби ашё ва NaOH.

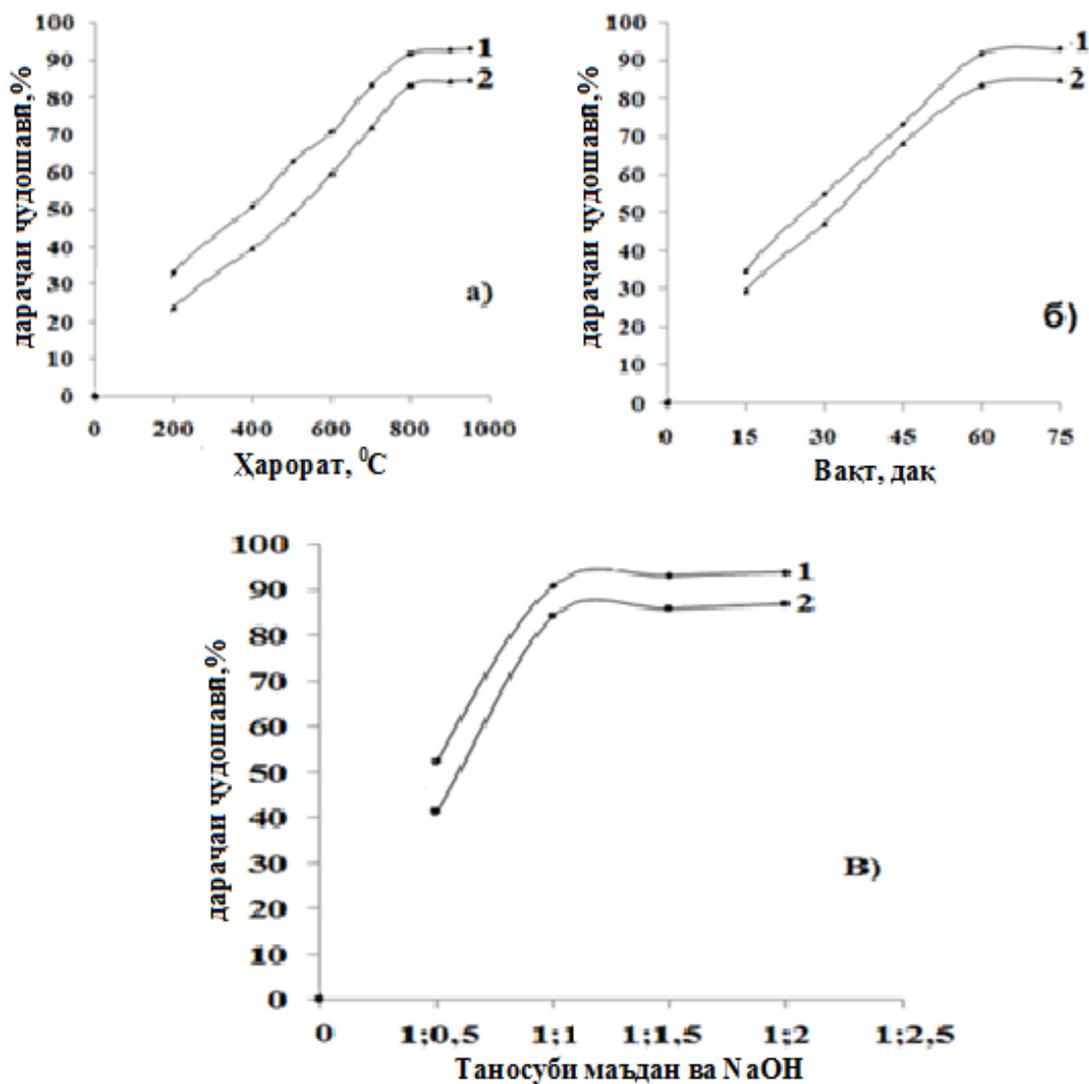
Дар таҳқиқот ҳамчунин истихроҷи концентрат ва концентрати тафсонидашудаи маъдани бордор бо таъсири NaOH омӯхта шудааст.

Дар расми 17 натиҷаи таҷзияи концентрати тафсонидашудаи маъдани боросиликатӣ бо таъсири NaOH нишон дода шудааст. Чи тавре аз расми 17 аён мегардад, ҳангоми бо гидроксиди натрий гудохтани концентрати тафсонидашудаи маъдани бордошта, NaOH нисбат ба таҷзияи маъдани ибтидоии тафсонидашудаи бордор ду маротиба камтар сарф мегардад. Дар ҳарорати $750-800^\circ C$ ва таносуби массавии NaOH нисбат ба ашёи хом, ки 1:1 баробар аст, дараҷаи истихроҷи компонентҳо ба қимати максималӣ мерасад.

Дар баробари ин кинетикаи раванди гудозиши маъдани тафсонидашудаи ибтидоии боросиликатӣ дар иштироки NaOH омӯхта шуд. Энергияи фаъолгардонии ҳисобкардашудаи раванд ба 14,39 кҶ/мол баробар гардид, ки ин дар бораи дар ҳудуди диффузионӣ чараён гирифтани раванд шаҳодат медиҳад.

Дар кори илмӣ ҳамчунин кинетикаи раванди гудозиши концентрати тафсонидашудаи маъдани боросиликатӣ дар иштироки NaOH омӯхта шудааст. Қимати эксперименталии энергияи фаъолгардонии раванд ба 14,11 кҶ/мол

баробар аст, ки ин дар хусуси дар ҳудуди диффузионӣ чараён гирифтани раванд шаҳодат медиҳад.

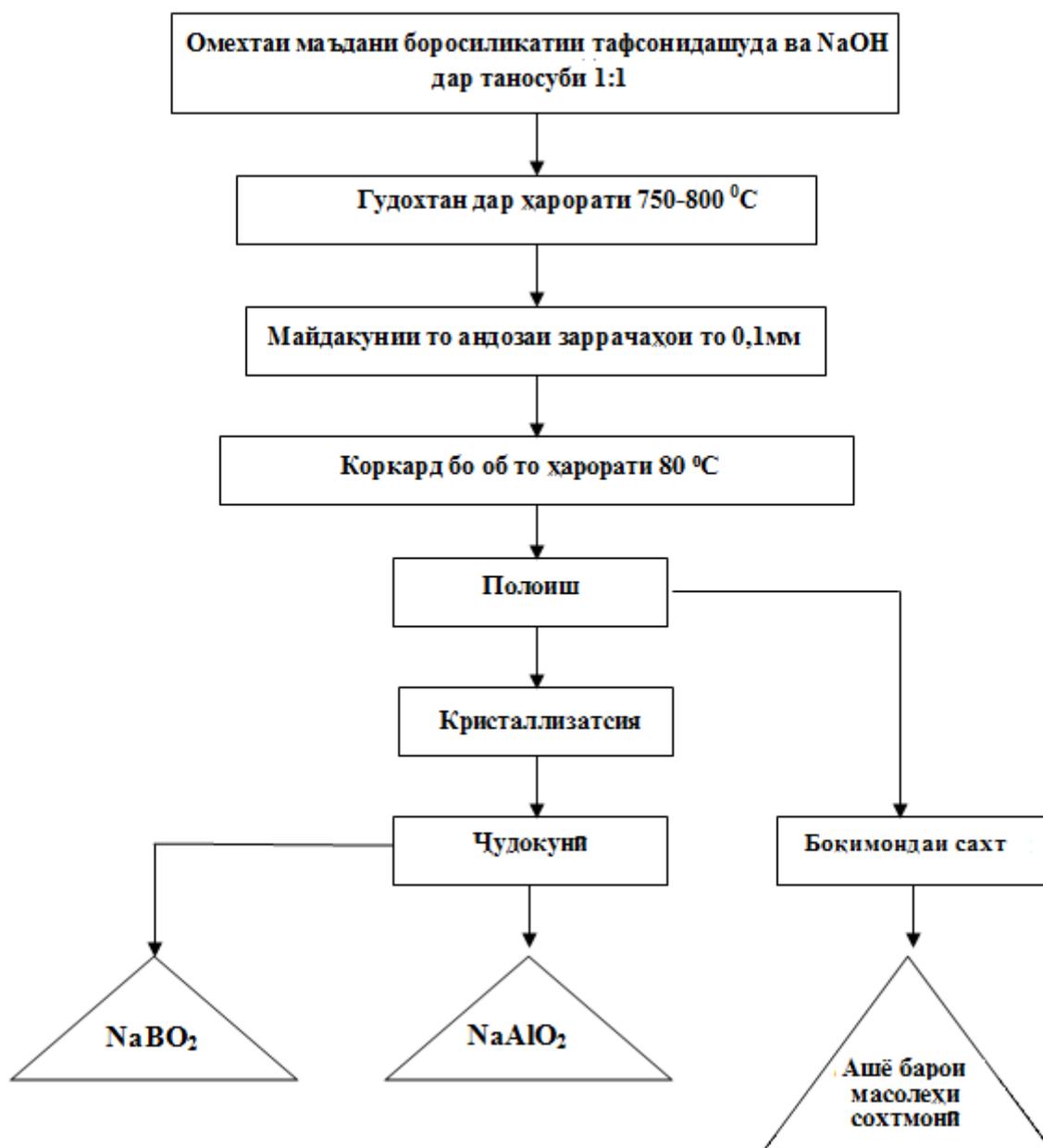


Расми 17 – Вобастагии дараҷаи истихроҷи оксидҳо аз таркиби концентрати тафсонидашудаи ашёи хоми бордошта аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) таносуби маъдан ва NaOH (1- B_2O_3 , 2 - Al_2O_3).

Коркарди тарҳи принципиалии технологияи истихроҷи ашёи хоми бор бо усули гудозиш дар иштироки NaOH

Дар асоси натиҷаҳое, ки ҳангоми бо NaOH гудохтани маъдани бордошта ва бо об ишқорноккунии намунаи тафсонидашуда тарҳи принципиалии технологияи он пешниҳод карда шуд (расми 18).

Омехтаи маъдани пешакӣ тафсонидашудаи маъдани бор ва NaOH-ро дар таносуби 1:1 ба транспортери тасмағӣ ворид намуда, сипас ба реактор барои гудозиш равона карда мешавад. Баъди дар ҳарорати 750-800°C гудозиш, ки он 60 дақиқа идома меёбад, омехта барои то зарраҳои андозаашон 0,1 мм майда кардан фиристода мешавад.



Расми 18 – Тарҳи принципалии технологияи истихроҷи ашёи хоми бор бо тарзи гудозиш дар иштироки NaOH.

Сипас намунаи гудохташударо барои чудо намудани маҳсулоти ҳосилшуда бо об коркард мекунад.

Ин равандро дар ҳарорати 80°C иҷро менамоянд, дар ин ҳолат компонентҳои фойданок ба маҳлул гузашта, дар таҳшин миқдори зиёди кемнезём боқӣ мемонад, ки он коркарди маҳлулро бо усули кристаллизатсия ва чудокунии NaBO_2 и NaAlO_2 -ро осон мегардонад.

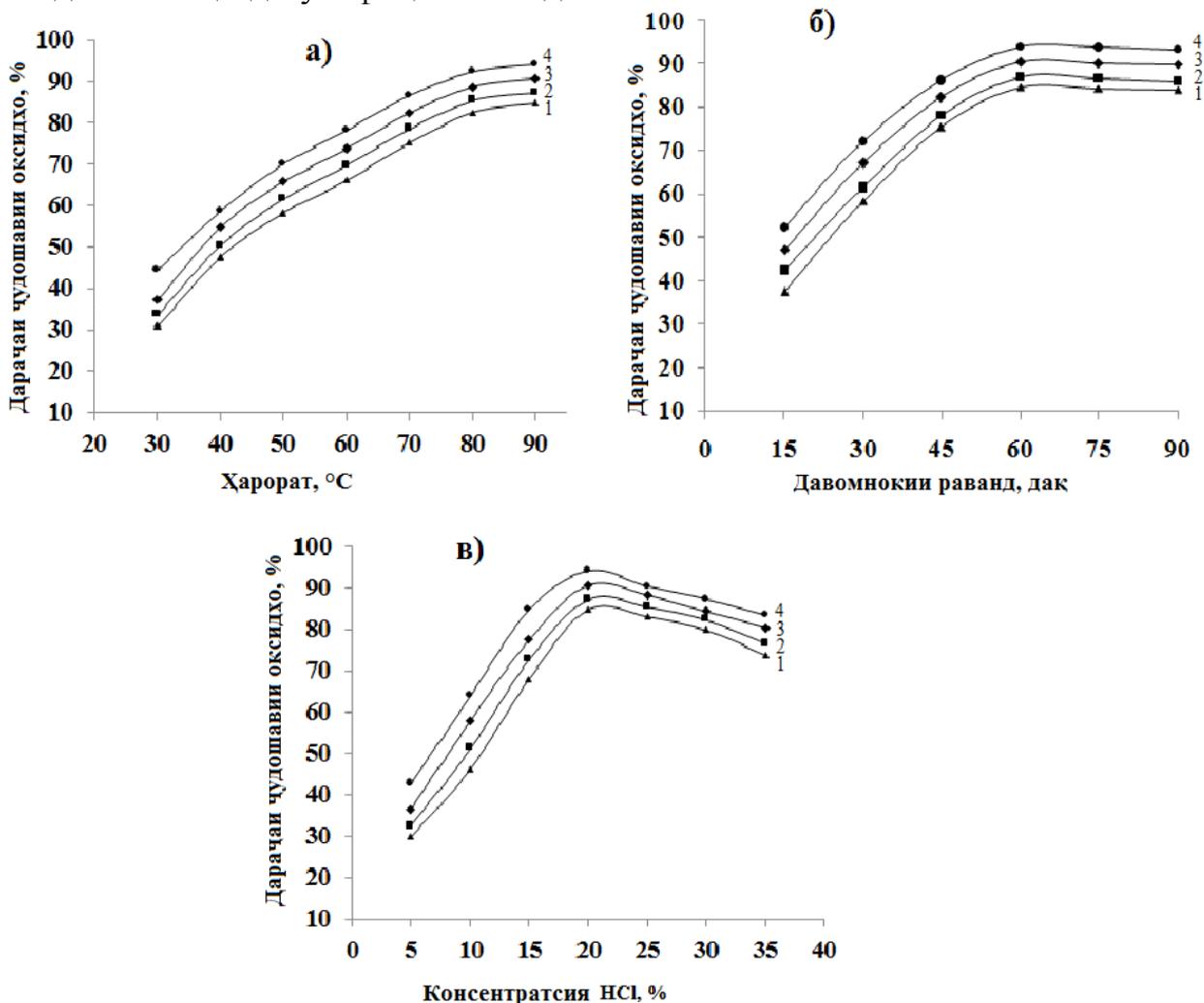
Бояд қайд намуд, ки ҳангоми бо об коркади намунаи гудохташуда андозаи зарраҳои он 0,1 мм ташкил дода, таносуби фазаҳои моеъ ва сахт - (3:1)-(4:1) мебошанд. Лойбае, ки дар маврид ҳосил мегардад ба нучт-филтр кашида мешавад, ки дар он ҷо фазаҳои моеъ ва сахт аз ҳам чудо мешаванд. Компонентҳои бор- ва алюминийдошта ба фазаи моеъ мегузаранд. Дараҷаи истихроҷи

компонентҳои ҳосилшуда аз риояи параметрҳои оптималии раванди гудозиш вобаста мебошанд.

Истихроҷи маъдани ибтидоии боросиликатӣ ва концентратҳои он бо методи гудозиш дар иштироки CaCl_2

Дар ин зерфасл натиҷаҳое, ки дар рафти таҷзияи ашёи ибтидоии боросиликатӣ баъди бо хлориди калсий пухтан ва бо кислотаи хлорид коркард кардани он ба даст омадаанд, оварда шудааст.

Ба тӯфайли дар кислотаҳои минералӣ ҳалшавандагии кам доштани компонентҳои маъдани боросиликатӣ, пеш аз коркарди кислотагӣ фаъолгардони маъдан ба мақсад мувофиқ мебошад.



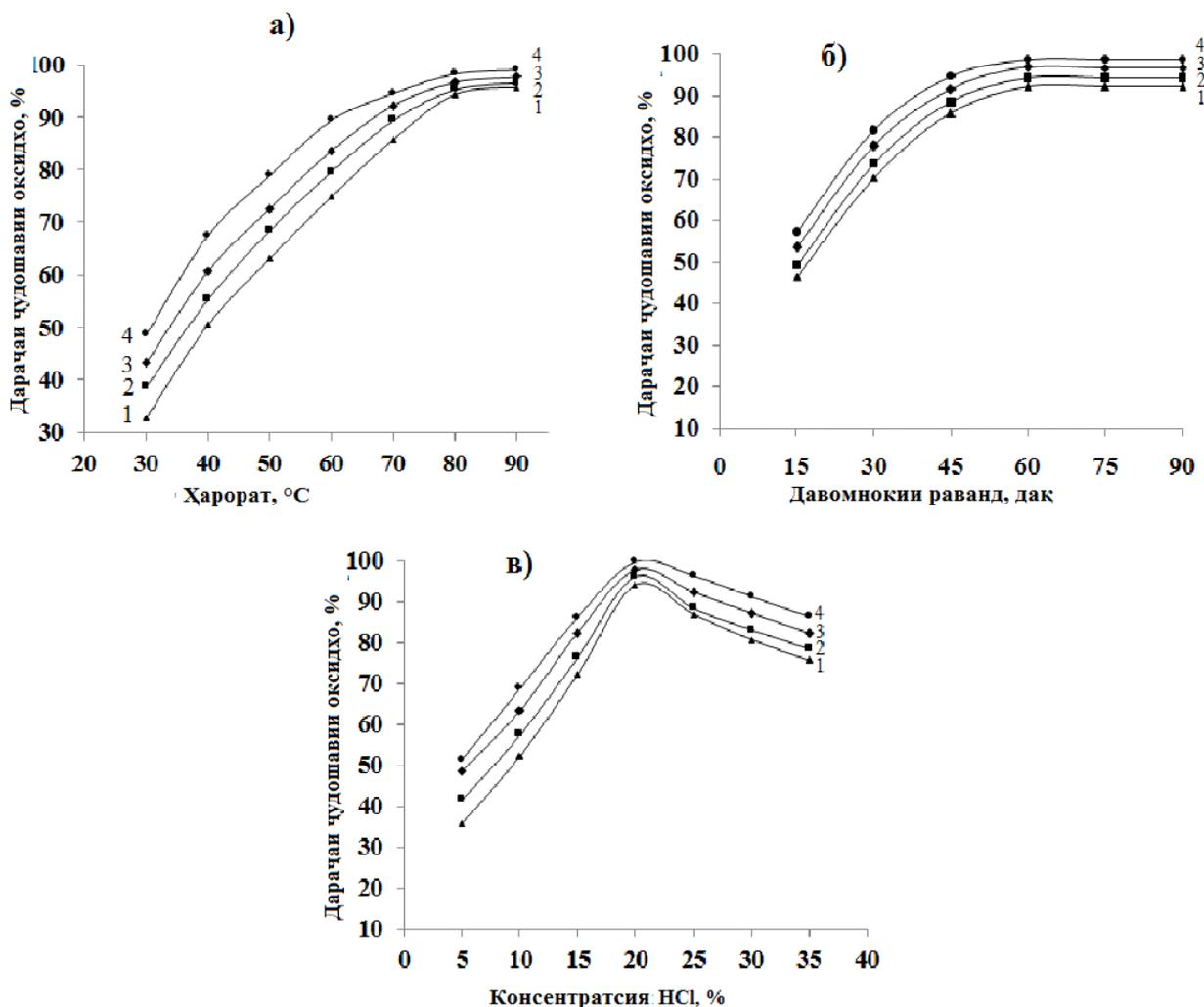
Расми 19 – Вобастагии дараҷаи истихроҷи оксидҳо аз таркиби гудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ дар иштироки CaCl_2 аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи HCl (1 – V_2O_5 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Fe_2O_3).

Ба сифати фаъолкунанда мо хлориди калсий ва ангишти фаъолро истифода намудем. Дар аснои дар иштироки хлориди калсий, ангишт ва оксигени ҳаво пухтани маъдани боросиликатӣ вайроншавии конструксияҳои дохилии тақягоҳии минералҳо ба амал омада, дар баробари ин қисман боратҳо ва силикатҳои калсий

ба амал омаданд, ки онҳо дар кислотаҳои минералӣ ба осонӣ ҳал мегарданд. Коркарди термики омехтаи маъдани боросиликатӣ дар иштироки хлориди калсий ва ангишти фаъол дар ҳарорати 800-850°C гузароинда шуд.

Баъди коркарди термики намунаи гудохташудаи бадастомадаро дар ҳарорати 80°C муддати 1 соат барои аз маҳлул берун сохтани миқдори изофаи хлорида калсий мешӯем. Сипас лойбаро филтр намуда, хушконидем, сипас бо маҳлули 20% HCl коркард намудем. Дар баробари ин, таъсири омилҳои гуногуни физикӣ ва химиявӣ, ки ба гудохтаи бо кислотаи хлорид ҳосилшуда омӯхта, натиҷаи таҳқиқ дар расми 19 оварда шудаанд.

Натиҷаи таҳқиқи таъсири омилҳои гуногуни физико-химиявӣ ба таъзияи концентрати маъдани боросиликати бо хлориди калсий гудохташуда дар расми 20 нишон дода шудааст.



Расми 20 – Вобастагии дараҷаи истихроҷи оксидҳо аз таркиби гудохтаи концентратҳои маъдани боросиликатӣ дар иштироки CaCl_2 аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи HCl (1 – B_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO; 4 – Fe_2O_3).

Мувофиқи таҷрибаҳои гузаронидашуда ва натиҷаҳои ба дастомادا чуни шароитҳои нисбатан самарабахши таъзияи концентратҳои маъдани боросиликатӣ ҳангоми гудозиш бо хлориди калсийро тавсия дода мумкин аст: ҳарорати гудозиш

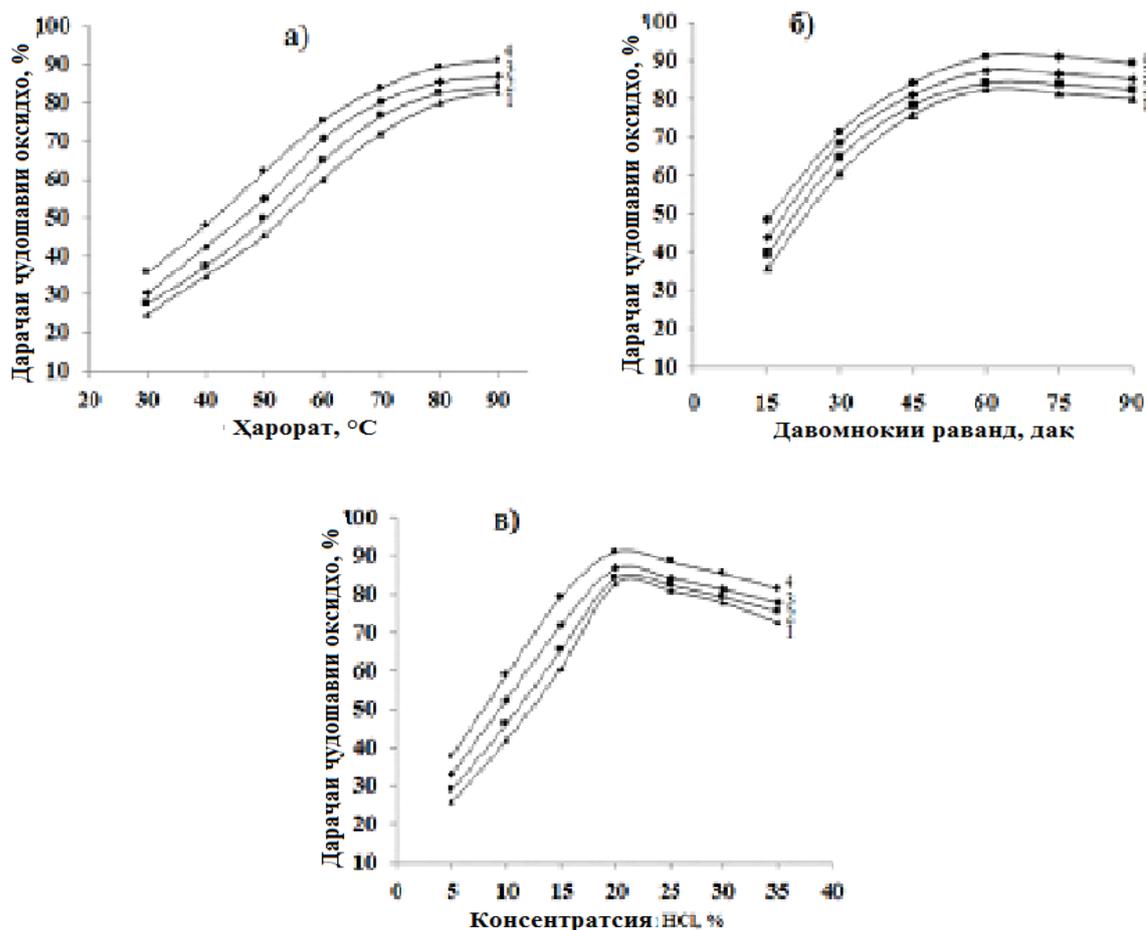
900-950°C, давомнокии раванди гудозиш 90 дақиқа, таносуби массавии маъдан нисбат ба $\text{CaCl}_2 = 1:2$. Дар чунин шароит 93,58% B_2O_3 , 95,23% Al_2O_3 ва 98,86% Fe_2O_3 ба маҳлул мегузаранд

Кинетикаи раванди бо кислотаи хлорид таъзияшавии гудохтаи маъдани ибтидои боросиликатӣ ва концентрати он дар иштироки CaCl_2 омӯхта шуд.

Бузургии эҳтимолии энергияи фаъолшавӣ - (E) ва зарбкунандаи пешазэкспоненсиалӣ - (K_0) бо тарзи графикӣ бо истифода аз муодилаи Аррениус муайян карда шуд, ки он ҳангоми таъзияи гудохтаи маъдани ибтидоӣ 23,07 кҶ/мол ва дар нтиҷаи таъзияи гудохтаи концентрати он 21,9 кҶ/мол-ро ташкил намуд..

Истихроҷи маъдани ибтидоӣ ва концентрати боросиликатӣ бо методи гудозиш дар иштироки NaCl

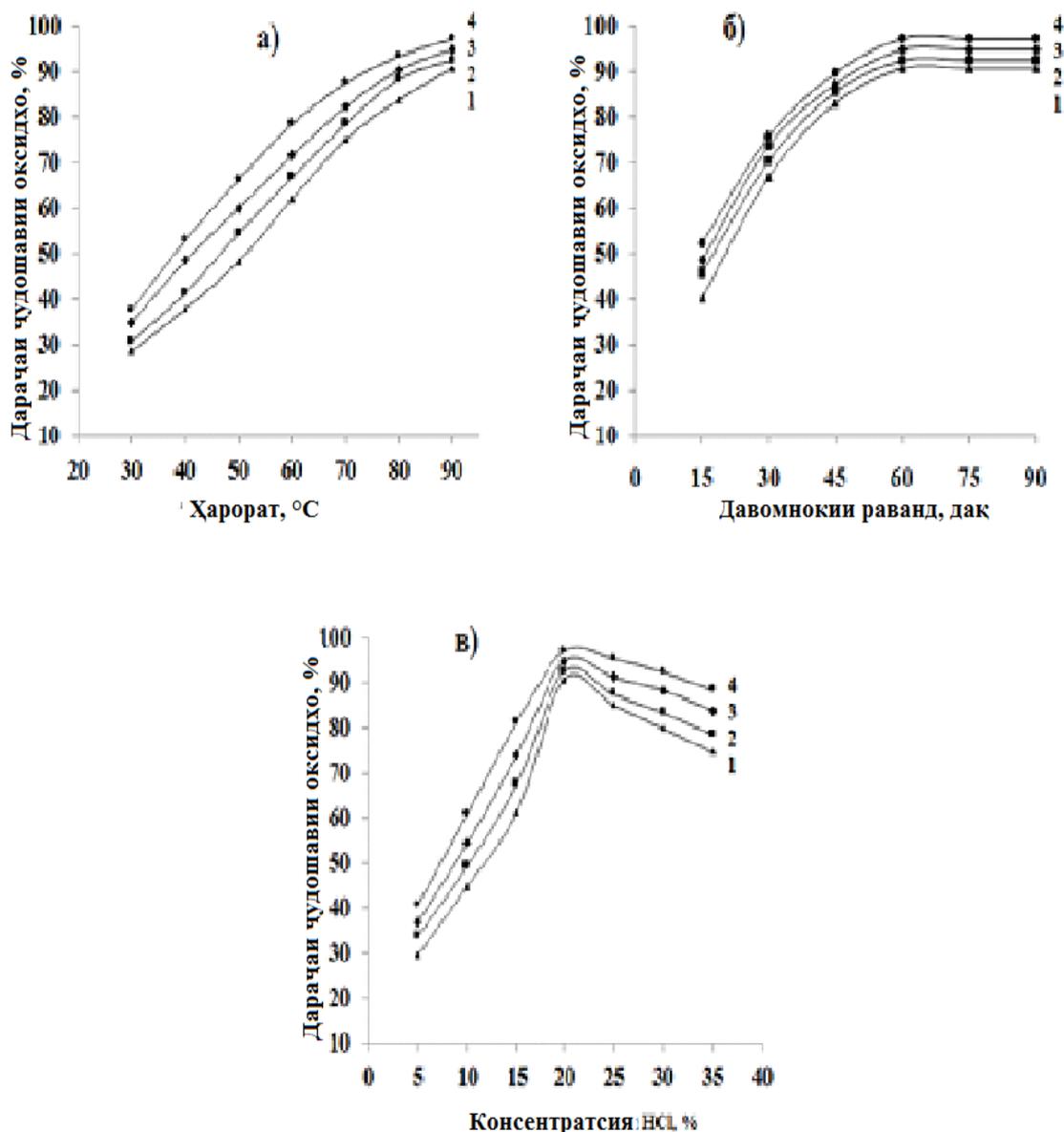
Дар кори диссертатсионӣ ҳамчунин истихроҷи маъдани ибтидоӣ ва концентрати боросиликатӣ бо методи гудозиш дар иштироки NaCl омӯхта шудааст.



Расми 21 – Вобастагии дараҷаи аз гудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ дар иштироки NaCl истихроҷ намудани оксидҳо аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи HCl (1 – B_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Fe_2O_3).

Натиҷаи таҳқиқи таъсири омилҳои гуногуни физикӣ-химиявӣ ба раванди бо кислотаи хлорид коркард намудани гудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ бо хлориди натрий дар расми 21 оварда шудааст.

Ҳамчунин раванди бо кислотаи хлорид таҷзияшавии гудохтаи концентрати ашёи боросиликатӣ ва NaCl омӯхта шудааст, ки он дар расми 22 оварда шудааст



Расми 22 - Вобастагии дараҷаи аз гудохтаи концентрати маъдани боросиликатӣ дар иштироки NaCl истихроҷ намудани оксидҳо аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи HCl (1 – B_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO; 4 – Fe_2O_3).

Дар рафти гузаронидани таҷрибаҳои эксперименталӣ барои раванди бо кислотаи хлорид коркард намудани гудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ ва концентрати он дар иштироки NaCl шароитҳои ратсионалии гузаронидани раванд ёфта шудаанд: ҳарорати гудозиш 800-850°C, ҳарорати таҷзияи кислотагӣ – 90°C; вақти гузариши раванд – 1 соат; дар чунин шароитҳо истихроҷи компонентҳои

фоиданок аз таркиби гудохтаи маъадни ибтидоии боросиликатӣ зиёда аз 82% ва дар мавриди концентрати маъдани боросиликатӣ зиёда аз 90% ташкил менамояд.

Дар асоси қиматҳои бадастомада ва муодилаҳои маълум (муодилаи Аррениуса ва муодилаи кинетикӣ) энергияи ғаёлшавии эҳтимолии раванди бо кислотаи хлорид таҷзияшавии гудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ ва NaCl муқаррар карда шуд, ки он ба 27,0 кҶ/мол баробар мебошад.

Бузургии энергияи ғаёлшавӣ барои гудохтаи концентрати ашёи боросиликатӣ ва NaCl, ки бевосита аз рӯи хатти рости Аррениус ҳисоб карда шудааст, 22,07 кҶ/молро ташкил медиҳад.

Тарҳи принципиалии технологияи истихроҷи маъдани боросиликатӣ бо методи гудозиши дар иштироқи CaCl₂

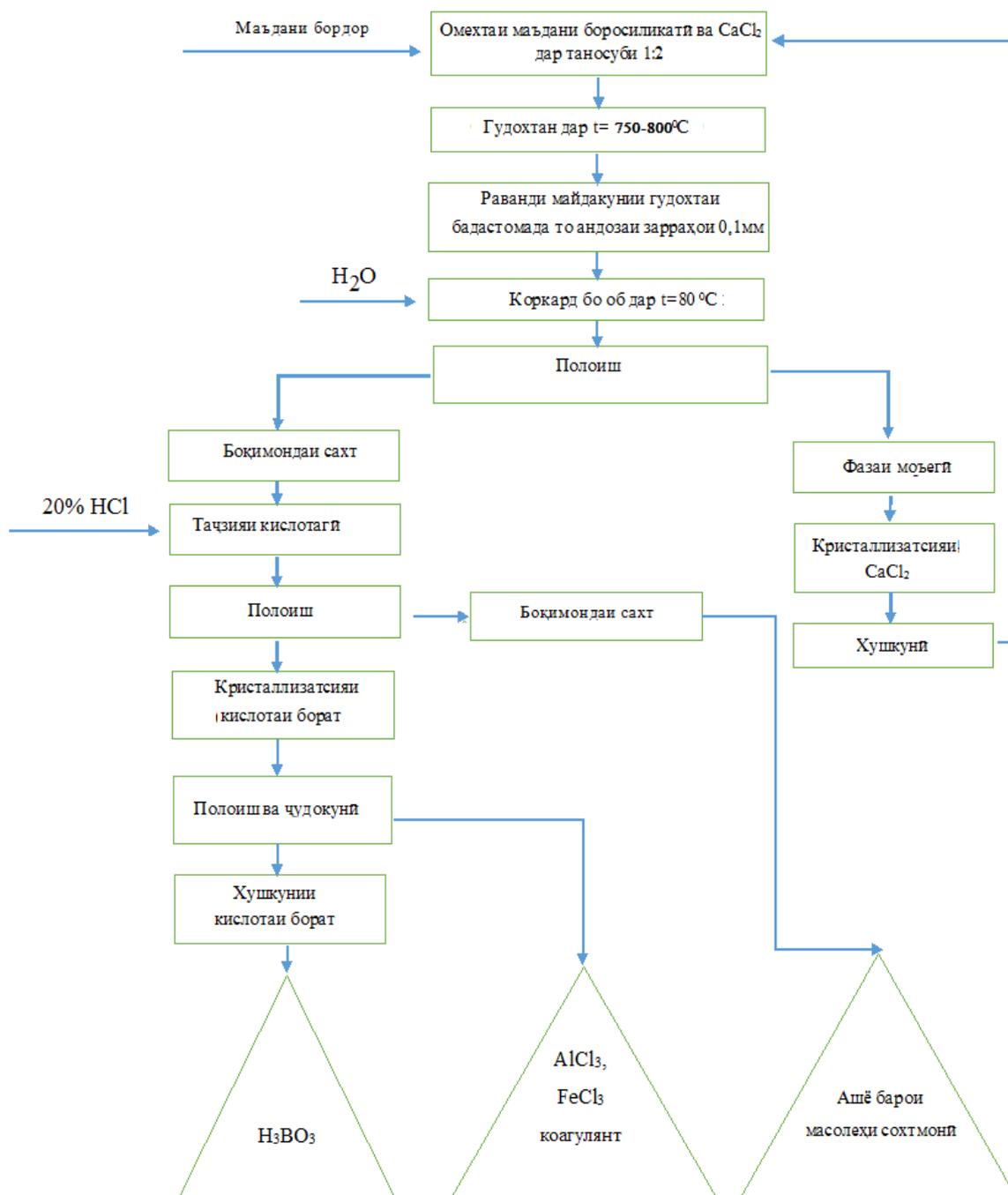
Истифодаи саноатии усули гудозиши истихроҷи маъданҳои боросиликатӣ ба дастрас будани таҷҳизоти техникӣ ва истифодаи реагентҳои дастрас - хлоридҳои натрий ва калсий, ки арзиши аслии маҳсулоти ҳосилшавандаро ба маротиб кам менамояд, асос ёфтааст.

Тарзи истихроҷи комплекси бо хлоридҳои CaCl₂ ва NaCl гудохтани маъдани боросиликатӣ зианаҳои асосии зеринро дар бар мегирад:

- тайёр кардани омехтаи ашёи бордошта ва CaCl₂ баъди майдакунӣ;
- гудозиши омехта дар ҳарорати 750-850°C;
- раванди майдакунии гудохта;
- ба воситаи обшӯй намудани берун кардани боқимондаи хлоридҳо;
- филтронии намуна баъди обшӯйкунӣ;
- бо кислотаи хлорид таҷзия намудани намуна;
- чудо кардани компонентҳои фоиданок (B₂O₃, FeCl₃, AlCl₃);
- чудо кардани таҳшини CaCl₂ баъди обшӯйкунӣ бо мақсади истифодаи такрорӣ.

Дар расми 23 тарҳи принципиалии технологияи барои истихроҷи ашёи хоми бордошта (ашёи ибтидоии бордошта ва концентрати он) бо усули гудозиш бо истифодаи намакҳо - хлориди калсий коркардшуда нишон дода шудааст. Дар ибтидо омехтаи маъдани боросиликатӣ ва намакҳои номбаршуда муддати 1 соат дар ҳарорати аз 800 то 850°C гарм карда мешавад. Гудохтаи дар натиҷаи коркарди термикӣ бадастомадаро то зарраҳои андозаашон қариб 0,1 мм майда карда дар ҳарорати 80°C барои бартараф намудани миқдори изофаи хлориди калсий бо об мешӯянд.

Баъди лойобаи ба дастомадаро филтр карда бо маҳлули 20% кислотаи хлорид коркард менамоянд. Дар натиҷа маҳлули кислотаи хлориддошта ҳосил мегардад, ки аз он методи кристаллизатсикунонӣ кислотаи борат чудо карда, сипас маҳлули ҳосилшуда филтронӣ ва хушк карда мешавад. Маҳсулоти иловагии фоиданок дар тарҳи технологияи додашуда хлоридҳои алюминий, оҳан ва калсий мебошанд. Минералҳои таҷзиянашуда - кварц, калсит ва дигарҳоро ба сифати ашёи сохтмонӣ истифода бурдан мумкин аст.



Расми 23 – Тарҳи принципалии технологии истихроҷи маъданҳои боросиликатӣ бо усули гудозиш дар иштироки хлориди калсий.

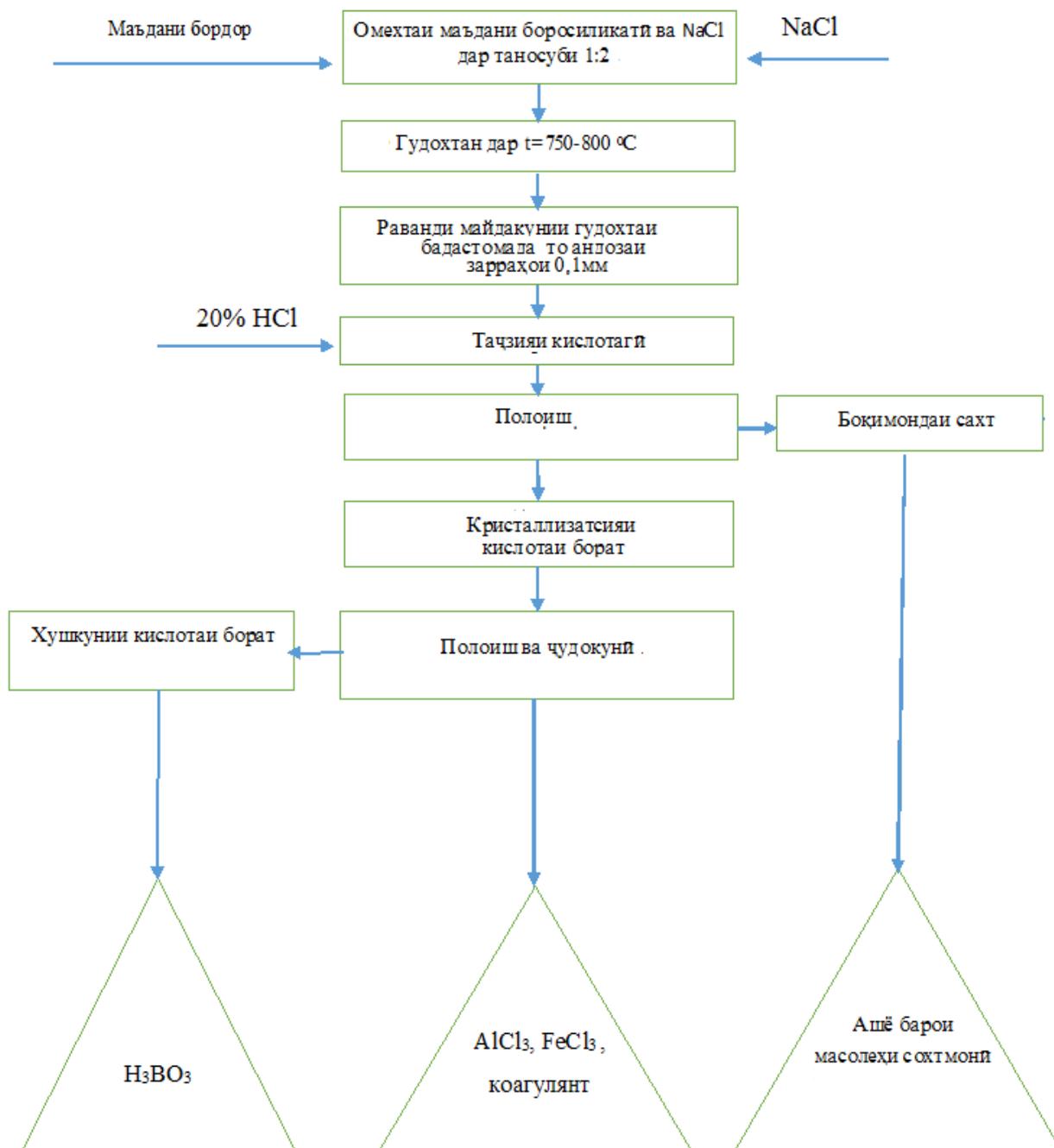
Тарҳи принципалии технологии истихроҷи маъданҳои боросиликатӣ бо методи гудозиш дар иштироки хлориди натрий

Дар расми 24 тарҳи принципалии технологии истихроҷи ашёи бордошта бо усули гудозиш дар иштироки хлориди натрий коркард гардидааст, нишон дода шудааст.

Аз маҳлуле, ки аз омехтаи пайвастиҳои бор, алюминий ва оҳан иборат аст, бо роҳи кристаллизатсияи кислотаи боратро ҷудо карда, омехтаи маҳлули алюминий ва оҳандоштаро ба сифати коагулянти омехта барои тоза кардани об истифода

бурдан мумкин аст. Чи тавре таҳқиқоти гузаронидаи мо медиҳанд, маҳлулҳои кислотаи хлориддоштаи оҳан ва алюминий хосияти баланди коагулятсиякунандагӣ дошта коагулятҳои самарабахш ба шумор меравад.

Ҳамин тавр, метод гудозиш имкон медиҳад, ки дараҷаи истихроҷи компонентҳои фойданоки таркиби маъдани боросиликатӣ баланд бардошта шавад.



Расми 24 – Тарҳи принсипиалии технології истихроҷи маъдани боросиликатӣ бо методи гудохиз дар иштироки хлориди натрий.

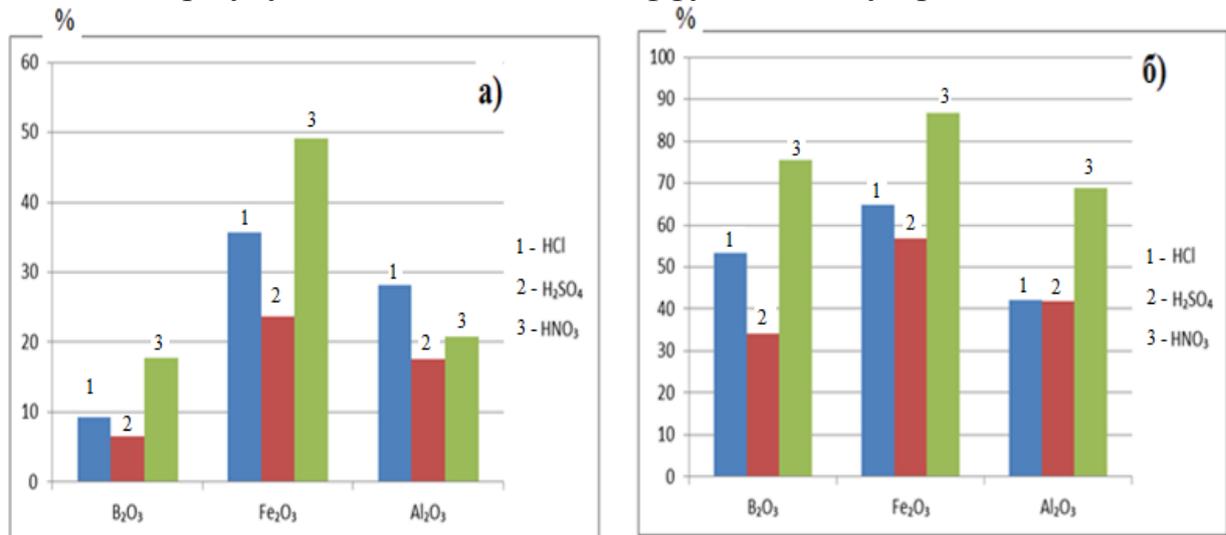
МУҲОКИМАИ НАТИҶАҲО

Дар кори илми мазкур масъалаи истихроҷи маъданҳои боросиликати Тоҷикистон бо таъсири кислотаҳои нитрат ва атсетат дида баромада шудааст. Равандҳои таҷзияи ашёи хоми бордошта дар ҳудуди васеи параметрҳои раванди технологӣ: ҳарорат, косцентратсияи кислота, давомнокии раванд ва андозаи зарраҳо омӯхта шудааст.

Таҳқиқоти оид ба коркарди асосҳои физикӣ-химиявӣ ва технологияи таҷзияи кислотагии ашёи хоми бордошта гузаронидашуда имкон доданд, ки шароитҳои оптималии ҷудокунии компонентҳои ғайбаовар ёфта, барои таҷзияи кислотаи нисбатан муносибтар интихоб карда шавад.

Ҳамчунин таъсири ҳарорат, давомнокии раванд, консентратсия ва андозагирии кислота дар раванди таҷзия омӯхта шуданд, ки ин барои ёфтани параметрҳои оптималии технологӣ нақши муҳим мебозанд.

Дар аксар равандҳои таҷзияи маъданҳои боросиликати суръати ишқорнокунӣ бо муодилаи тартиби якум тавсиф карда мешавад. Энергияи фаъолгардонии бо муодилаи Аррениус муқаррар карда шуд. Нишон дода шуд, ки таҷзияшавӣ дар ҳудудҳои кинетикӣ ва ё диффузионӣ мегузарад.

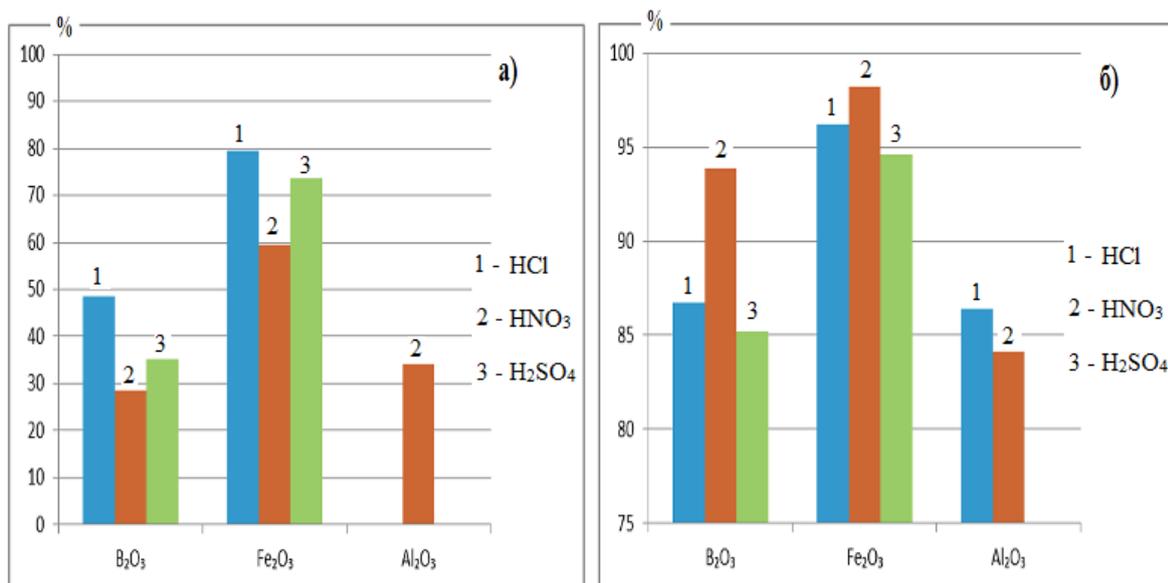


Расми 25– Истихроҷи компонентҳои ғайбаовар аз таркиби маъданҳои боросиликати: а) маъдани ибтидоӣ; б) маъдани ибтидоӣ тафсонидашуда.

Дар ҷадвали 6 натиҷаи бо таъсири кислотаҳо таҷзияшавии маъдани боросиликати дар параметрҳои оптималии нишон дода шудааст. Ҷадвали 6 аён мешавад, ҳангоми бо таъсири кислотаи нитрат ва шароитҳои оптималии зерин: ҳарорат - 95°C, давомнокии раванд – 60 дақиқа, консентратсияи кислота – 15% баромади максималии оксиди бор (93,9%) ташкил медиҳад. Бояд гуфт, ки дар ин маврид маъдани борпешакӣ дар ҳарорати 950°C аз коркарди термикӣ гузаронида шуд.

Дар ҷадвали 6 ва расмҳои 25 ва 26 натиҷаҳои эксперименталии бо таъсири кислотаҳои минералии – HCl, H₂SO₄, HNO₃, ҳамчунин кислотаи атсетат таҷзияшавии маъданҳои боросиликати ба дастовардашуда ба система дароварда

шудаанд.



Расми 26 – Истихроци компонентҳои фойданок аз концентрати маъдани боросиликатӣ: а) концентрат; б) концентрати тафсонидашуда.

Чи тавре ки аз ҷадвали 6 аён аст, аз ҳама кислотаҳои мувофиқтар HNO_3 ва CH_3COOH ба шумор мераванд. Дар параметрҳои оптималии таҷзия: ҳарорати 90°C , давомнокии раванд 60 дақ. дараҷаи ҷудошавии B_2O_3 ҳангоми коркарди концентрати тафсонидашудаи маъдани боросиликатӣ зиёда аз 90%-ро ташкил медиҳад.

Маълумоти дар хусуси таҷзияи маъдани боросиликатӣ ба дастомадаро пурра намуда, қайд кардан зарур аст, барои истихроҷ ашёи нисбатан мувофиқ концентрати маъдани боросиликатӣ ба ҳисоб меравад.

Дар таҳқиқи мазкур ҳамчунин натиҷаҳои баҳодихии муқоисавии гудозиши маъдани бордоштаи Ак-Архари кони Тоҷикистон бо таъсири ишқор ва хлориди калсий пурра гардонида, параметрҳои оптималии раванди гудозиш муқаррар карда, реагентҳои барои гудозиш муносиб пешниҳод гардиданд.

Чи тавре ки пештар ишора шуд, ҳангоми ҳангоми таҷзияи маъдани боросиликати B_2O_3 – 10,4% дошта бо NaOH параметрҳои опималии зерин: ҳарорати гудозиш 800°C ; давомнокии раванд 60 дақиқа; таносуби реагентҳо 2:1 муқаррар карда шуд. Дар ин шароитҳо дараҷаи истихроҷи (бо %): B_2O_3 – 67,2; Al_2O_3 – 63,3 ташкил дод.

Чи тавре қайд шуд гудозиши термикӣ дар иштироқи хлориди калсий ва ангишт дар ҳарорати $800\text{-}850^\circ\text{C}$ гузаронида шуд. Баъди коркарди термикии гудохта он барои аз маҳлул дур соختани миқдори изофаи CaCl_2 обшӯй карда шуд. Сипас лойоба филтр ва бо маҳлули 20% кислотаи хлорид коркард гардид.

Ҷадвали 6 – Таҷзияи маъдани боросиликатӣ бо таъсири кислотаҳо дар параметрҳои оптималӣ

Кислотаҳо	Боросиликатная руда											
	Маъдани ибтидоии боросиликатӣ			Маъдани боросиликати тафсонидашуда			концентрати ашёи боросиликатӣ			Концентрати ашёи боросиликати тафсонидашуда		
	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
HCl , параметрҳои оптималии таҷзия: t=80-90°C, τ=60 дақиқа, C _{HCl} =20%	9.28	35.6	28.1	53.2	64.7	42.2	48.6	79.4	-	86.7	96.2	86.4
H₂SO₄ , параметрҳои оптималии таҷзия: t=90-95°C, τ=60 дақ, C _{H₂SO₄} =30-40%	6.5	23.6	17.6	34.1	56.8	41.9	35.1	73.6	-	85.2	94.6	-
HNO₃ , параметрҳои оптималии таҷзия: t=95°C, τ=60 дақ, C _{HNO₃} =15%	17.7	49.1	20.8	75.4	86.7	68.9	28.5	59.6	34.2	93.9	98.2	84.1
CH₃COOH , Параметрҳои оптималии таҷзия: t=100°C, τ=45 дақ, C _{CH₃COOH} =20%	19,7	15,4	11,6	76,5	85,1	73,4	20,9	17,6	12,5	90,1	88,2	93,5

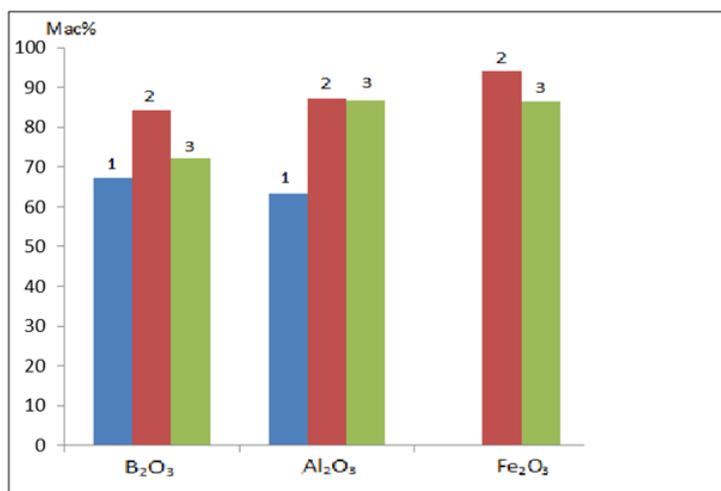
Баъди гузаронидани таҷрибаҳо аз тарафи мо шароитҳои зерини самрабахши таҷзияи концентрати ашёи боросиликатӣ дар мавриди бо хлориди калсий гудохтани он тавсия дода шуд: ҳарорати гудозиш – 900-950°C; давомнокии гудозиш – 80 дақиқа; таносуби массавии маъдан ва CaCl₂ 1:2.

Баъди гудозиш ва бо обу кислота коркард намудан шароитҳои оптималии зерин барои ҷудо кардани компонентҳои ғоиданоки ашёи ибтидоии бордошта ва концентрати он пшниход шуданд: ҳарорат – 90°C; давомнокии раванд – 60 дақиқа; консентрасияи кислотаи хлорид – 20%.

Ҳамин тариқ, дараҷаи аз таркиби гудохта дар иштироки ашёи ибтидоӣ ва CaCl₂ ихроҷшавии оксидҳои (бо %): B₂O₃ – 84,3; Al₂O₃ – 87,3; Fe₂O₃ – 94,1 ташкил дод. Барои гудохта дар иштироки концентрати ашёи бордошта ва CaCl₂ он (бо %): B₂O₃ – 93,2; Al₂O₃ – 95,3; Fe₂O₃ – 98,6 ташкил медиҳад.

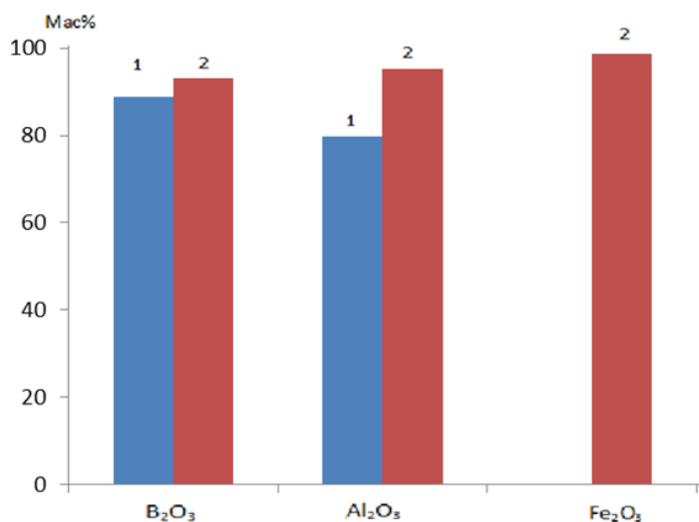
Ҷадвали 7 – Гудозиши маъдани боросиликатӣ бо таъсири реагентҳои гуногун

Реагентҳо	Маъдани ибтидоии боросиликатӣ			Маъдани тафсонидашудаи боросиликатӣ		Концентрати ашёи боросиликатӣ			Концентрати тафсонидашудаи ашёи боросиликатӣ	
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃
NaOH	63.3	-	67.2	73.4	79.2	79.8	-	88.7	85.2	92.4
CaCl ₂	87.3	94.1	84.3	-	-	95.3	98.6	93.2	-	-
NaNO ₃	86.8	86.5	72.2	-	-	-	-	-	-	-



Расми 27 – Истихроҷи кмпонентҳои ғоиданок аз таркиби маъдани ибтидоии боросиликатӣ бо методи гудозиш (1 – NaOH, 2 – CaCl₂, 3 – NaNO₃).

Дар ҷадвали 7 ва расмҳои 27 ва 28 натиҷаҳои бадаст омада оиди гудохтани маъдани боросиликатӣ бо реагентҳои гуногун ба система дароварда шудааст



Расми 28 – Истихрочи компонентҳои фойданок аз таркиби концентрати маъдани боросиликатӣ (1 – NaOH, 2 – CaCl₂).

Чи тавре ки аз чадвали 7 ва расмҳои 27 ва 28 аён аст, ҳангоми гудохтани маъдан бо CaCl₂ дараҷаи ҷудошавии компонентҳои фойданок нисбатан баланд ба назар мерасад ва CaCl₂ маводи нисбатан арзонтар ва дастрас мебошад. Ҳамчунин барои гудозиш ашёи мувофиқтар концентрати маъдани боросиликати ба шумор меравад.

Чи тавре аз қисмати эксперименталӣ ва як қатор корҳои доир ба омӯзиши равандҳои кинетикӣ анҷом ёфта бармеояд, таҷзияи маъдани бор вобаста аз шароити раванд дар ҳудуди диффузионӣ ва ё кинетикӣ ҷараён мегирад.

Чи тавре маълум аст, реаксияҳои гетерогении химиявӣ дар ҳолате мегузаранд, ки агар диффузияи молекулярӣ ва ё конвективии моддаҳо ба самти сатҳи модда ҷой дошта бошад. Аз қимати энергияи фаъолшавии таҷзияи маъдани боросиликатӣ бар меояд, ки дар мавриди бо таъсири кислотаи нитрат гузаштани он қимати адабии энергияи фаъолшавӣ нисбат ба концентрати маъдан баландтар мебошад, ки мувофиқи қонуният аст.

Дар раванди бо таъсири кислотаҳои хлорид ва сулфат таҷзияшавии маъдан қимати энергияи фаъолшавии маъдани ибтидоии боросиликаӣ нисбат ба концентрати маъдани бордошта кам мешавад. Дар ин ҷо, эҳтимол тафсониши пешакии маъдани ибтидоӣ нақш дорад.

Дар мавриди бо таъсири кислотаи атсетат таҷзия кардани маъдан қимати энергияи фаъолшавӣ амалан барои маъдани ибтидоӣ ва концентрати он тағйир намеёбад.

Ҳамин тавр, кинетикаи таҷзияи маъдани бордошта бо таъсири кислотаҳои минералӣ нишон медиҳад, ки градиенти концентратсияи моддаҳои ба ҳам таъсиркунанда сабаби ба вучуд омадани равандҳои диффузионӣ мегарданд.

Барои раванди гудозиш истифода шудани CaCl₂ ва NaOH имкон медиҳад, ки баромади маҳсули фойданок бештар гардад.

ХУЛОСАҲО

Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия:

1. Таркиби минералӣ ва химиявӣ маъдани боросиликати кони Ак-Архари Тоҷикистон бо методҳои рентгенофазӣ, таҳлили дифференциалӣ-терминалӣ ва химиявӣ муқаррар карда шуд. Хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ашёи ибтидоӣ ва тафсонидашудаи бордошта, инчунин маҳсули истихроҷи онҳо дар раванди бо кислотаи нитрат ва атсетат таҷзияшавии онҳо омӯхта шуд [1,5,36,40,51,52-А].
2. Шароитҳои нисбатан ратсионалии таҷзияи маъданҳои тафсонидашуда ва тафсонидашудаи боросиликатҳо бо таъсири кислотаҳои нитрат ва атсетат ошкор карда шуданд. Параметрҳои оптималии раванд: ҳарорати таҷзия 90°C дар муддати 1 соат, консентратсияи кислота – 20% ёфта шуданд [1,4,8,13,14,17,18,30,38,39,44,50,53,54-М].
3. Шароитҳои нисбатан ратсионалии гузариши раванди таҷзияи концентрати бордошта бо таъсири кислотаҳои нитрат ва атсетат муқаррар карда шуданд: ҳаракати таҷзия 90°C дар муддати як соат, консентратсияи HNO_3 – 15-20%, CH_3COOH – 15-20%, баромади максималии маҳсули бордошта барои кислотаи атсетат 90,3% барои кислотаи нитрат – 93,9% [1,3,6,7,11,12,13,15,18,21,22,23,37,41,44, 45,49,50-М].
4. Кинетикаи таҷзияи маъдани тафсонидашуда ва ибтидоии бордошта бо таъсири кислотаҳои нитрат ва атсетат омӯхта шуд. Раванди таҷзия дар ҳудуди диффузионӣ чараён мегирад, ки аз ин хусус энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванд шаҳодат медиҳад, он барои кислотаи атсетат 19,0 кҶ/мол ва барои кислотаи нитрат – 21,19 кҶ/мол мебошад [1,4,44,46-М].
5. Кинетикаи бо кислотаҳои нитрат ва атсетат таҷзияшавии концентрати тафсонидашудаи бордор омӯхта шуд. Ин раванд низ дар ҳудуди диффузионӣ мегузарад, ки дар ин хусус энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванд шаҳодат медиҳад. Он барои кислотаи атсетат ба – 18,6 кҶ/мол ва барои кислотаи нитрат – 14,83 кҶ/мол баробар мебошад [1,6,7,10,15-М].
6. Тарҳи принципалии технологияи бо кислотаи атсетат истихроҷ кардани маъдани бордоштаи кони Ак-Архари Тоҷикистон бо ба даст овардани маҳсулоти бор коркард гардид, ки он зинаҳои зеринро дар бар мегирад: тафсонид дар ҳарорати 950°C , майдакунии маъдан, бо кислотаи атсетат туршонидан, филтратсияи лойоба, кристаллизатсияи маҳсули таҷзия, чудокунӣ ва хушккунӣ [1,38,52-М].
7. Барои бо таъсири NaOH таҷзия намудани маъдани боросиликатӣ параметрҳои оптималӣ муқаррар карда шуданд:
барои маъдани ибтидоӣ: ҳарорат - 950°C , давомнокии коркард бо NaOH : ашё – 2:1. Истихроҷи оксиди бор дар ин параметрҳо 68,1% ташкил дод;
барои маъдани тафсонидашуда: ҳаракати тафсонид - $800-850^{\circ}\text{C}$, давомнокии раванди тафсонид – 1 соат, таносуби массавии маъдан ба NaOH – 1:1. Дар ин маврид истихроҷи B_2O_3 ба 79,58% баробар аст;

барои концентрати маъдан: ҳаракат - 950°C , давомнокии коркарди NaOH – 1 соат, таносуби NaOH : ашё – 2:1. Дар чунин шароит дараҷаи истихроҷи B_2O_3 аз 88% зиёд мебошад;

барои концентрати тафсонидашуда: ҳарорат - $750-800^{\circ}\text{C}$, давомнокии коркард бо NaOH – 1 соат, таносуби массавии маъдан нисбат ба NaOH 1:1. Дар ин ҳолат 91,58% B_2O_3 ба маҳлул мегузарад [2,5,12,16,22,27,28,31,35,47 -М].

8. Кинетикаи раванди маъдани ибтидоӣ ва пешакӣ тафсонидашудаи боросиликатӣ дар аснои гудозиш бо гидроксиди натрий таҳқиқ карда шуд. Таҳқиқ нишон дод, ки раван дар ҳудуди диффузионӣ ва кинетикӣ чараён мегузарад. Ҳамчунин кинетикаи равандҳои таҷзияи концентрат ва концентрати тафсонидашудаи маъдани боросиликаӣ дар иштироқи гидроксиди натрий таҳқиқ карда шуд. Он нишон дод, ки раванд дар ҳудуди диффузионӣ мегузарад. [2,5,9,19,25,26-М].

9. Тарҳи принсипиалии технологияи оид ба истихроҷи маъдани боросиликати кони Ак-Архар бо методи гудозиш-иқорнокунӣ коркард гардид, ки он зинаҳои зеринро дар бар мегирад: тафсониди ашё дар ҳарорати аз 900 то 950°C , гудозиш бо ишқор ва ошӯйкунӣ дар ҳарорати 80°C , филтрони лойоби ба дастамада, кристаллизатсияи маҳсулоти дар рафти таҷзия ба дастамада, ҷудокунӣ ва хушккунидани онҳо. [2-М].

10. Параметрҳои оптималии гудозиши маъдани итидоӣ ва концентрати боросиликатӣ бо истифодаи CaCl_2 ва NaCl ёфта, параметрҳои оптималии раванди гудозиш ва коркарди минбаъдаи кислотагии он дар параметрҳои оптималии зерин муқаррар карда шуданд: ҳарорат 90°C , давомнокии раванд 1 соат, таносуби концентрати маъдан: реагентҳои натрийдошта – 1:2 [2,20,24,26,28,29,31,35,42,43,48,53,54-М].

11. Равандҳои кинетикии тарҳи технологӣ оид ба истихроҷи маъдани боросиликаӣ ва концентратҳои он бо таъсири CaCl_2 таҳқиқ гардид, қиматҳои адабии энергияи фаъолгардонӣ ёфта, муайян карда шуд, ки ин раванд дар ҳудуди назоратшавандаи диффузионӣ мегузарад [2,32,33,34-М].

12. Тарҳи принсипиалии технологӣ оид ба истихроҷи маъданҳои боросиликаӣ ва концентратҳои онҳо бо методи гудозиш дар иштироқи реагентҳои дар алоҳидагӣ калсий ва натрийдошта, ки зинаҳои зеринро дар бар мегирад, коркард ба ромада шуд: гудозиш дар ҳарорати $800-850^{\circ}\text{C}$, ишқорноккунии обӣ-кислотагӣ баъди раванди гудозиш, филтрони лойоа, ҷудокунӣ ва кристаллизатсияи компонентҳои ғоиданок [2,42,43-М].

Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо:

- технологияҳои таҳияшудаи коркарди маъданҳои боросиликати Тоҷикистонро барои ба даст овардани пайвастагиҳои бор, калсий, алюминий ва оҳан истифода бурдан мумкин аст.

- инчунин технологияи таҳияшуда барои коркарди маъдан бо кислотаи нитрат бо мақсади ба даст овардани кислотаи борат ва нитратҳои калий, натрий ва калсий, ки ҳамчун нурии комплексӣ дар хочгии кишлоқ истифода мешавад, тавсия дода мешавад.

- усули бадаст овардани шишаи бордор аз маъдани боросиликатӣ, ки дар соҳаи бехатарии ядроӣ, ҳмчун маводи химоякунанда аз нейтронҳо истифода мешавад, таҳия ва тавсия дода мешавад.

- таҷзияи ашёи боросиликатӣ бо истифода аз кислотаи сирко тавсия тода шудааст. Нишон дода шудааст, ки атсетатҳои алюминий ва оҳани бадаст омада, ҳамчун ашёи хом дар саноати бофандагӣ ва дар тиб ба сифати маводҳои гомеопатикӣ истифода мешаванд.

- таҷзияи ашёи боросиликатӣ бо усули гудозиш бо истифода аз реагентҳои калси ва натрийдор тавсия дода шудааст. Ба даст овардани кислотаи борат ва хлоридҳои алюминий ва оҳан, ки ҳамчун каугулиянтҳои омехта дар тозакунии оби нушокӣ истифода мешаванд, нишон дода шудааст.

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ АЗ РӢӢИ МАВЗӢИ ДИССЕРТАТСИЯ

Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ тавсиянамудаи ҚОА-и назди

Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашршуда:

Монографиҳо:

[1-М]. Мирсаидов, У.М. Кислотное разложение боросиликатных руд / У.М. Мирсаидов, **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов. – Душанбе: Дониш, 2015. – 96 с.

[2-М]. Мирсаидов, У.М. Спекательные методы переработки боросиликатных руд Таджикистана / У.М. Мирсаидов, **А.С. Курбонов**, Ф.А. Назаров, М.М. Тагоев. – Душанбе: Дониш, 2020. – 122 с.

*Маҷаллаҳои илмӣ тақризшавандаи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии
Тоҷикистон:*

[3-М]. **Курбонов, А.С.** Разложение данбуритового концентрата азотной кислотой / **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов, Сулаймони Боруджерди А., У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2010. –Т.53. -№11. – С.865-869.

[4-М]. **Курбонов, А.С.** Разложение данбурита азотной кислотой / **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов, Сулаймони Боруджерди А., У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2011. –Т.54. -№1. –С.42-45.

[5-М]. Маматов, Э.Д. Изучение физико-химических основ щелочной обработки данбуритов / Э.Д. Маматов, Д.Н. Худоёров, **А.С. Курбонов**, Н.А. Ашуров / Вестник Таджикского национального университета. – 2012. -№1/2(88). –С.122-126.

[6-М]. Мирсаидов, У.М. Выщелачивание данбуритового концентрата минеральными кислотами / У.М. Мирсаидов, Э.Д. Маматов, Н.А. Ашуров, **А.С. Курбонов** // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – Курск. – 2012. - №9. –С.62-66.

[7-М]. **Курбонов, А.С.** Выщелачивание концентрата данбурита азотной кислотой / **А.С. Курбонов**, Н.А. Ашуров, П.М. Ятимов, Машаллах Сулаймони, Р.Г. Шукуров, У.М. Мирсаидов // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. Иркутский государственный технический университет. – 2012. –С.173-176.

- [8-М]. Маматов Э.Д. Выщелачивания данбурита минеральными кислотами / Э.Д. Маматов, **А.С. Курбонов**, Н.А. Ашуров, П.М. Ятимов, М. Сулаймони, У.М. Мирсаидов / Вестник ВГУИТ, Актуальная биотехнология.- Воронеж. - 2012. -№4(3). -С.27-34.
- [9-М]. Маматов, Э.Д.. Кинетика щелочной обработки обожжённого данбуритового концентрата / Э.Д. Маматов, Д.Н. Худоёров, **А.С. Курбонов**, М.С. Пулатов, У.М. Мирсаидов / Доклады АН Республики Таджикистан. – 2013. –Т.56. -№11. –С.889-893.
- [10-М]. **Курбонов, А.С.** Кинетика уксуснокислотного разложения обожжённого данбуритового концентрата / А.С. Курбонов, А.М. Баротов, З.Т. Якубов, Ф.А. Назаров, У.М. Мирсаидов / Известия АН Республики Таджикистан. – 2014. №4(157). –С.73-75.
- [11-М]. **Курбонов, А.С.** Уксуснокислотное разложение обожжённого данбуритового концентрата / А.С.Курбонов , А.М.Баротов,З.Т. Якубов,Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов/ Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. – Т.57. -№11-12. –С.856-859.
- [12-М]. **Курбонов, А.С.** Сравнительная оценка процесса разложения обожженного боросиликатного концентрата уксусной кислотой и щёлочью / А.С. Курбонов, Д.Н. Худоёров, З.Т. Якубов, А.М. Баротов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). -С.29-32.
- [13-М]. **Курбонов, А.С.** Влияние продолжительности процесса и концентрации минеральных кислот на степень извлечения боросиликатных руд / А.С. Курбонов, У.Х. Усманова, З.В. Кобулиев, Б.Б. Баротов // Известия АН РТ. – 2015. -№2(159). – С.33-38.
- [14-М]. **Курбонов, А.С.** Влияние температурного режима на степень извлечения боросиликатных руд Таджикистана / А.С. Курбонов, У.Х. Усманова, З.В. Кобулиев, Б.Б. Баротов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). – С.39-42.
- [15-М]. **Курбонов, А.С.** Оценка процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата минеральными кислотами и уксусной кислотой / А.С. Курбонов, **З.Т. Якубов**, **Ф.А. Назаров**, Т.П. Рачаби, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2015. -№2(159). -С.43-46.
- [16-М]. Худоёров, Д.Н. Переработка боросиликатной руды с гидроксидом натрия / Д.Н. Худоёров, А.М. Баротов, **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. - №2(159). – С.12-16.
- [17-М]. Мирсаидов, У.М. Извлечение борного ангидрида из боросиликатных руд / У.М. Мирсаидов, **А.С. Курбонов**, Ж.А. Мисратов, З.Т. Якубов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). -С.21-24.
- [18-М]. Мирсаидов, У.М. Извлечение полезных компонентов из боросиликатного сырья с различным содержанием бора кислотными методами / У.М. Мирсаидов, **А.С. Курбонов**, З.Т. Якубов, А. Курбонбеков, Э.Д. Маматов, Ш.Б. Назаров // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). - С.25-28.

- [19-М]. Худоёров, Д.Н. Кинетика разложения обожжённой исходной борсодержащей руды с гидроксидом натрия / Д.Н. Худоёров, А.М. Баротов, **А.С. Курбонов**, Э.Д. Маматов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. - №2(159). –С.55-58.
- [20-М]. **Курбонов, А.С.** Разложение концентрата боросиликатной руды методом спекания с хлоридом кальция / А.С. Курбонов, А.М. Баротов, Ф.А. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2016. – Т.59. -№1-2. – С.53-57.
- [21-М]. **Курбонов, А.С.** Сравнительная оценка хлорного и уксуснокислотного разложения данбуритового концентрата / А.С. Курбонов, П.М. Ятимов, З.Т. Якубов, Э.Д. Маматов, А.М. Баротов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2016. -№2(163). -С.76-80.
- [22-М]. Назаров, Ф.А. Сравнительная оценка разложения боросиликатных руд кислотами и щёлочью / Ф.А. Назаров, **А.С. Курбонов**, Ш.Б. Назаров, Ж.А. Мисратов, Г.У. Бахридинова // Известия АН Республики Таджикистан. – 2016. - №4(165). -С.71-75.
- [23-М]. **Курбонов, А.С.** Изучение особенностей разложения бор- и алюмосиликатных руд минеральными кислотами / А.С. Курбонов, Д.Х. Мирзоев, Ш.Б. Назаров, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2017. №1(166). –С.84-87.
- [24-М]. Назаров, Ш.Б., Изучение особенностей разложения бор- и алюмосиликатных руд спеканием с CaCl_2 / Ш.Б. Назаров, А.М. Баротов, **А.С. Курбонов**, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2017. -№2(167). –С.95-100.
- [25-М]. **Курбонов, А.С.** Кинетика процесса спекания обожжённого боросиликатного концентрата с NaOH / А.С. Курбонов, Ф.А. Назаров, З.Т. Якубов, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2017. –Т.60. -№9. –С.443-446.
- [26-М]. Тагоев М.М., Оценка процесса спекания боросиликатных руд с натрийсодержащими реагентами / М.М. Тагоев, А.М. Баротов, Ш.Б. Назаров, **А.С. Курбонов**, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. - 2017. -№4(169). –С.91-96.
- [27-М]. Назаров, Ф.А. Спекательный способ переработки концентрата борсодержащей руды Таджикистана в присутствии едкого натрия / Ф.А. Назаров, **А.С. Курбонов**, Дж.Д. Джураев, Д.О. Давлатов, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2017. –Т.60. -№5-6. – С.242-246.
- [28-М]. Назаров, Ф.А. Переработка боросиликатной руды методом спекания / Ф.А. Назаров, **А.С. Курбонов**, А.М. Баротов, Ш.Б. Назаров, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2017. –Т.60. -№7-8. –С.329-332.
- [29-М]. **Курбонов, А.С.** Солянокислотное разложение спека, полученного после совместного спекания исходной боросиликатной руды и её концентрата с хлористым натрием / А.С. Курбонов, А.М. Баротов, Ж.А. Мисратов, Ф.А.

Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2018. – Т.61. -№2. –С.167-171.

[30-М]. Давлатов, Д.О. Азотнокислотное разложение спёка, полученного совместной переработкой нефелиновых сиенитов Турпи и боросиликатных руд Ак-Архара с сульфатом натрия / Д.О. Давлатов, Р. Шамсулло, Б.Ш. Назаров, **А.С. Курбонов**, Ш.Б. Назаров Доклады АН Республики Таджикистан. -2018. – Т.61. -№5. –С.470-475.

[31-М]. Баротов, А.М. Оценка процесса спекания боросиликатной руды с различными реагентами / А.М. Баротов, Ф.А. Назаров, А.С. Курбонов, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.– 2018. - №1(170). –С.73-77.

[32-М]. **Kurbonov, A.S.** Study of kinetics of the process of hydrochloric acid decomposition of the sinter of borosilicate ore concentrate with calcium chloride / A.S.Kurbonov, A.M. Barotov, J.D. Juraev, U.M. Mirsaidov // Applied Solid State chemistry. – 2018. -№3(4). -P.9-11.

[33-М]. Mirsaidov, U.M. Kinetics of acid decomposition of borosilicate ores of Tajikistan / U.M Mirsaidov, **A.S.Kurbonov**, A.M. Barotov // Applied Solid State chemistry. -2018. -№3(4). -P.17-18.

[34-М]. **Курбонов, А.С.** Изучение кинетики процесса солянокислотного разложения спёка исходной боросиликатной руды с хлоридом кальция/ А.С. Курбонов, А.М. Баротов, Дж.Д. Джураев, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. -2018. –Т.61. -№7-8. –С.665-668.

[35-М]. Давлатов, Д.О. Исследование водной обработки спёка при совместной переработке боро- и алюмосиликатной руды с сульфатом натрия / Д.О. Давлатов, Ш.Б. Назаров, А.С. Курбонов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.– 2019. -№4(177). –С.78-83.

[36-М]. Джураев, Дж.Х. Физико-химические основы переработки обожжённого концентрата боросиликатной руды Ак-Архарского месторождения Таджикистан ортофосфорной кислотой / Дж.Х. Джураев, А.С. Курбонов, М.М. Тагоев, А.М. Неъматов, М. Маджидов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.– 2019. -№4(177). –С.84-88.

[37-М]. Разложение обожжённого концентрата боросиликатной руды Ак-Архарского месторождения Таджикистан смесью ортофосфорной и азотной кислот/ Дж.Х. Джураев, **А.С. Курбонов**, У.Х. Усмонова, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2020. -№2(179). –С.76-80

Мақолаҳои дар маводи конфронсиҳои илмӣ, симпозиумҳо ва семинарҳо нашршуда:

[38-М]. Маматов, Э.Д. Разработка принципиальной технологической схемы переработки данбурита кислотными способами / Э.Д, Маматов, Н.А. Ашуров, **А.С. Курбонов**, Д.Е. Малышев // IV Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования». –Душанбе, ТТУ, 2010. –С 211-213.

[39-М]. **Курбонов, А.С.** Разложение данбурита выщелачиванием азотной кислотой / А.С. Курбонов, Э.Д. Маматов // Республиканская научно-

практическая конференция, посвящ. 100-летию ак. АН РТ С.М. Юсуповой «Горные, геологические, экологические аспекты и развития горнорудной промышленности в XXI веке». –Душанбе, 2010. –С.126-128.

[40-М]. Ашуров, Н.А. Рентгенофазовый анализ исходного и прокалённого данбурита месторождения Ак-Архар / Н.А. Ашуров, Э.Д. Маматов, П.М. Ятимов, **А.С. Курбонов**, Ф. Кувватов // Республиканская научно-практическая конференция «Роль образования и науки в учении и воспитании молодого поколения». –Курган-Тюбе, 2010. –С. 271-273.

[41-М]. **Курбонов, А.С.** Азотнокислотное разложение обожжённого данбуритового концентрата Ак-Архар Таджикистана / А.С. Курбонов, Э.Д. Маматов // Научно-практическая конференция «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ». –Ч.2. –Душанбе, 2011. –С.123-127.

[42-М]. Худоёров, Д.Н. Коркарди данбурити ибтидои бо хлориди калсий дар харорати 800-1000°C / Д.Н. Худоёров, Э.Д. Маматов, **А.С. Курбонов** // Донишгохи миллии Тоҷикистон. Илм ва фановари. – Душанбе: Сино, 2014. - №1. –С.889-893.

[43-М]. Худоёров, Д.Н. Разложение концентрата данбурита в присутствии хлорида кальция / Д.Н. Худоёров, Э.Д. Маматов, **А.С. Курбонов** // Республиканская конференция «Проблемы аналитического контроля объектов окружающей среды и технических материалов»: Сборник докладов. –Душанбе, 2013. –С.889-893.

[44-М]. Якубов, З.Т. Азотно- и уксуснокислотное разложение боросиликатных руд Таджикистана / З.Т. Якубов, **А.С. Курбонов**, У.М. Мирсаидов // Материалы республиканской научно-практической конференции: XII Нумановские чтения «Состояние и перспективы развития органической химии в Республике Таджикистан». – Душанбе, 2015. -С.49-51.

[45-М]. **Курбонов, А.С.** Разложение борного концентрата месторождения Ак-Архара Таджикистана минеральными кислотами / А.С. Курбонов, Ф.А. Назаров, З.Т. Якубов, Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов // Там же. - С.51-53.

[46-М]. **Курбонов, А.С.** Разложение боросиликатных руд минеральными кислотами / А.С. Курбонов, Ф.А. Назаров, У.Х. Усманова, Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов // Там же. –С.53-55.

[47-М]. Назаров, Ф.А. Разложение борного концентрата методом спекания с NaOH / Ф.А. Назаров, **А.С. Курбонов**, Г.У. Бахриддинова, Д.О. Давлатов, У.М. Мирсаидов // Республиканская научно-практическая конференция «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посвящ. «Дню химика» и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., ак. Международной инженерной академии А.В.Вахобова. –Душанбе, 2016. –С.120-122.

[48-М]. Баротов, А.М. Спекание борного концентрата с хлоридом кальция / А.М. Баротов, **А.С. Курбонов**, Д.О. Давлатов, У.М. Мирсаидов // Там же. – С.126-128.

[49-М]. **Курбонов, А.С.** Уксуноокислотное разложения боросиликатного концентрата / А.С. Курбонов, З.Т. Якубов, Д.Дж. Джураев, У.М. Мирсаидов // Там же. –С.128-130.

[50-М]. **Курбонов, А.С.** Хлорное и кислотное разложение боросиликатных руд Таджикистана / А.С. Курбонов, З.Т. Якубов, Ф.А. Назаров, П.М. Ятимов, У.М. Мирсаидов // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». –Душанбе, 2016. - С.23-25.

[51-М]. Mirsaidov U.M. Thermal stability of boron- and alumosilicate ores of Tajikistan / U.M. Mirsaidov, Zh.A. Misratov, A.S. Kurbonov// «XVI International Conference Thermal Analysis and Calorimetry in Russia» –Moscow, Russia, July 6th, 2020. -P.140.

Ихтироот:

[52-М]. Малый патент Республики Таджикистан ТЈ № 848. Способ переработки боросиликатного сырья / **А.С. Курбонов**, А.М. Баротов, Ф.А. Назаров, Д.О. Давлатов, У.М. Мирсаидов. – Выдан 03.10.2017.

[53-М]. Малый патент Республики Таджикистан ТЈ № 980. Способ получения борсодержащего стекла / **А.С. Курбонов**, А.М. Баротов, Дж.Х. Джураев, Ш.Б. Назаров, У.М. Мирсаидов. – Выдан 06.03.2019.

[54-М]. Малый патент Республики Таджикистан ТЈ № 1086. Способ получения хлоридов металлов и бора из боро- и алюмосиликатных руд / А.С. Курбонов, Д.Х. Мирзоев, С.Д. Махмаднабиев, Ш.Д. Отаев, Ш.Б. Назаров. – Выдан 28.04.2020.

АННОТАТСИЯ

ба диссертатсияи Қурбонов Амиршо Соҳибназарович «Асосҳои технологияи коркарди маъданҳои боросиликатӣ бо методҳои кислотагӣ ва гудохтан» барои дарёфти дараҷаи илми доктори илмҳои химия аз рӯйи ихтисоси 05.17.01-Технологияи модҳои ғайриорганикӣ

Калимаҳои калидӣ: маъдани ибтидоии боросиликатӣ, ғанигардонидашуда, данбурит, таҷзия бо кислотаи сирко, таҷзия бо кислотаи нитрат, ишқоронӣ, энергияи фаъолашавӣ, раванди гудозиш, гидроксиди натрий, таҷзия бо кислотаи хлорид, дараҷаи ҷудошавӣ, нақшаи технологӣ, реагентҳои натрий ва калсийдошта, таҳлили дифференсиал-термикӣ ва рентгено-фазаӣ

Объекти таҳқиқот. Объекти таҳқиқот ин бо роҳи кислотагӣ ва гудозиш таҷзия намудани маъдани боросиликати кони Ак- Архари Тоҷикистон бо мақсади ба даст овардани маҳсулотҳои бордор ва дигар ҷузъҳои фойданок мебошад. Таҳқиқоти физикавӣю химиявӣ ашъи хом ва маҳсули коркарди он бо истифода аз усулҳои таҷҳизотҳои муосир: таҳлили рентгенофазаӣ (ТРФ), таҳлили ҳароратии дифференсиалӣ (ТХД) ва дигар усулҳои санҷида шуданд. Инчунин усулҳои химиявӣ таҳлил, ба монанди комплексометрия, аргентометрия, перманганатометрия низ истифода шуданд. Таҳлили термодинамикии реаксияҳо, ки ҳангоми таҷзияи маъдани боросиликатӣ бо усули кислотагӣ ва ҳангоми гудозиш мегузаранд, тартиб дода шуд.

Мақсади таҳқиқот аз омӯзиши равандҳо, ки ҳангоми таҷзияи маъдани боросиликатӣ бо таъсири реагентҳои кислотаҳои нитрат ва атсетат ба амал меоянд ва коркарди усули гудозиши таҷзияи маъдани боросиликатӣ дар иштироки реагентҳои ишқор ва намакҳои хлоридҳои калсий ва натрий, дарёфти параметрҳои оптималии равандҳои таҷзия, таҳқиқи равандҳои кинетикӣ ва коркарди асосҳои технологӣ барои истихроҷи самараноки қонҳои бордор иборат мебошад.

Натиҷаҳои ҳосилшуда ва навгониҳои онҳо. Равандҳои коркарди маъдани боросиликатӣ дар иштироки маводҳои- кислотаҳои нитрат ва атсетат ва гудозиши онҳо бо NaOH ва хлоридҳои калсий ва натрий, ҳамчунин механизмҳои дар мавриди таҷзияи маъданҳои бордошта гузаранда, ки натиҷаҳои он бо усулҳои таҳлилҳои химиявӣ ва физикӣ-химиявӣ асоснок гардидаанд, омӯхта шудаанд. Тарҳи присипиалии технологияи истихроҷи маъданҳои бордошта бо истифодаи маводҳои гуногун кор карда баромада шуд.

Тавсияҳои барои истифодаи амалии натиҷаҳо:

- технологияҳои таҳияшудаи коркарди маъданҳои боросиликати Тоҷикистонро барои ба даст овардани пайвастагиҳои бор, калсий, алюминий ва оҳан истифода бурдан мумкин аст.

- инчунин технологияи таҳияшуда барои коркарди маъдан бо кислотаи нитрат бо мақсади ба даст овардани кислотаи борат ва нитратҳои калий, натрий ва калсий, ки ҳамчун нурии комплекси дар хочгии қишлоқ истифода мешавад, тавсия дода мешавад.

- усули бадаст овардани шишаи бордор аз маъдани боросиликатӣ, ки дар соҳаи бехатарии ядрӣ, ҳамчун маводи ҳимоякунанда аз нейтронҳо истифода мешавад, таҳия ва тавсия дода мешавад.

- таҷзияи ашъи боросиликатӣ бо истифода аз кислотаи сирко тавсия тода шудааст. Нишон дода шудааст, ки атсетатҳои алюминий ва оҳани бадаст омада, ҳамчун ашъи хом дар саноати бофандагӣ ва дар тиб ба сифати маводҳои гомеопатикӣ истифода мешаванд.

- таҷзияи ашъи боросиликатӣ бо усули гудозиш бо истифода аз реагентҳои калси ва натрийдор тавсия дода шудааст. Ба даст овардани кислотаи борат ва хлоридҳои алюминий ва оҳан, ки ҳамчун кагулиянтҳои омехта дар тозакунии оби нушоқӣ истифода мешаванд, нишон дода шудааст.

Соҳаи истифодабарӣ: саноати химиявӣ.

АННОТАЦИЯ

к диссертации Курбонова Амиршо Сохибпазаровича «Технологические основы переработки боросиликатных руд кислотными и спекательными методами», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 05.17.01- Технология неорганических веществ

Ключевые слова: исходная боросиликатная руда, концентрат, данбурит, месторождения, уксуснокислотное разложение, азотнокислотное разложение, выщелачивание, энергия активации, процесса спекания, гидроксид натрия, соляно-кислотного разложения, степень извлечения, технологическая схема, натрий- и кальцийсодержащий реагенты, дифференциально-термический и рентгенофазовый анализ.

Объекты и методы исследования, использованная аппаратура: Объектом исследования является получение борных продуктов и других полезных компонентов из боросиликатных руд месторождения Ак-Архар Таджикистана кислотными методами и спеканием. Исследованы влияния различных технологических параметров на степень извлечения полезных компонентов. Используются современные физико-химические методы исследования сырья и продуктов его переработки - рентгенофазовый анализ (РФА), дифференциально-термический анализ (ДТА), пламенная фотометрия (ПМФ) и др. Применялись также химические методы анализы, как комплексонометрия, аргентометрия, перманганатометрия. Проведён термодинамический анализ протекающих реакций при кислотном разложении боросиликатных руд и их спекании.

Целью настоящей работы является изучение процессов, протекающих при разложении боратных руд с реагентами - азотной и уксусной кислотами, разработка основ разложения боросиликатного сырья спекательным способом с участием реагентов – щёлочи и хлоридов кальция и натрия. Поиск наиболее рациональных параметров для разложения, изучение кинетики протекающих процессов разложения, разработка технологических основ комплексной переработки боратных руд.

Полученные результаты и их новизна. Исследована переработка боросиликатного сырья с участием реагентов - азотной и уксусной кислот, и спекание с NaOH, а также с хлоридами кальция и натрия, раскрыты механизмы, происходящие при разложении указанных руд, полученные результаты подтверждены химическими и физико-химическими методами анализа. Разработана технологическая схема по переработке боросодержащих руд с использованием различных реагентов.

Рекомендации по практическому использованию результатов:

- разработанную технологию переработки боросиликатных руд Таджикистана рекомендовано использовать для получения соединений бора, кальция, алюминия и железа;

- также разработанную технологию рекомендовано использовать при азотнокислотной переработке руд с целью получения борной кислоты и нитратов калия, натрия и кальция которые используются в качестве комплексных удобрений в сельском хозяйстве;

- разработан и рекомендован способ получения борного стекла из боросиликатного сырья Таджикистана, который используется в области ядерной безопасности, как материал для защиты от нейтронов;

- рекомендовано разложение боросиликатного сырья с применением уксусной кислоты. Показано получение ацетатов алюминия и ацетатов железа, используемых, как сырьё в текстильной промышленности и в медицине в качестве гомеопатических препаратов;

- рекомендовано разложение боросиликатного сырья спеканием с применением различных кальций- и натрийсодержащих реагентов;

- показано получение борной кислоты, а также хлоридов алюминия и железа, которые используются в качестве смешанных коагулянтов для очистки питьевой воды.

Область применения: химическая промышленность.

ANNOTATION

to the dissertation of Kurbonov Amirsho Sohbnazarovich “Technological basis of the processing of borosilicate ores by acidic and sintering methods” submitted to the degree of the Doctor of Chemical Sciences in the speciality 05.17.01- Technology of inorganic substances

Key words: initial borosilicate ore, concentrate, danburite, deposits, acetic acid decomposition, nitric acid decomposition, leaching, activation energy, sintering process, sodium hydroxide, hydrochloric acid decomposition, degree of recovery, technological scheme, sodium and calcium-containing reagents, differential thermal and X-ray phase analysis.

Objects and methods of research, equipments are used: The object of research is the production of boric products and other useful components from borosilicate ores of the Ak-Arkhar deposit in Tajikistan by acid methods and sintering. Was studied the influence of various technological parameters on the degree of extraction of useful components. Have been used the modern physicochemical methods for studying raw materials and products of its processing- X-ray phase analysis (XRF), differential thermal analysis (DTA), flame photometry (PMF), and others. The chemical methods of analysis were also used, such as complexometry, argentometry, permanganometry. Have been conducted the thermodynamical analysis of the reactions taking place during acid decomposition of borosilicate ores and their sintering.

The purpose of this work is to study the processes occurring during the decomposition of borate ores with reagents - nitric and acetic acids, to develop the foundations for the decomposition of borosilicate raw materials by a sintering method with the participation of reagents – alkali, calcium and sodium chlorides. Search for the most rational parameters for decomposition, study of the kinetics of ongoing decomposition processes, development of technological foundations for complex processing of borate ores.

The results obtained and their novelty. The processing of borosilicate raw materials with the participation of reagents - nitric and acetic acids, and sintering with NaOH, as well as with calcium and sodium chlorides, have been investigated, the mechanisms that occur during the decomposition of these ores have been disclosed, the results obtained have been confirmed by chemical and physicochemical methods of analysis. A technological scheme for processing boron-containing ores using various reagents has been developed.

Recommendations for the practical use of the results:

- the developed technology for processing borosilicate ores in Tajikistan is recommended to be used to obtain compounds of boron, calcium, aluminum and iron;

- also the developed technology is recommended to be used in nitric acid ore processing in order to obtain boric acid, potassium, sodium and calcium nitrates, which are used as complex fertilizers in agriculture;

- developed and recommended a method for obtaining boron glass from borosilicate raw materials of Tajikistan, which is used in the field of nuclear safety, as a material for protection against neutrons;

- recommended the decomposition of borosilicate raw materials using acetic acid. It is shown the production of aluminum acetates and iron acetates, used as raw materials in the textile industry and in medicine as homeopathic preparations;

- developed and recommended a method for obtaining boron glass from borosilicate raw materials of Tajikistan, which is used in the field of nuclear safety, as a material for protection against neutrons;

- Recommended decomposition of borosilicate raw materials using acetic acid. It is shown the production of aluminum acetates and iron acetates, used as raw materials in the textile industry and in medicine as homeopathic preparations;

- Recommended decomposition of borosilicate raw materials by sintering with the using of various calcium and sodium-containing reagents;

- Shown the obtaining of boric acid, as well as aluminium and irons chlorides, which can be used as coagulants for purification of drinking water.

Usag field . Chemical industry

Иҷозат барои нашр 15.02.2019. Барои нашр ба имзо
расидааст 20.02.2019. Қоғази офсетӣ. Нашри офсетӣ.
Формат 60x84 1/16. Гарнитураи адабӣ. Ҷузъи чопӣ 3.1.
Теъдод 100 дона. Фармоишии №

Русский

Иҷозат барои нашр 15.02.2019. Барои нашр ба имзо
расидааст 20.02.2019. Қоғази офсетӣ. Нашри офсетӣ.
Формат 60x84 1/16. Гарнитураи адабӣ. Ҷузъи чопӣ 3.1.
Теъдод 100 дона. Фармоишии №

