

**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 «Водные ресурсы и гидрофизические процессы» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана
Кобули Зайналобуди Вали

доктор технических наук, профессор кафедры экологии Горно-металлургического института 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».

Защита состоится 07 июня 2021 года в 9⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-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 АН Республики Таджикистан www.chemistry.tj

Автореферат разослан «__» _____ 2021г.

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

Махкамов Х.К.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость проведения исследования. Бор и борные соединения часто используются в различных отраслях – в области промышленности, сельского хозяйства, медицинской отрасли. Учитывая, что в Республике Таджикистан на Памире широко представлены крупные месторождения борных руд, непосредственно боросиликатных руд, в которых оксида бора содержится более 10% B_2O_3 , по содержанию бора данные месторождения являются уникальными, поэтому разработка и внедрение эффективных технологий для получения различных борных соединений представляется актуальной.

По поручению Правительства республики в 1987 году в Институте химии АН Таджикской ССР была организована специальная лаборатория, специализирующаяся на переработке минеральных ресурсов, включая боросиликатные руды 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 непосредственно уделялось разработке и использованию безотходных технологических циклов, которые играют важную роль и являются необходимыми для деятельности предприятий многих отраслей промышленного производства, в частности, химической, горно-химической, металлургической и др.

Деятельность созданной лаборатории в Институте химии им. В.И. Никитина была в основном направлена на разработку химических, физико-химических и технологических принципов для получения ключевых и важнейших материалов, необходимых в различных отраслях промышленности и производства – это получение непосредственно борной кислоты, а также пербората натрия. Тем не менее, производство в Таджикистане борных соединений испытывает некоторые трудности и проблемы. Прежде всего, месторождения боратного сырья на Памире (в частности, Ак-Архарское) расположены в труднодоступных местностях, на высотах более 4000 метров над уровнем моря. Следующая причина - переработка боросиликатного сырья требует создания определённой инфраструктуры. Однако, применяя различные методы комплексной переработки боросиликатного сырья, а также с

учётом необходимости получения различных борных соединений, переработка боратных руд месторождений Таджикистана представляется перспективной и актуальной.

В последние годы производства по получению борных соединений обвиваются на открытых месторождениях. Поэтому увеличение потребности промышленных отраслей к борным материалам, которые нашли применение в стекольной, текстильной, кожевенной, лакокрасочной, пищевой промышленности, в ядерной энергетике, сельскохозяйственной отрасли, медицинской и других производственных областях народного хозяйства, вызывают необходимость разработки боратных руд Ак-Архарского месторождения Республики Таджикистан. Причём, разработку сырьевой базы данного месторождения необходимо проводить комплексными методами, в этом случае значительно повышается ассортимент получаемых борных соединений.

Степень изученности научной проблемы. В лаборатории по переработке минерального сырья и промышленных отходов Института химии Национальной академии наук Таджикистана изучаются вопросы, направленные на комплексную переработку борсодержащего сырья различными методами - кислотными и хлорными, данные методы имеют много преимуществ, однако имеют и некоторые недостатки.

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.

Применение хлорного метода при переработке указанных руд также ограничивается некоторыми недостатками: происходит загрязнение окружающей природной среды хлористыми соединениями, в технологических циклах необходимо использовать специальную аппаратуру, операции с газообразным хлором требуют дополнительного оборудования.

Поэтому нами предложен частично кислотный метод (HNO_3 и CH_3COOH) получения борных соединений и метод спекания.

Проведённые исследования по разработке физико-химических и технологических основ, направленных на улучшение переработки боросиликатных руд способствуют поиску путей по решению проблем и трудностей, которые непосредственно возникают при обработке исходных боросиликатных руд кислотными методами и хлором.

Способ спекания даёт возможность определить рациональные условия по разложению сырья, максимальному извлечению ценных компонентов одновременно с минимальным переходом кремнезёма в продукты. Для спекательного способа необходимо подробно изучить все стадии проведения процесса, также исследовать кинетические параметры.

При организации производств соединений на основе бора в список получаемых соединений необходимо включить борную кислоту, поскольку на

основании борной кислоты возможно получение целого спектра других важных борных соединений, в частности, получение трихлорида бора - BCl_3 – являющегося исходным продуктом в производстве многих промышленных материалов.

Кроме того, в народнохозяйственном секторе особо отмечается получение борных удобрений, которые нашли широкое применение в комплексе с другими химическими удобрениями. При получении из боратных руд бора также необходимо учитывать получение таких ценных дополнительных соединений, как борогидриды металлов, перборат натрия, карбид бора, борные эмали, борное стекло 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 различных реагентов – хлоридов натрия и кальция, щёлочи. Нахождение более рациональных параметров переработки боратных руд, исследование кинетических характеристик разложения, разработка технологии по комплексной переработке борсодержащих руд.

Объект исследования. Объектом исследования является получение борных соединений 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 соединений, 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 CaCl_2 , а также при обработке полученных спёков с NaCl , CaCl_2 кислотными методами;
- разработка физико-химических основ по переработке борсодержащего сырья с азотной кислотой, уксусной кислотой и методом спекания;
- разработка принципиальных технологических схем для переработки борсодержащего сырья методом спекания с гидроксидом натрия;

- разработка технологических схем для переработки боросодержащего сырья методом спекания с реагентами - хлоридами натрия и хлоридами кальция и последующей обработкой полученных спёков HCl.

Методы исследования. Современные физико-химические методы исследования сырья и соединений его переработки - рентгенофазовый анализ (РФА), дифференциально-термический анализ (ДТА), пламенная фотометрия (ПМФ) и др. методы. Применялись также химические методы анализы, как комплексонометрия, 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 соединений 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 НАН 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 кислотой и уксусной кислотой, а также спекание указанного сырья с NaCl и CaCl_2 , определены реакции, которые происходят с минералами сырья при разложении, полученные данные подтверждаются физико-химическими и 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, полученные при исследовании данной тематики, рекомендуется использовать в процессе получения различных полезных материалов из боратного сырья, в частности, борного стекла (Акт испытаний от 15.09.2018 года), использовать при разработке технологических основ для комплексной переработки боратного сырья, а также в сельскохозяйственной отрасли в качестве комплексного боратного удобрения (Акт испытаний от 25.11.2018 года).

Положения, выносимые на защиту:

- результаты минералогических, физико-химических, химических исследований боратных руд и соединений 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 обожженной) 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 боросодержащих руд методами кислотного разложения и спекательными методами с участием реагентов - NaCl и CaCl_2 .

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов.

Основные результаты диссертационной работы были представлены и обсуждены 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, 2020).

Личный вклад соискателя заключается в постановке задач и целей работы, разработке методов анализа, изучении технологических особенностей извлечения полезных материалов из борсодержащего сырья кислотными способами, а также методом спекания, определение оптимальных параметров для максимальных извлечений из боратного сырья оксидов его состава: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , B_2O_3 . Разработке технологических схем для переработки боросиликатного сырья спекательным способом.

Опубликование результатов диссертации. По теме диссертации опубликованы 54 работы, в том числе 35 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, а также 14 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 247 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 CaCl_2 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 CaCl_2 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_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_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.

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.

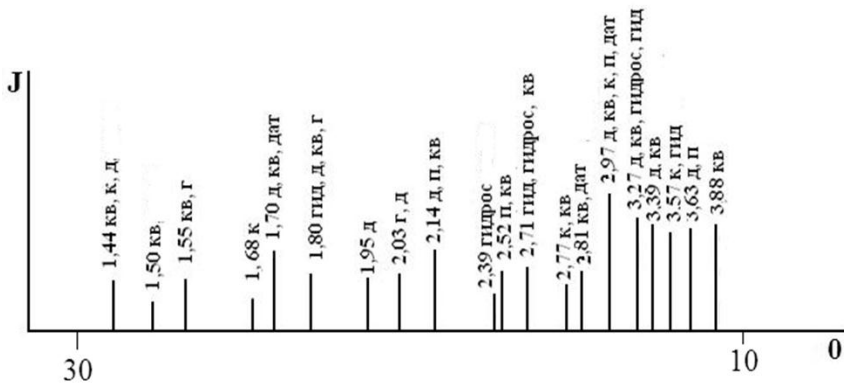


Рисунок 1 - Штрих-диаграмма исходной борсодержащей руды:
гид – гидроборатит, дат - датолит, д – данбурит, кв – кварц, к – кальцит,
г – гранат, п – пироксены, г – гидрослюда.

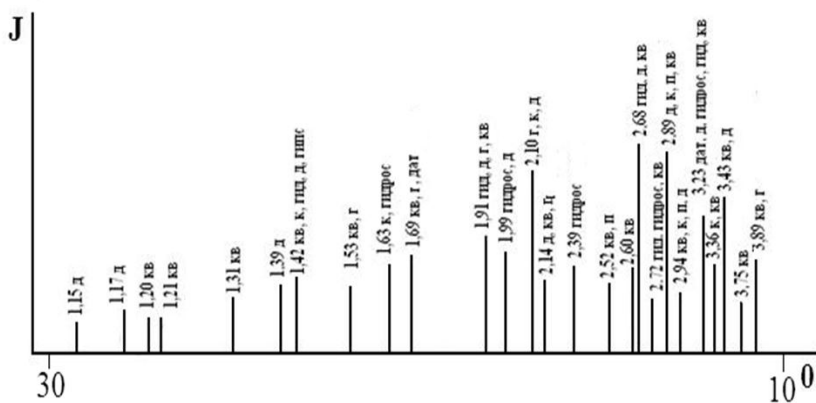


Рисунок 2 - Штрих-диаграмма борсодержащего концентрата:
гид – гидроборатит, дат - датолит, д – данбурит, кв – кварц, к – кальцит,
г – гранат, п – пироксены, гидрос – гидрослюда.

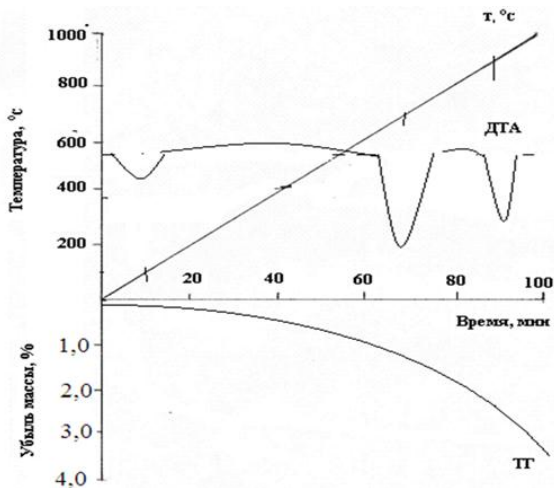


Рисунок 3 - Дериватограмма исходной борсодержащей руды (данбурита).

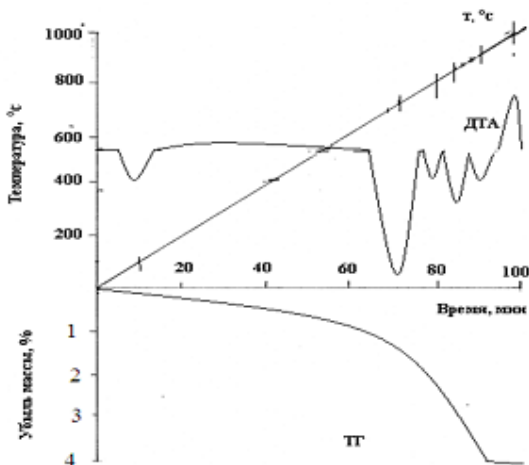


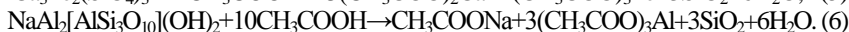
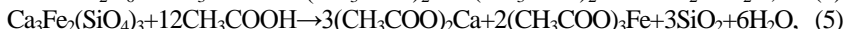
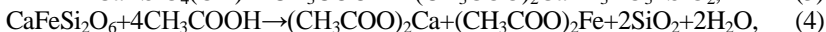
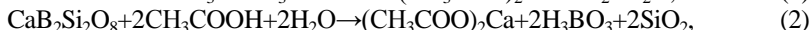
Рисунок 4 - Дериватограмма концентрата борсодержащей руды.

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:



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).

Таблица 3 - Термодинамические величины веществ

№	Вещество	$\Delta H_{\text{обр}}^0$, 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	$\text{H}_3\text{BO}_3_{\text{п}}$	$-1094,00 \pm 0,836$	$88,7 \pm 0,418$

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_{298}^0 кДж/моль	ΔS_{298}^0 Дж/моль·град	ΔG_{298}^0 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

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).

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

№ реакции	ΔG_{298}^0	ΔG_{308}^0	ΔG_{318}^0	ΔG_{328}^0	ΔG_{338}^0	ΔG_{348}^0	ΔG_{358}^0	ΔG_{368}^0
(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

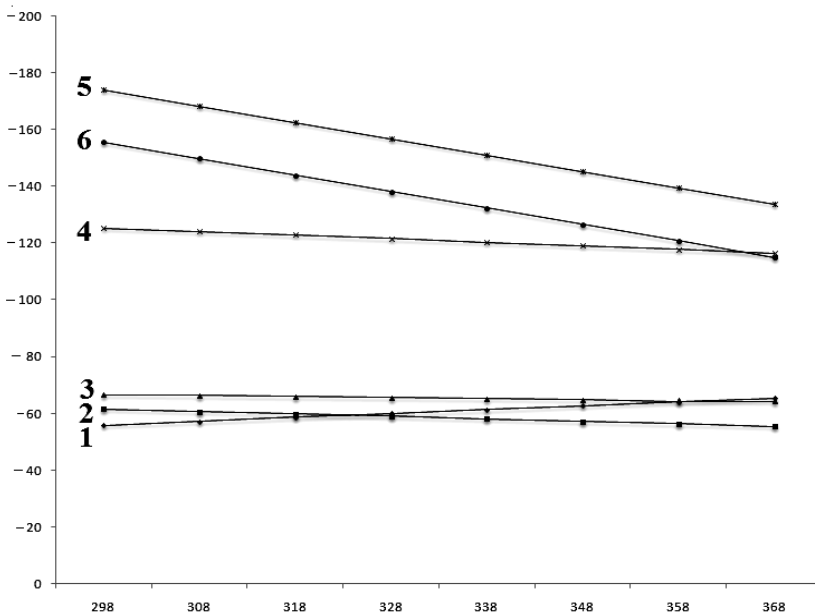


Рисунок 5 - Зависимости ΔG реакций от температуры (1 - кальцит, 2 - данбурит, 3 - датолит, 4 - пироксены, 5 - гранат, 6 – гидрослюда).

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.

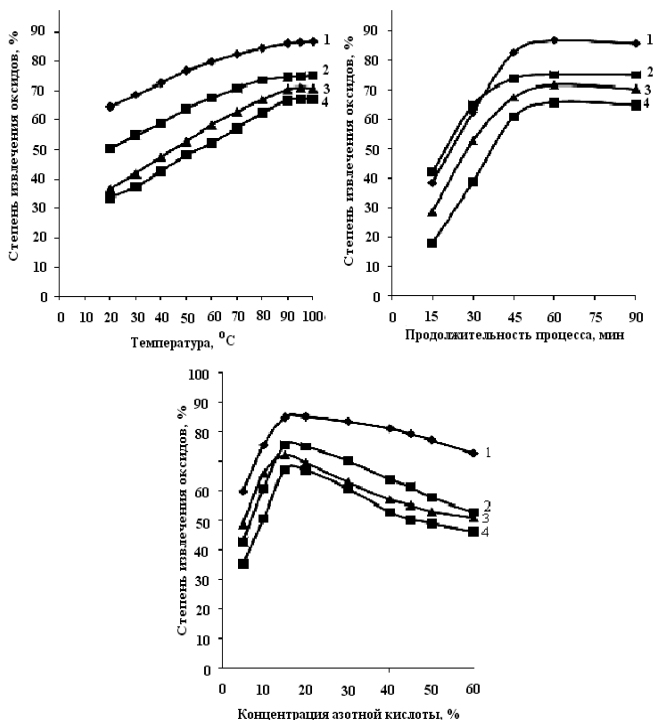


Рисунок 6 - Зависимости степени извлечения оксидов из состава исходного обожжённого борного сырья от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HNO₃ (размер частиц <0.1 мм; температура – 95°С; продолжительность процесса – 60 мин; C_{HNO₃} – 20 мас%). 1 – Fe₂O₃; 2 – V₂O₅; 3 – CaO; 4 - Al₂O₃.

Степень извлечения оксидов V₂O₅, Al₂O₃, Fe₂O₃ и CaO с повышением температуры до 95°С достигает максимального значения, составляя при этом (в мас%): V₂O₅ – 75, 4; Fe₂O₃ – 86.7; Al₂O₃ – 68.9 и CaO – 72.5.

Зависимость степени извлечения компонентов при вскрытии борного сырья от продолжительности процесса изучена при 95°С 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 %): V_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 %): V_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°C; продолжительность кислотного разложения – 60 мин; температура - 95°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°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°C составляет (в %): V_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°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 %): V_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 %): V_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%.

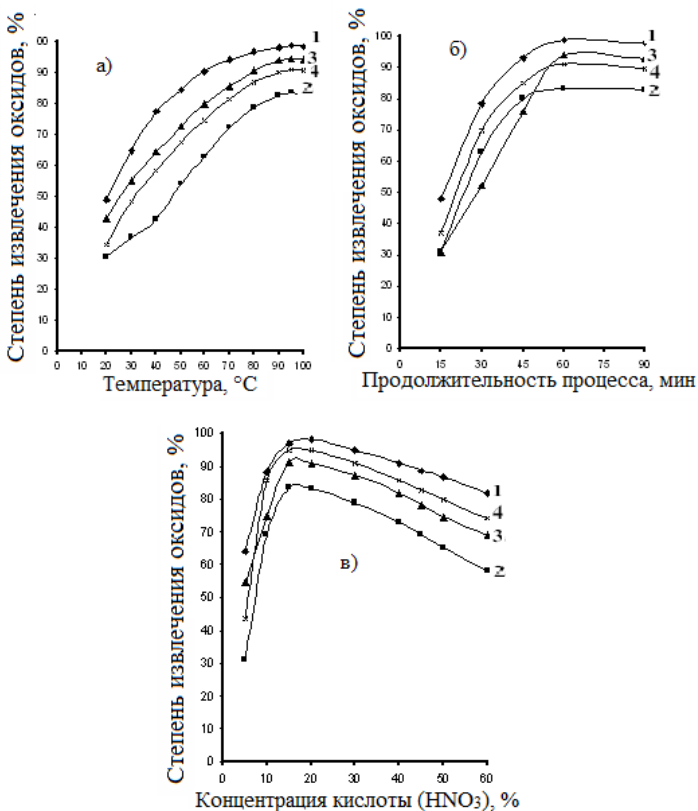


Рисунок 7 - Зависимости степени извлечения оксидов из состава обожжённого концентрата боросиликатной руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HNO_3 (размер частиц <0.1 мм; температура – 95°C ; продолжительность процесса – 60 мин; C_{HNO_3} – 15 мас%). 1 – Fe_2O_3 ; 2 – CaO ; 3 – B_2O_3 ; 4 – Al_2O_3 .

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 $950-980^\circ\text{C}$ в течение 60 мин. После термической

обработки данбурита 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.

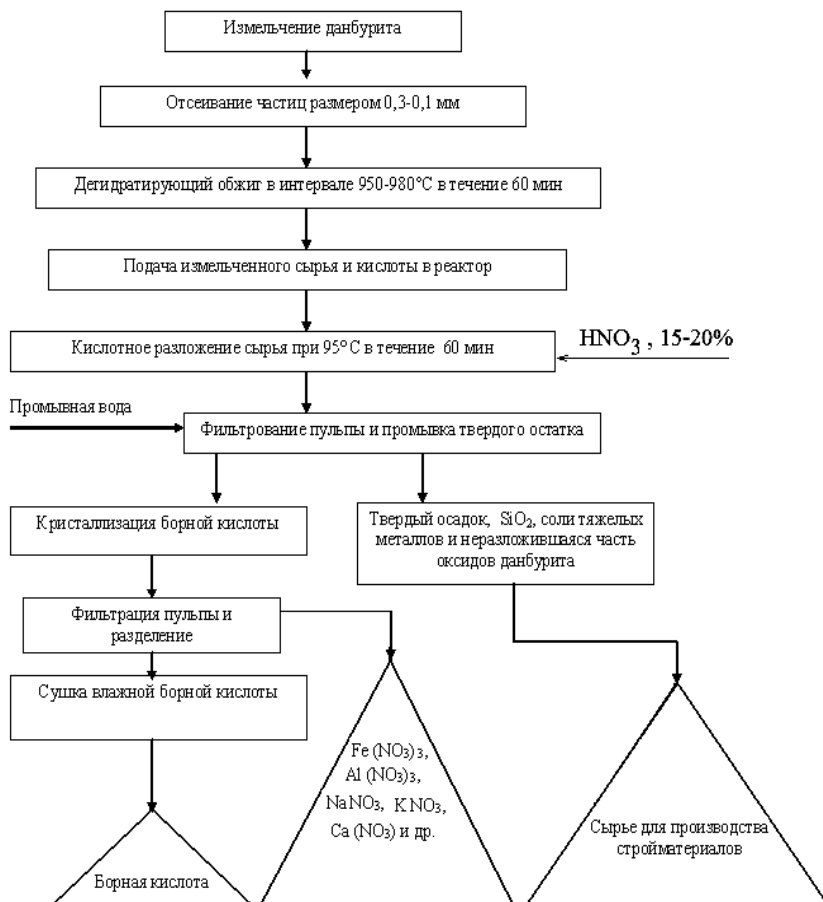


Рисунок 8 - Принципиальная технологическая схема получения борной кислоты из исходного данбурита и данбуритового концентрата азотнокислотным способом.

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.

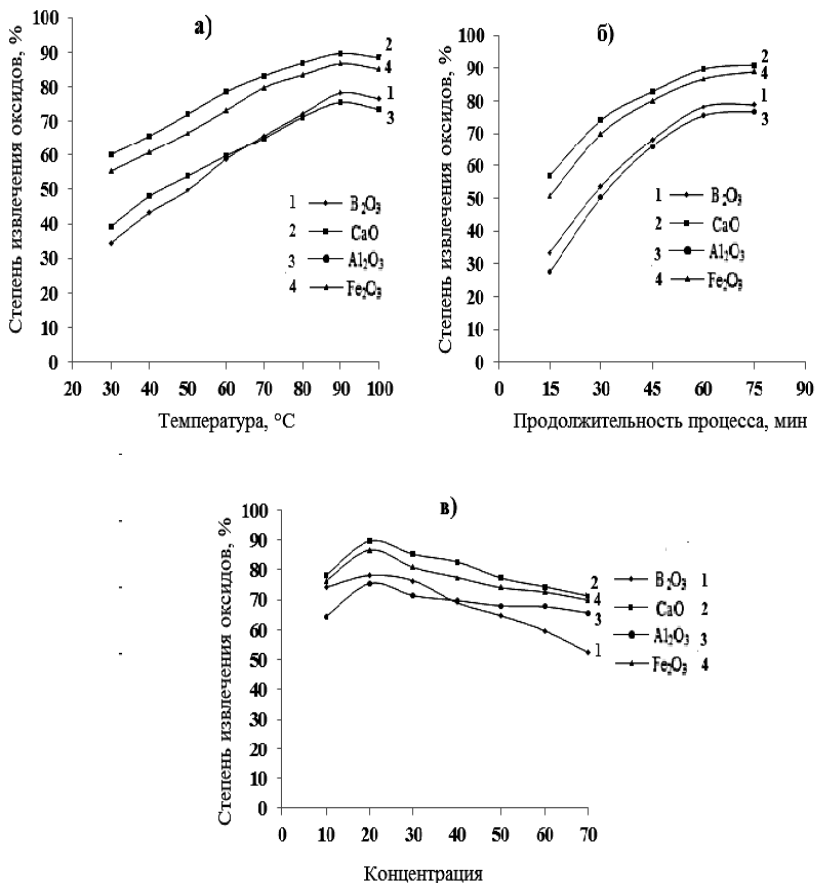


Рисунок 9 - Зависимости степени извлечения оксидов B_2O_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 и CaO из состава обожжённой боросодержащей руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации CH_3COOH (размер частиц < 0.1 мм; температура – 90°C; продолжительность процесса – 60 мин).

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%.

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).

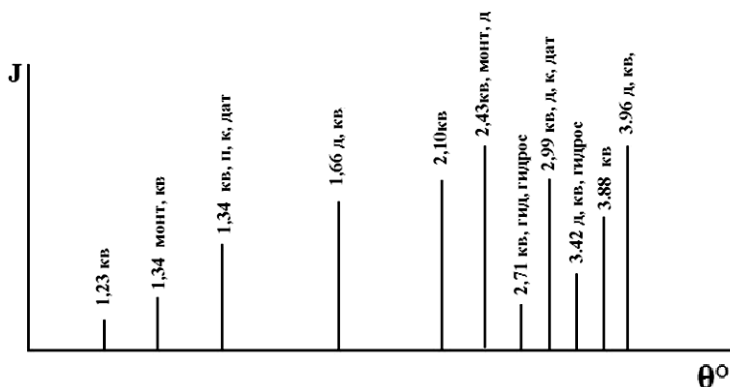


Рисунок 10 - Штрих-диаграмма остатка после уксуснокислотного разложения исходной обожжённой боросиликатной руды: кв – кварц, д - данбурит, дат – датолит, к - кальцит, п - пироксен, гид - гидроборацит, гидрос – гидрослюда, м –монтмориллонит.

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.

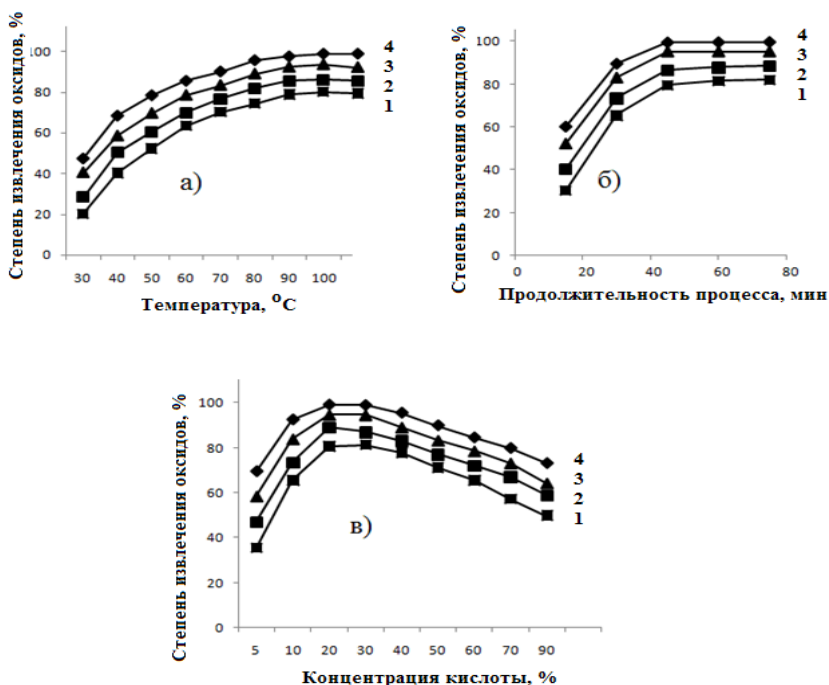


Рисунок 11 - Зависимости степени извлечения оксидов B_2O_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 и CaO из состава обожжённого концентрата борсодержащей руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации CH_3COOH (размер частиц < 0.1 мм; температура – 100°C; продолжительность процесса – 45 мин).

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.

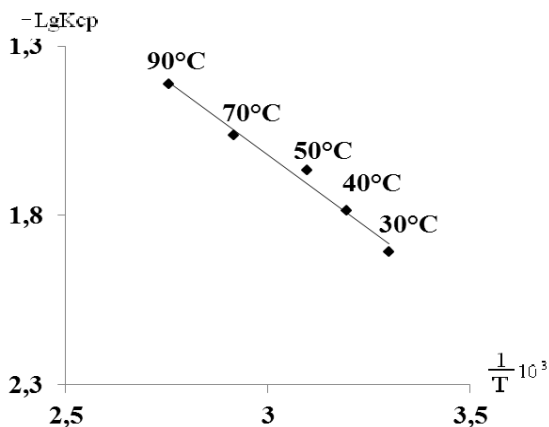


Рисунок 14 - Зависимость $\lg K$ от обратной абсолютной температуры при уксуснокислотном разложении концентрата борсодержащей руды.

Разработка принципиальной технологической схемы переработки борсодержащих руд уксусной кислотой

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

После термической обработки данбурины измельчали до размера частиц 0,1-0,3 мм и выщелачивали 15-20% уксусной кислотой. Для растворе-

ния гидролизованных 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 сырьё в промышленности строительных материалов.

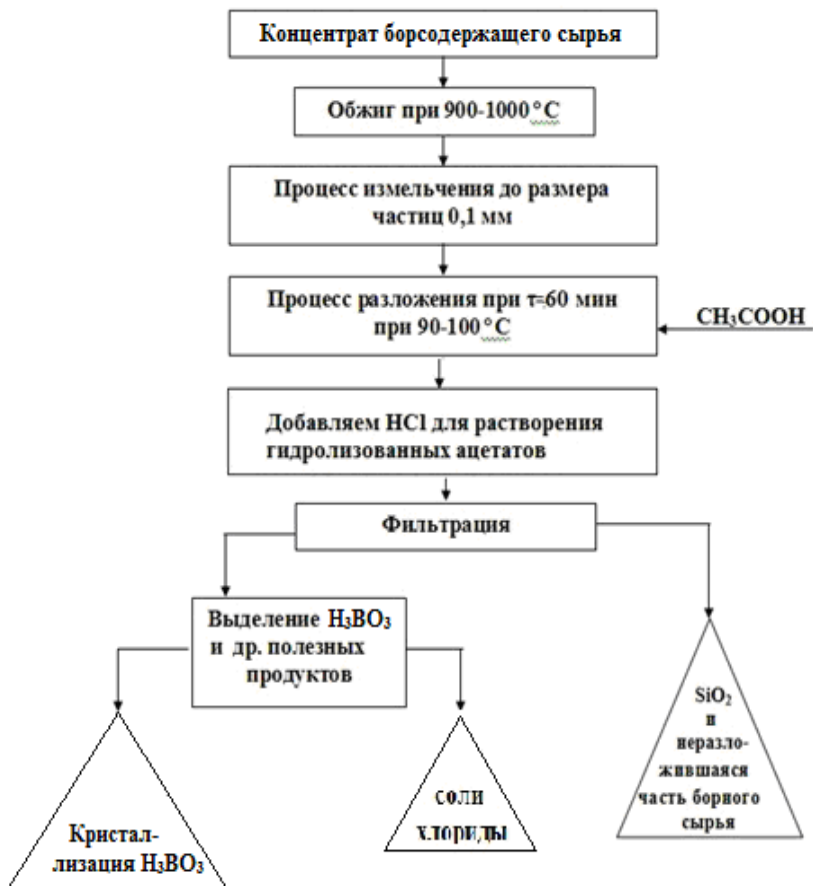


Рисунок 15 - Принципиальная технологическая схема переработки борсодержащих руд уксуснокислотным способом.

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: V_2O_5 – 79.58%, Al_2O_3 – 78.43%.

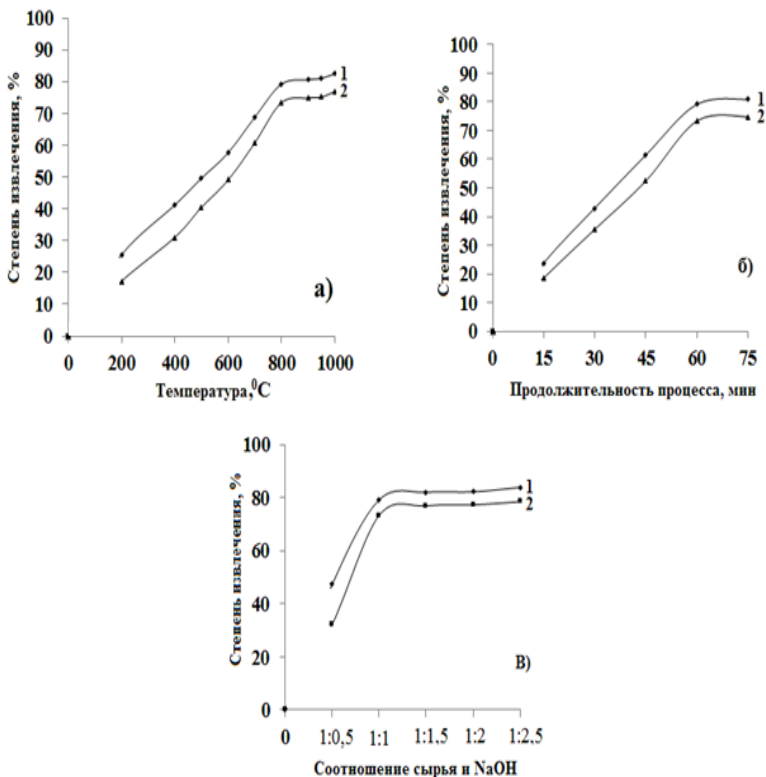


Рисунок 16 - Зависимости степени извлечения оксидов V_2O_5 (1) и Al_2O_3 (2) из состава обожжённой исходной боросиликатной руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) соотношения сырья и NaOH.

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.

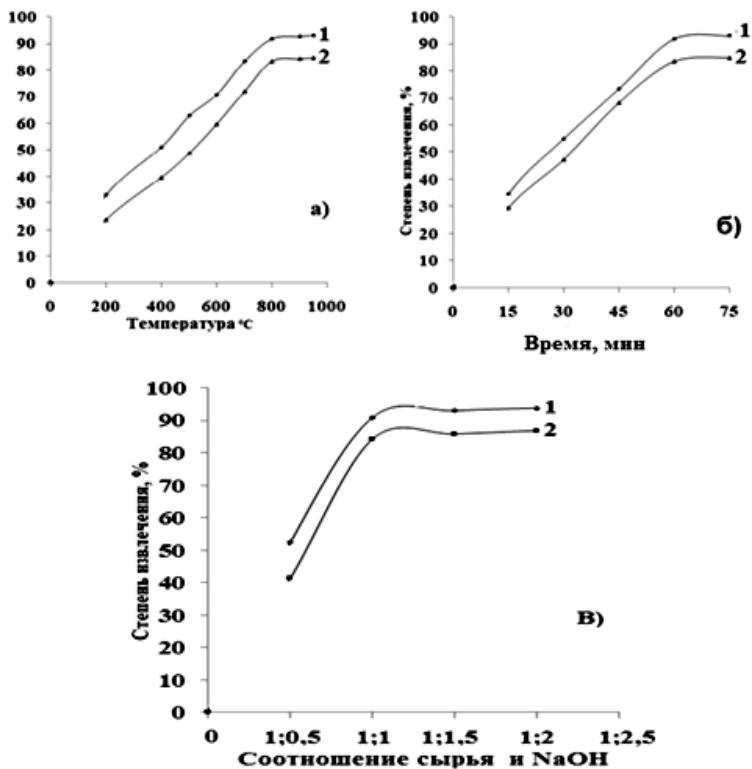


Рисунок 17 - Зависимости степени извлечения оксидов из обожжённого концентрата борного сырья от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) соотношения руды и NaOH (1- B_2O_3 , 2 - Al_2O_3).

Изучена кинетика процесса спекания обожжённой исходной боросиликатной руды в присутствии NaOH. Вычисленная энергия активации процес-

са 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.

Разработка принципиальной технологической схемы переработки борного сырья спекательным способом с NaOH

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

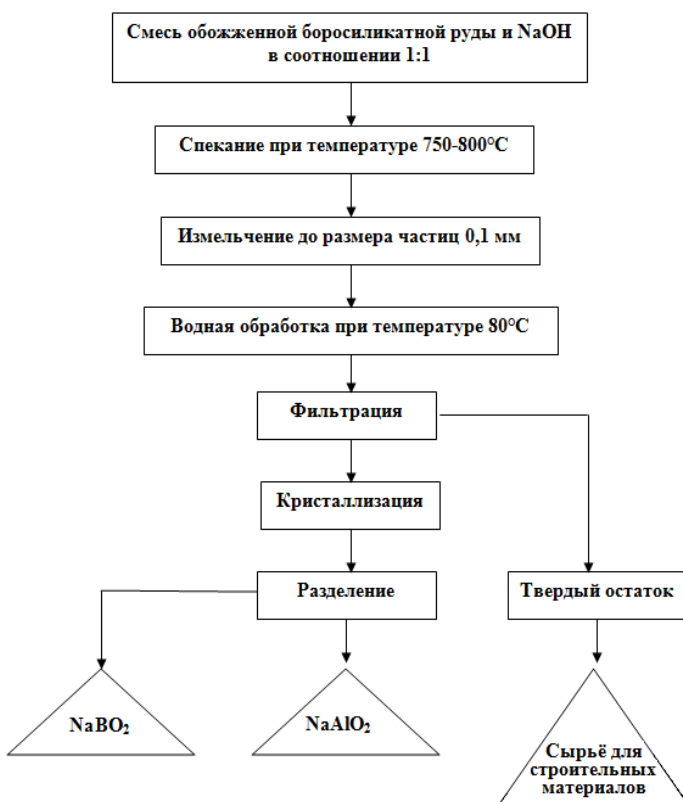


Рисунок 18 – Принципиальная технологическая схема переработки борного сырья спекательным способом с NaOH.

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 NaAl_2O_3 .

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.

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.

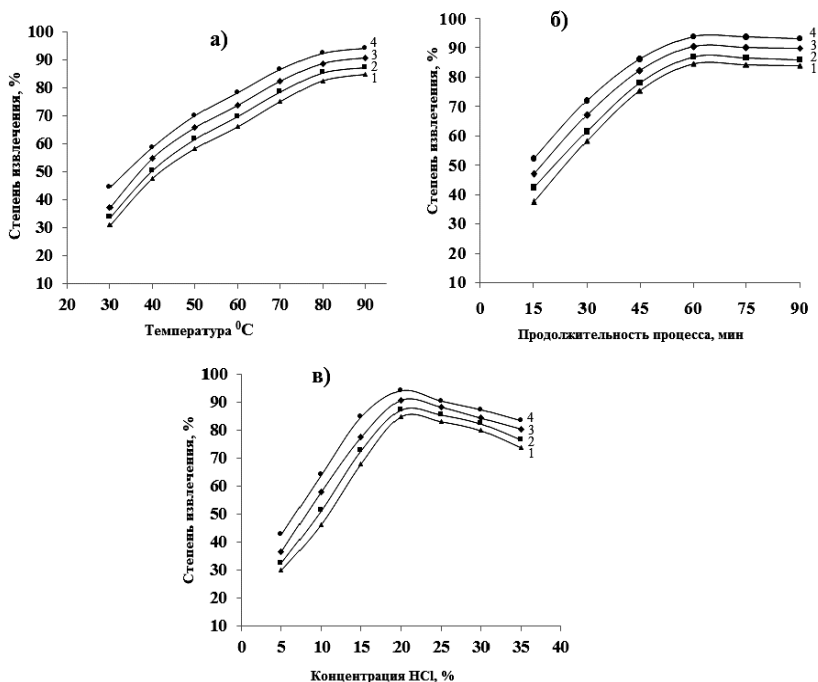


Рисунок 19 – Зависимость степеней извлечения оксидов из спёка исходной боросиликатной руды с CaCl_2 от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HCl (1 – V_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Fe_2O_3).

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

Согласно проведённых опытов и полученных результатов, наиболее эффективными условиями разложения концентрата боросиликатных руд при спекании с хлоридом кальция можно рекомендовать: температура спекания $800-850^\circ\text{C}$, 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.

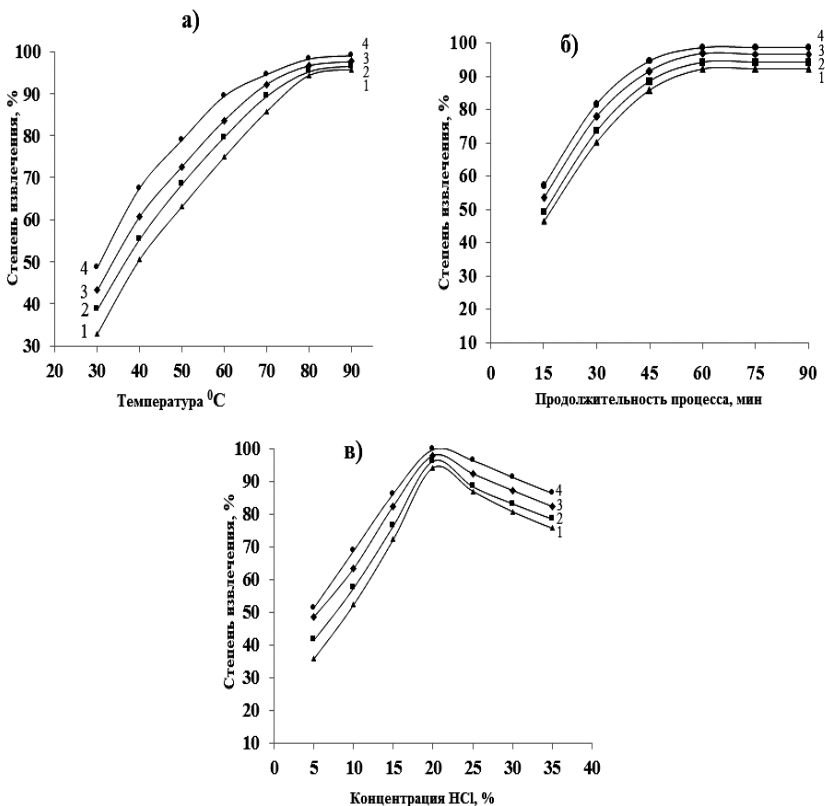


Рисунок 20 - Зависимость степеней извлечения оксидов из спёка концентрата боросиликатной руды с $CaCl_2$ от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HCl (1 – V_2O_5 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Fe_2O_3).

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 $NaCl$.

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 спёка концентрата боросиликатного сырья с $NaCl$, результаты которого приведены на рисунке 22.

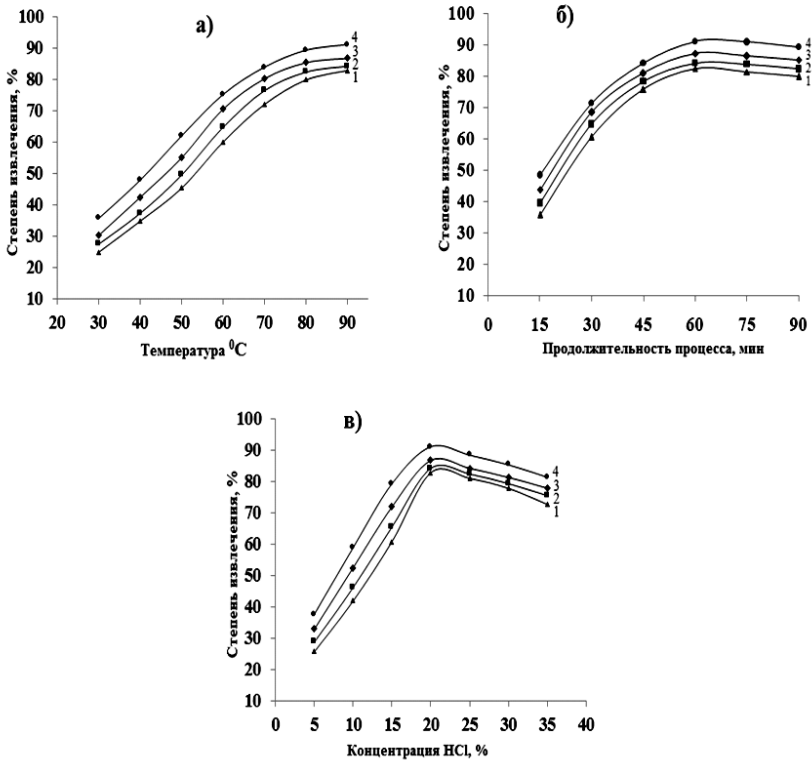


Рисунок 21 - Зависимость степеней извлечения оксидов из слёка исходной боросиликатной руды с NaCl от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HCl (1 – B₂O₃; 2 – Al₂O₃; 3 – CaO; 4 – Fe₂O₃).

В ходе проведения экспериментов для процесса солянокислотной обработки слёка исходной боросиликатной руды и её концентрата с NaCl найдены рациональные условия проведения процесса: температура спекания 800-850°C, температура кислотного разложения – 90°C; время проведения процесса – 1 час; при этих условиях извлечение полезных компонентов из состава слёка 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 слёка исходной боросиликатной руды с NaCl, которая составила 27,0 кДж/моль.

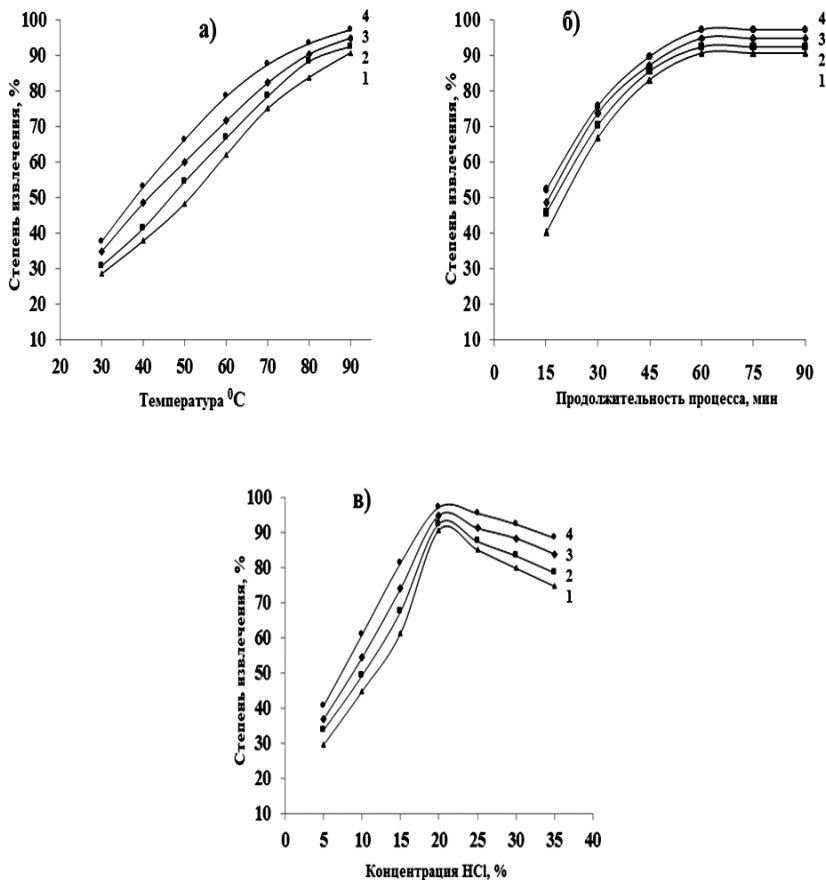


Рисунок 22 - Зависимости степеней извлечения оксидов из спёка концентрата боросиликатной руды с NaCl от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации HCl (1 – B_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO; 4 – Fe_2O_3).

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 CaCl_2

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 CaCl_2 и NaCl включает следующие основные стадии:

- подготовка смеси борного сырья и CaCl_2 после измельчения;
- спекание смеси при $750-850^\circ\text{C}$;
- процесс измельчения спека;
- водная обработка для удаления остатков хлоридов;
- фильтрация после водной обработки;
- кислотное разложение соляной кислотой;
- выделение полезных компонентов (B_2O_3 , FeCl_3 , AlCl_3);
- выделение остатков CaCl_2 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 спек 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 боросодержащего сырья спекательным способом с применением хлоридов натрия.

Раствор, представляющий собой смесь соединений бора, алюминия и железа, разделяют путём кристаллизации борной кислоты, смесь раство-

ров 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.

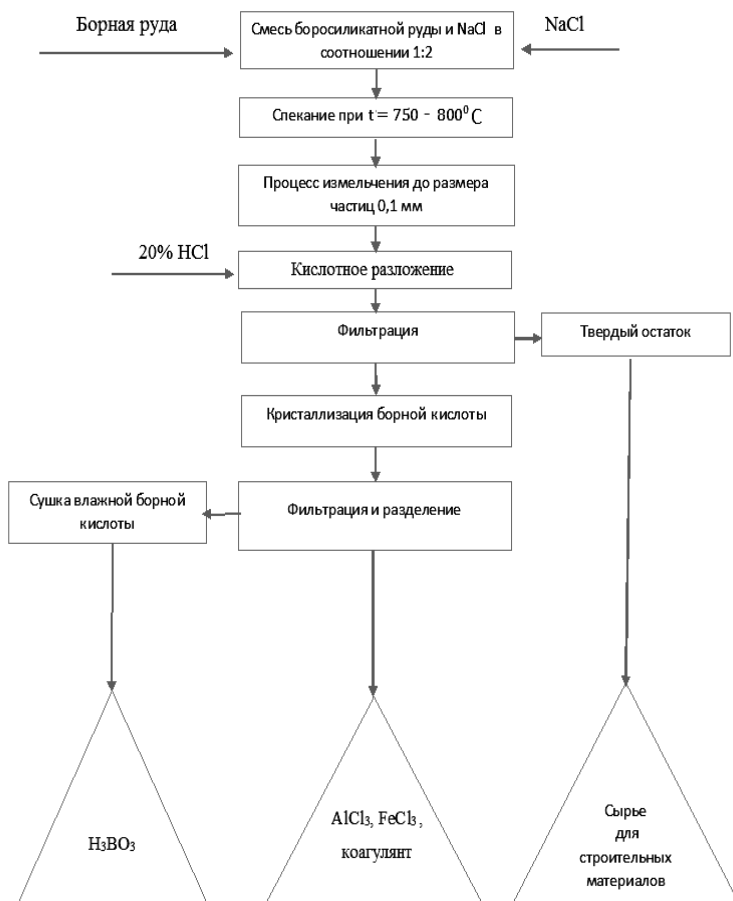


Рисунок 24 - Принципиальная технологическая схема переработки боросиликатных руд методом спекания с хлоридом натрия.

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.

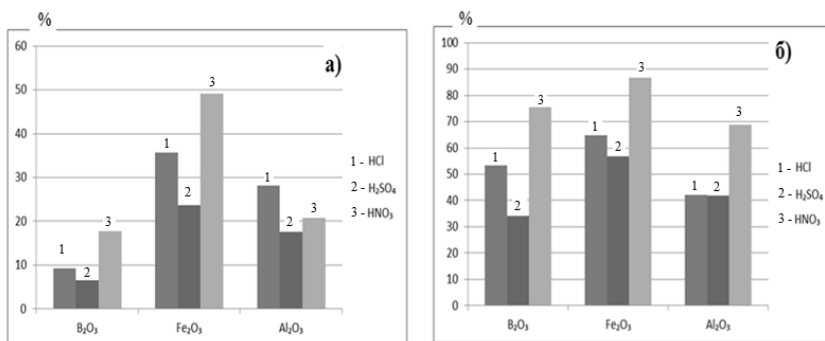


Рисунок 25 – Извлечение полезных компонентов из боросиликатных руд: а) исходная руда; б) обожжённая исходная руда.

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.

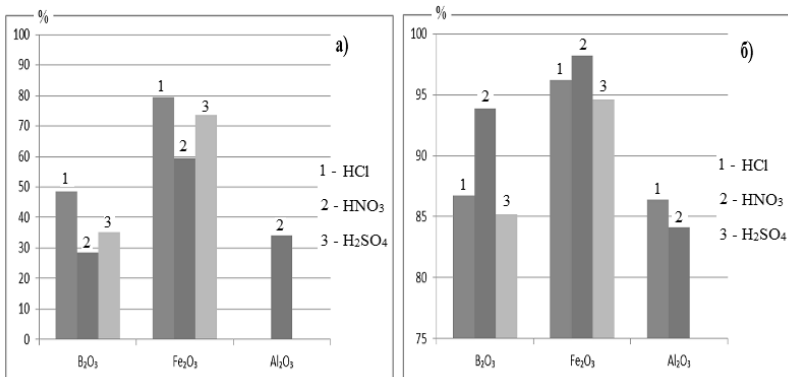


Рисунок 26 – Извлечение полезных компонентов из концентрата боросиликатной руды: а) концентрат; б) обожжённый концентрат.

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			обоженная боросиликатная руда			концентрат боросиликатного сырья			обоженный 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			Обоженная боросиликатная руда		Концентрат боросиликатного сырья			Обоженный 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	-	-	-	-	-	-	-

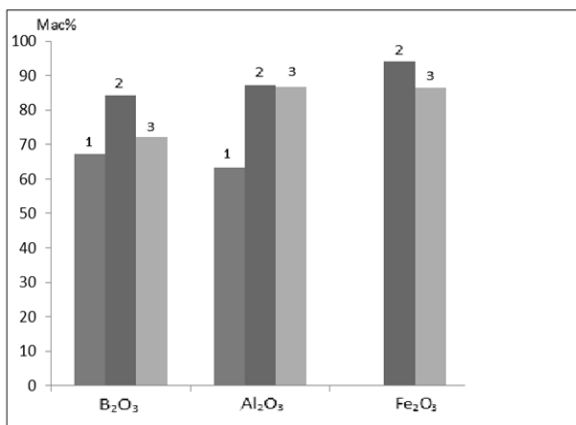


Рисунок 27 - Извлечение полезных компонентов из исходной боросиликатной руды методом спекания (1 – NaOH, 2 – CaCl₂, 3 – NaNO₃).

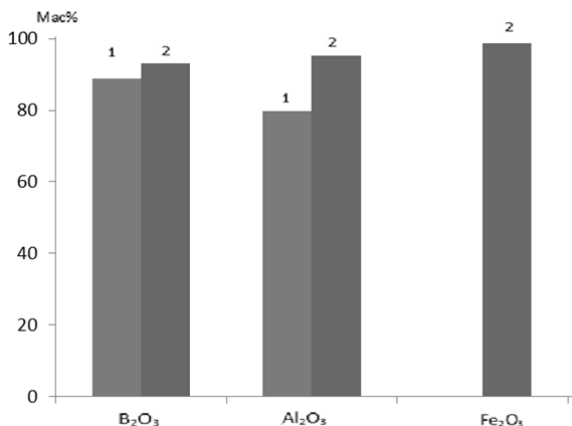


Рисунок 28 - Извлечение полезных компонентов из концентрата боросиликатной руды (1 – NaOH, 2 – CaCl₂).

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.

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 кислотой, 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 B_2O_3 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% B_2O_3 [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. Найден оптимальные параметры спекания исходной и концентрата боросиликатной руды с использованием $CaCl_2$ 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 $CaCl_2$, 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, воднокислотное 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. Бахридина // 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 слёка, 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 слёка, 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 слёка 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 слёка 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 азот-

ной 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. Ашууров, **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]. Ашууров, Н.А. Рентгенофазовый анализ исходного и прокалённого данбурита месторождения Ак-Архар / Н.А. Ашууров, 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** // Донишгоҳи 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-А]. 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-А]. 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-А]. 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-А]. 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.

Подписано в печать 01.05.2021. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman Tj.
Усл. печ. л. 6,5. Тираж 100 экз. Заказ № 135.

ООО “ЭР-граф”.
734036, г. Душанбе, ул. Р. Набиева, 218.
Тел.: (+992 37) 227-39-92. E-mail: rgraph.tj@gmail.com

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

Бо ҳуқуқи дастнавис
УДК 546.621

ҚУРБОНОВ Амиршо Соҳибназарович

**АСОСҲОИ ТЕХНОЛОГИИ ҚОРҚАРДИ
МАЪДАНҲОИ БОРОСИЛИКАТӢ БО МЕТОДҲОИ
КИСЛОТАГӢ ВА ГУДОХТАН**

АВТОРЕФЕРАТИ
диссертатсия барои дарёфти дараҷаи
илми доктори илмҳои химия
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, Сарҳодими илмии Институти кимиёи ба номи В.И.никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон **Мирсаидов Улмас Мирсаидович**

Муқарризони расмӣ: доктори илмҳои техникаӣ, профессор, аъзои корп. АМИТ, мудири озмоишгоҳи «Захираҳои обӣ ва равандҳои гидрофизикавӣ» Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон **Кобули Зайналобдуллин Валӣ**

доктори илмҳои техникаӣ, профессори кафедраи «Экология»-и донишқадаи Кӯҳи-металургии Тоҷикистон, ш. Бӯстон **Разыков Зафар Абдукаҳорович**

доктори илмҳои техникаӣ, дотсент, мудири кафедраи «Химия ва биология»-и Донишгоҳи славянии Россия ва Тоҷикистон **Бердиев Асадулло Эгамович**

Муассисаи пешбар: Муассисаи давлатии « илмӣ- тадқиқотии Институти металургия»- и ҷамъияти саҳомии кушодаи «Ширкати алюминии Тоҷик»

Ҳимояи диссертатсия 07 июни соли 2021, соати 9⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-007 назди Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин баргузор мегардад.

Суроға: 734063, ш. Душанбе, хиёбони Айни 299/2

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

Бо мазмуну муҳтавои диссертатсия дар китобхонаи илмӣ ва ё дар сайти Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин шинос шудан мумкин аст: www.chemistry.tj.

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

**Котиби илмӣ
шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои химия**

Маҳкамов Х.К.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

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 ханӯз соли 1987 дар ҳайати Институти химияи ба номи В.И. Никитини АИ РСС Тоҷикистон озмоишгоҳи махсус барои коркарди маводи минералӣ, аз ҷумла конҳои боросиликати 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 гардонида 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 химияи созмонёфтaro 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. Дуҷум, коркарди маъданҳои боросиликати 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 қушода асос ёфтааст. Талаботи рӯзафзуни саноат ба пайвастаҳои бор, ки дар истеҳсолоти

шиша, керамика, лак ва рангҳо, маҳсулоти ғизоӣ, саноати чарму кешбофӣ, энергетикаи ядрой, хочагии қишлоқ, тиб ва дигар соҳаҳои истеҳсолот истифода бурда мешаванд, зарурати истифодаи кони Ак-Архари Тоҷикистонро ноғузир мегардонад. Дар аснои истифодаи комплекси маводи бордор пойгоҳи ашёи хом ба маротиб васеъ гардида, манбаҳои 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 доро 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 камбудихоро худро дорад, ҷунунчи 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 ғудозиши 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 ғудозиш имкон медиҳад, ки шароитҳои ратсионалии таҷзияи ашё, ҳамзамон дар мавриди ба қадри минималӣ ба маҳсулот гузаштани кремнезем компонентҳои пураарзиши мавҷуда ба таври максималӣ ба даст оварда шаванд. Барои усули ғудозиш 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 қор 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 қалон 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 таҷзияи намудани маъдани боросиликати кони Ак- Архари Тоҷикистон бо мақсади ба даст овардани маҳсулотҳои бордор ва дигар ҷузъҳои фойданок мебошад.

Мавзӯи таҳқиқот. Коркарди маъдани боросиликати Тоҷикистон ба роӣ ба даст овардани кислотаи борат ва дигар маҳсулотҳои бордошта, ба монанди нурий ва шишаи бордор.

Вазифаҳои таҳқиқот:

- омӯзиши таркиби химиявӣ-минералогии маъданҳои боросиликати кони Ак-Архари Тоҷикистон ва баҳодихии 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 ба-ланд;

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

- омӯзиши кинетикаи раванди таҷзияи маъдани бордор бо усули кислотагӣ ва усули гудозиш бо NaOH, NaCl ва CaCl₂ ва инчунин ҳангоми коркарди маҳсули гудозиш бо NaCl, CaCl₂ бадастомада бо усули кислотагӣ;

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

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

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

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

Соҳаи таҳқиқот. Рисолаи дисертационӣ ба соҳаи технологияи коркарди моддҳои 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 таҳлили рентгенофазавӣ (ТРФ) ва ҳисоби қиматҳои термодинамикии реаксияҳои, ки ҳангоми таҷзия бо усулҳои кислотагӣ ва гудозиш мегузаранд.

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

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

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

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

Эътимоднокии натиҷаҳои дисертационӣ. Натиҷаҳои таҳқиқот, ҳулосаҳои асосӣ ва ҳолати дисертатсия 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 физикии химиявӣ, аз ҷумла таҳлили рентгенофазавӣ (Дрон-2), ТХД (Q-1000), таҳлили фотометрии шӯълавӣ (ТФШ) ва дигар усулҳо, тасдиқ карда шудаанд. Навгонӣ ва дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳои кори дисертационӣ аз тарфи Маркази милли патенту иттилооти Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки дар асоси кори муаллифи дисертатсия 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 таҷзияи маъданҳои бордошта гузаранда, ки натиҷаҳои он бо усулҳои таҳлилҳои химиявӣ ва физики-химиявӣ асоснок гардидаанд, омӯхта шудаанд. Тарҳи присипиалии технологияи истихроҷи маъданҳои бордошта бо истифодаи маводҳои гуногун коркарда баромада шуд.

Аҳамияти назариявии таҳқиқот ба як қатор қонуниятҳои химияи физикии асосӣ ёфта, эътимоднокии ҳулосаҳо ва тавсияҳо бо муҳокимаи ва-

сеъ дар конфронсҳо ва нашрияҳо дар маҷаллаҳои тақризишаванда тасдиқ шудаанд.

Аҳамияти амалии таҳқиқот.

Натиҷаҳои таҳқиқоти дар рисола ба дастовардашударо барои ба даст овардани як қатор маҳсулоти аз маъданҳои боросиликати ба вучудоянда, барои коркарди асосҳои технологияи истихроҷи комплекси ашёи хом, дар саноати шиша барои ба даст овардани шишаи бордор (Акти санҷиш аз 15.09.2018), инчунин ба сифати нурии комплекси дар ҳоҷагии қишлоқ истифода бурдан мумкин аст (Акти санҷиш аз 25.11.2018).

Нуктаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

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

- баҳодиҳии хусусияҳои термодинамикии равандҳо, ки ҳангоми таҷзияи ашёи боросиликати 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;

- натиҷаҳои таҳқиқи равандҳои кинетикии ҳангоми таҷзияи кислотагӣ ва гудозиш 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 муносири химия, технологияи химиявӣ ва металлургия» (Душанбе, 2009); конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявии «Чанбаҳои кӯҳӣ, геологӣ, экологӣ ва рушди саноати маъданҳои кӯҳӣ дар асри XXI» (Душанбе, 2010); конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявии «Пешомадҳои истифодаи технологияҳои инноватсионӣ ва тақдир 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 химиявии 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 вьприси от света на науката» (Булгория, София, 2011); конференсияи VII илмӣ-амалии байналхалқии «Пешомадҳои рушди илму маориф» (Душанбе, Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон, 2016); XVI International Conference «Thermal Analysis and Calorimetry in Russia (RTAC-2020)» (Moscow, Russia. Book of Abstracts, 2020).

Саҳми шахсии унвонҷӯ дар масъалагузориҳои 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 35 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, инчунин дар маводҳои 14 конференсияҳои байналхалқӣ ва ҷумҳуриявӣ ба таъб расидааст. 3 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта, 2 монография ба нашр расонида шудааст.

Соҳтори кор. Мундариҷаи диссертатсия аз муқаддима, 4 боб, хулоса, ки дар ҳаҷми 247 саҳифаи ҷопи 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, навғониҳои таҳқиқ, арзиши назарявӣ ва амалии он, асосҳои методологияи 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, таъзияи ашёи хоми бордор бо таъсири кислотаи хлорид ва сулфат, кинетикаи таъзияи кислотагии ашёи хоми ибтидоии боросиликатӣ ва концентрати он, асосҳои технологияи истихроҷи маъдан бо таъсири кислотаҳои минералӣ инъикоси худро ёфтаанд.

Дар тафсири адабиёт баъзе усулҳои гудозишии коркарди ашёи хоми бордор пурра гардида, истифодаи пайвастиҳои бор дар соҳаҳои саноат ва ҳоҷагии 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

таъзияи 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 таъзияи ашёи ибтидоӣ ва концентрати он истифода гардидаанд, ба иҷро расонида шудаанд.

Дар **боби сеюм** натиҷаҳои таҳқиқ оид ба таъзияи кислотагии (бо кислотаи нитрат) маъданҳои ибтидоӣ ва пухташудаи боросиликатӣ пурра гардонида, кинетикаи таъзияи кислотагии ашёи боросиликатии кони Ак-Архар пешниҳод шуда, тарҳи принципалии технологияи истихроҷи ашёи бордор бо методи кислотаи нитрат коркард гардидааст. Ҳамчунин натиҷаҳои таъзияи маъданҳои бордор, концентрат ва концентратҳои пешакӣ тафсонидашудаи он бо кислотаи атсетат пешкаш шудааст. Кинетикаи бо таъсири кислотаи атсетат таъзияшавии маъдани пешакӣ тафсонидашудаи маъданҳои ибтидоии бордор ва кинетикаи бо таъсири кислотаи атсетат таъзияшавии концентрати тафсонидашудаи бордор омӯхта шуд. Тарҳи принципалии технологияи истихроҷи маъданҳои бордор бо таъсири кислотаи сулфат коркард гардид.

Дар **боби чорум** таҳқиқ усулҳои гудозиши коркарди маъдани боросиликатӣ омӯхта шудааст. Гудозиши маъданҳои боросиликатии ибтидоӣ ва тафсонидашуда бо NaOH, ҳамчунин тарҳи коркарди концентрат ва концентрати тафсонидашудаи маъдани бор дар иштироки гидроксиди натрий таҳқиқ гардидааст. Кинетикаи раванди гудозиши маъдани боросиликатии ибтидоии 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 боросиликатии Тоҷикистон бо таъсири реагентҳои хлордор, аз ҷумла коркарди маъданҳои боросиликатии ибтидоӣ ва концентрати он бо методи гудозиш дар иштироки CaCl₂, коркарди маъдани боросиликатии ибтидоӣ ва концентрати он бо усули гудозиш дар иштироки NaCl омӯхта шудааст. Кинетикаи раванди бо таъсири кислотаи хлорид таъзияшавии гудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ ва концентрати он бо хлориди калсий ва натрий омӯхта шуданд. Тарҳи принципалии технологияи 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 микдори минералҳои ибтидоии маъданҳои боросиликатӣ ва концентратҳои кони Ак-Архари Тоҷикистон омӯхта, натиҷаҳои таҳқиқот дар ҷадвалҳои 1 ва 2 оварда шудаанд.

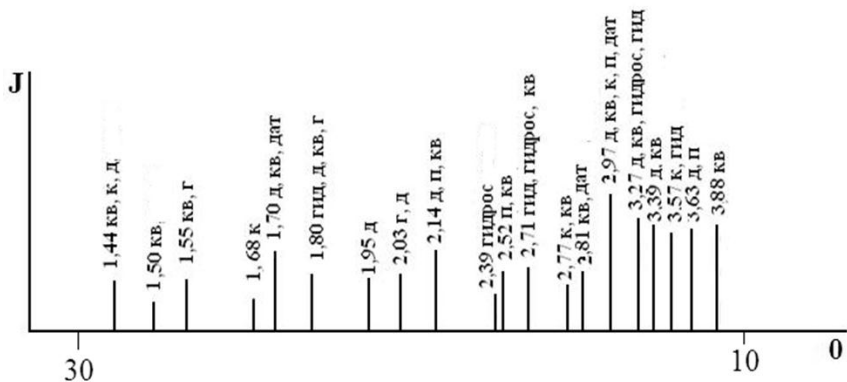
Чадвали 1 – Таркиби химиявии маъдани бордори кони Ак-Архар ва концентратҳои он

Номгӯй Маъдани ибтидоӣ	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	Пшп													
Концентрат	17.1	10.4	46.8	59.8	1.27	2.45	2.67	2.2	1.39	1.68	23.6	19.6	0.86	0.75	0.17	0.15	0.33	0.29	0.11	0.1	0.05	0.03	0.12	0.11	3.91	4.06

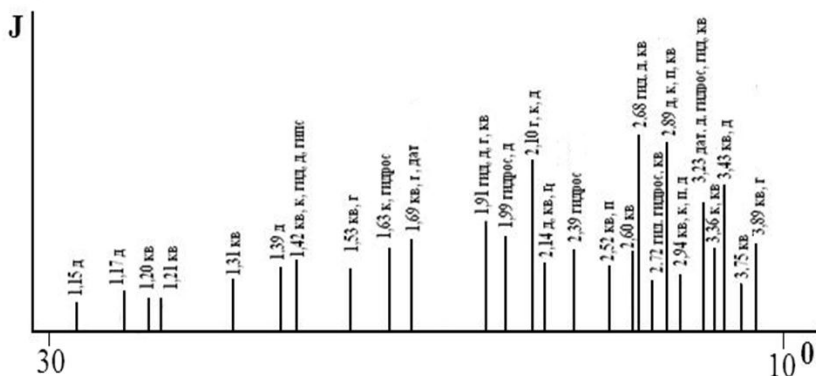
Чадвали 2 – Микдори минералҳо дар таркиби маъдани бордор

№	Номгӯи минералҳо	Микдори 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.

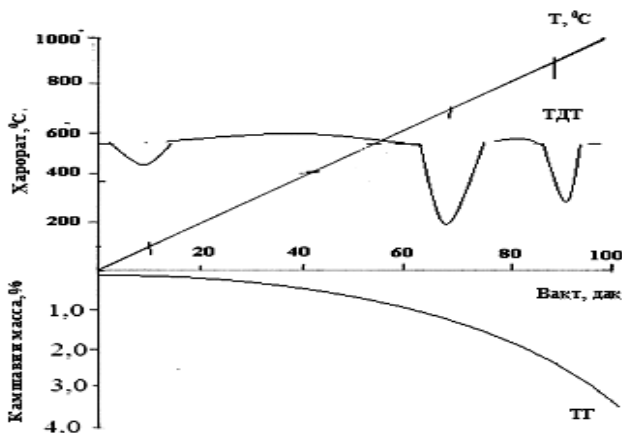


Расми 2. - Штрих-диаграммаи концентрати бордошта: гид – гидроборасит, дат - датолит, д – данбурит, кв – кварц, к – калсит, г – гранат, п – пироксенхо, гидрос – гидрослюда.

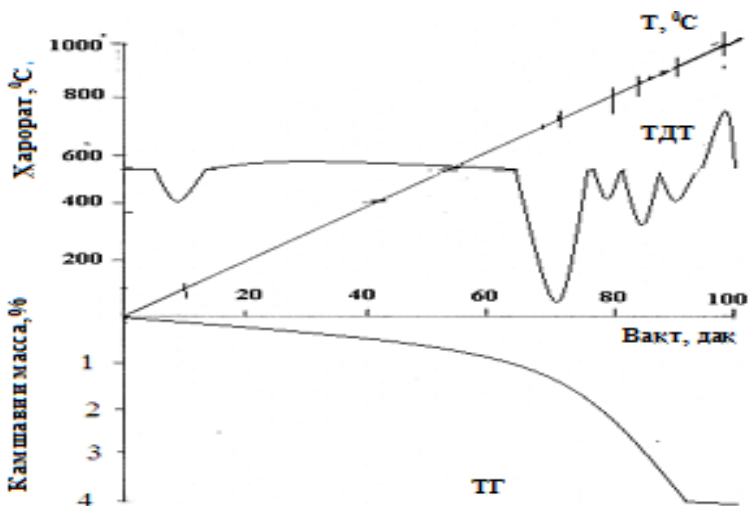
Тахлили регнетгофазавӣ (РФА) нишон дод, ки минералҳои асосии маъданиро таъкилдиханда асосан гранат, калсит, датолит, данбурит, кварц ва гайра мебошанд.

Ҳамчунин термограммаи маъдани ибтидоӣ ва концентрати бордошта ба даст оварда, он дар аснои суръати паст доштани гармкунии (10°C/дак) омӯхта шуда, натиҷаҳои он дар расмҳои 3 ва 4 оварда шудаанд.

Дар термограммаҳои намунаҳои маъдани боросиликати эффементи эндо-термӣ дар 860, 950 ва 1020°C ба қайд гирифта шуданд, ки онҳо ба табaddуло-ти фазавӣ ва ғудохташавии маъдан мувофиқ меоянд.



Расми 3 - Дериватограммаи маъдани ибтидоии бордошта (данбурит).



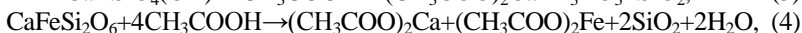
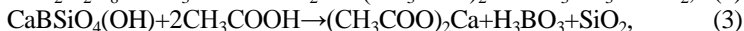
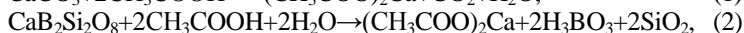
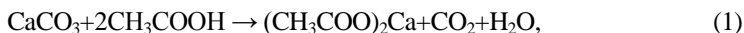
Расми 4. - Дериватограммаи концентрати маъдани бордошта.

Баҳодиҳии термодинамикии таҷзияшавии маъдани боросиликатӣ

Барои муқаррар намудани имконияти гузариши реаксияҳои оксидҳои дар таркиби ашӣи хоми бордор мавҷудбуда бузургиҳои стандартии термодинамикӣ ҳисоб карда шудаанд. Реаксияҳои имконпазири таҷзияи ашӣи бордор бо таъсири кислотаи нитрат афзалият дорад. Дар мавриди додашуда танҳо оксиди моддаҳои, ки эҳтимолияти ба таркиби маъдани бор дохил шудан доранд, дида баромада шуданд.

Дар баробари ин, бояд қайд кард, ки ба таркиби маъданҳои боросиликатӣ минералҳои гуногуни бор ва ҳамчунин чинсҳои ҳоли – 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 реаксияҳои дар боло овардашуд бо истифодаи муодилаҳои зерин гузаронида шуданд:

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

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

$$\Delta G_{\text{р}} = \Delta H_{\text{р}} - T \Delta S_{\text{р}}. \quad (9)$$

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 реаксия суст шуда, дар ҳарорати баланд – маҳлал ба ҷӯшидан сар мекунад. Аз сабаби хурд будани фосилаи тағйироти ҳарорат таъсири ба энталпияи модда доштаи гармиғунҷошро ба эътибор нагирифтани мумкин аст.

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

Чадвали 4 – Таъсифи термодинамикии реакцияҳои пешбинишуда дар аснои бо таъсири кислотаи атсетат таъзияшавии маъдани боросиликатӣ

№ реакци	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

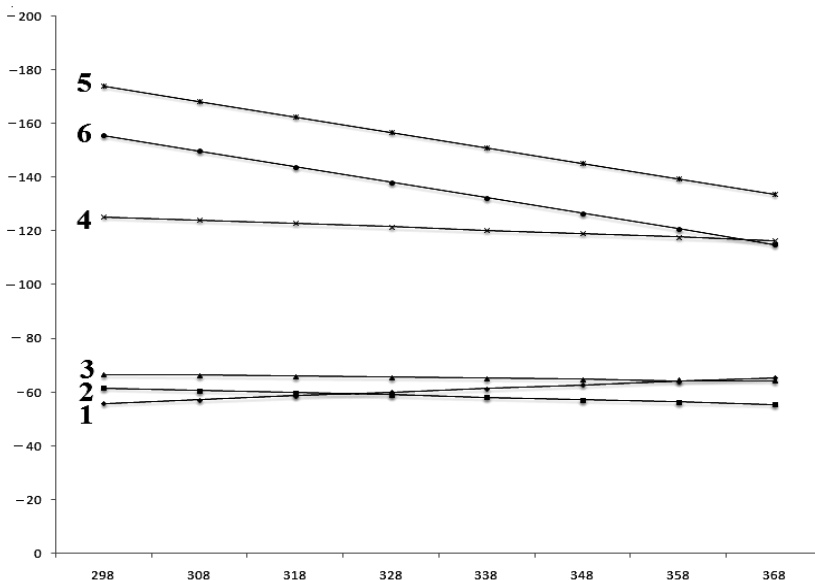
Чадвали 5 – Тағйироти энергияи Гиббс (ΔG^0_T , кҶ/мол) дар ҳарорати гуногун дар аснои бо кислотаи атсетат таъзияшавии маъдани боросиликатӣ

№ реакци	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 чадвали 4 аён мегардад, ки барои реаксияи (1) ($\Delta H < 0$ ва $\Delta S > 0$), омилҳои мувофиқи термодинамикии 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 аснои ҳисобу китоби энергияи Гиббси 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, графикаи вобастагии ΔG аз ҳарорат (расми 5) сохта шуд.

Чи тавре аз чадвали 5 ва расми 1 дида мешавад, реаксияи яқум, 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 монёв 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.

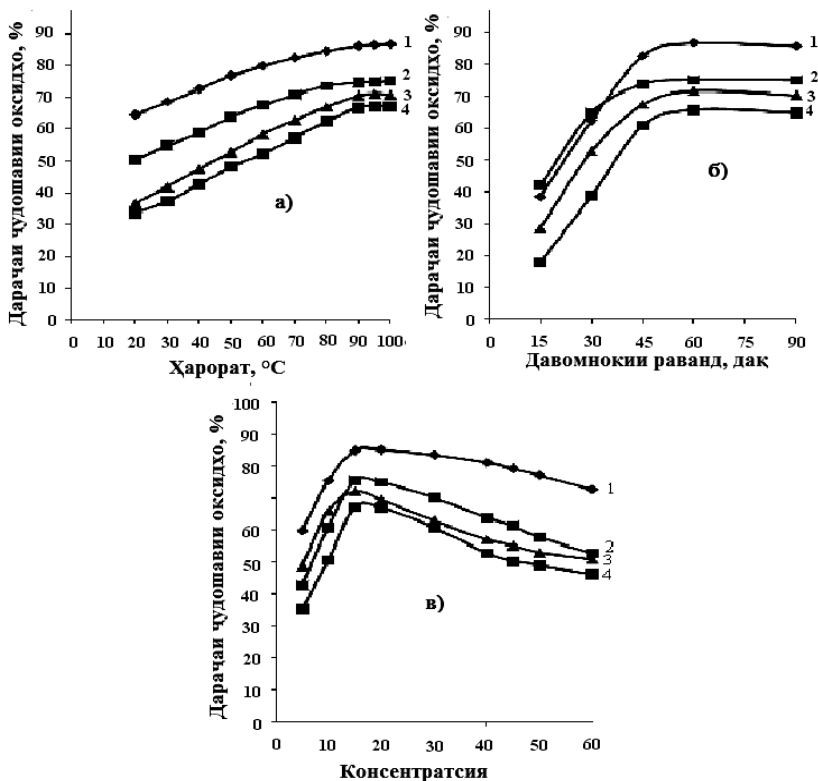
Дар диссертасия тавсифи термодинамикии раванди бо таъсири NaOH, CaCl₂, NaCl бо роҳи ғудозиш таҷзияшавии маъданҳои бор ва ҳисобкуниҳои стехиометрии реагентҳои дар раванди таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ истифодашаванда оварда шудаанд.

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 дарачаи 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 – V_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Al_2O_3 .

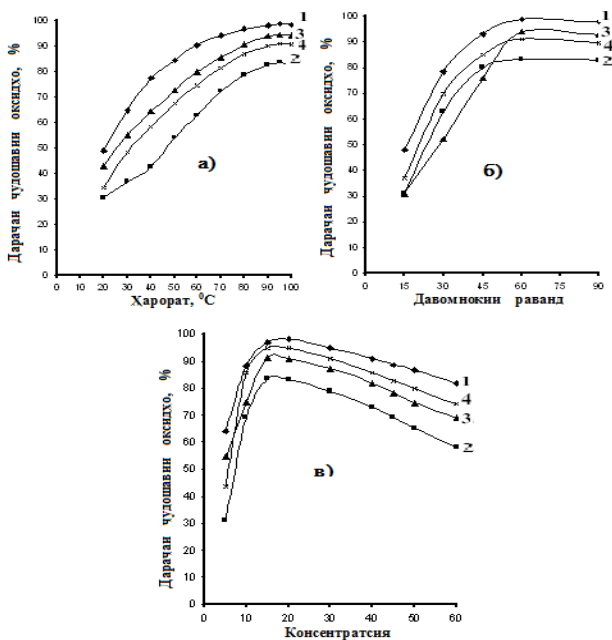
Дарачаи ҷудошавии оксидҳои V_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ва CaO ба туфайли то 95°C баландшавии ҳарорат ба қимати максималӣ расида, дар ин ҳолат (бо мас%): V_2O_3 – 75,4; Fe_2O_3 – 86,7; Al_2O_3 – 68,9 и CaO – 72,5 ташкил медиҳад.

Вобастагии дарачаи ҷудошавии оксидҳо ҳангоми кушодашавии ашёи бордошта аз давомнокии раванд дар ҳарорати 95°C ва консентрасияи кислота – 15% (расми 2б) омӯхта шудааст. Ҳангоми зиёд шудани вақти коркарди кислотагии ашё аз 30 то 60 дақиқа дарачаи ҷудошавии ҳамаи компонентҳо зиёд гардида, ба қимати максималӣ (бо %): V_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°C; давомнокии таҷзияи кислотагӣ – 60 дақ; ҳарорат - 95°C; консентрасияи кислотаи нитрат - 15-20 мас%; андозаи зарраи данбурит - 0.1 мм; миқдори кислотаи нитрат – 140% аз миқдори стехиометрӣ.

Бо таъсири кислотаи нитрат таҷзияшавии концентрати маъдани 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 – V_2O_5 ; 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 қорқард карда шуд. Бо баландшавии ҳарорат дараҷаи ҷудошавии компонентҳо аз таркиби маҳлул афзуда, дар ҳарорати 95°C (бо %): V_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 %): V_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.

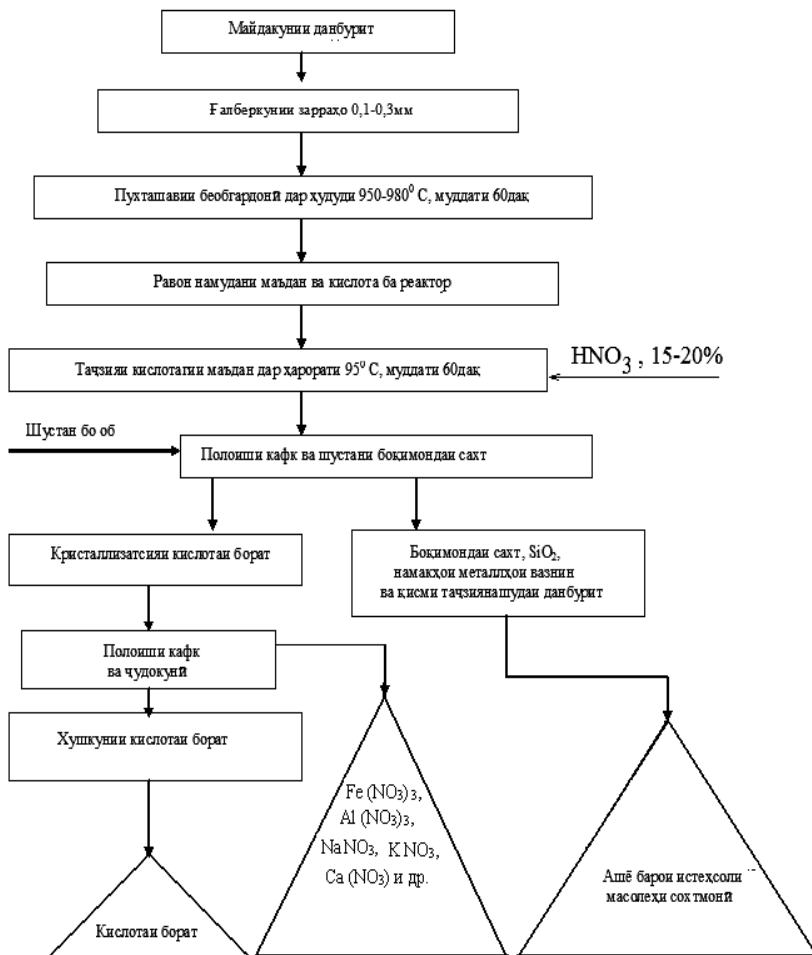
Натиҷаи таҳқиқи таъсири консентратсияи кислотаи нитрат ва андозагирии он нишон медиҳад, ки зиёдшавии консентратсия дараҷаи ҷудошавии маъданро амалан тағйир медиҳад. Муқаррар карда шудааст, ки консентратсияи оптималии кислота, ки ба массаи реаксионӣ ворид карда мешавад, ба ~15% баробар буда, дар баробари ин дараҷаи ҷудошавии қимати максималӣ қабул менамояд (бо %): V_2O_3 – 90,8; Al_2O_3 – 83,6; Fe_2O_3 – 96,5 ва CaO – 89,2 (расми 7в).

Барои таҷзияи консентрати тафсонидашудаи бордор шароитҳои оптималии зерин тавсия дода шуданд: давомнокии қорқарди 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 консентратсияи кислота – 12-15 мас%.

Кинетикаи бо таъсири кислотаи нитрат таҷзияшавии консентрати 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 принципиалии технологияи аз данбурити қони 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 қорқарди 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.



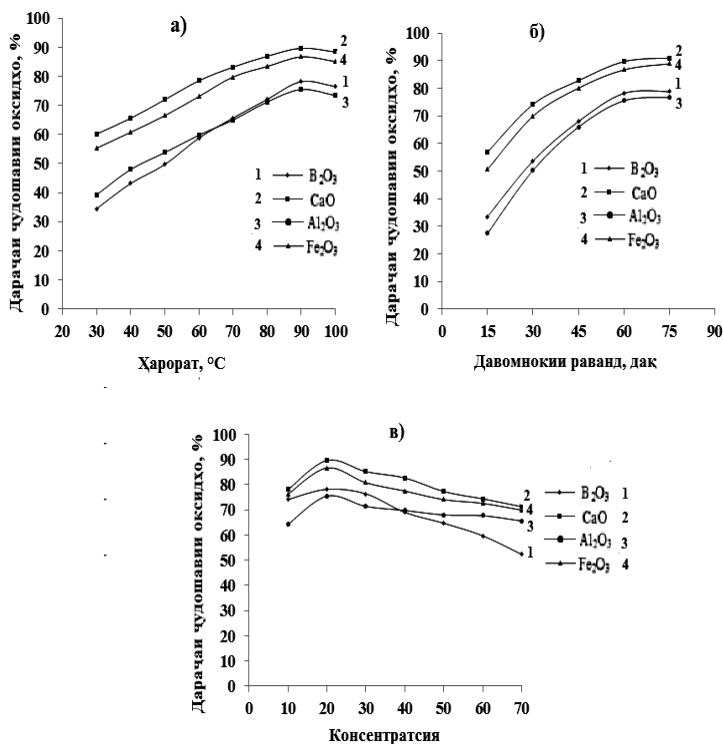
Расми 8 – Тарҳи принципалии технологияи аз данбуриг ибтидоӣ ва концентрати он бо таъсири кислотаи нитрат ҳосил кардани кислотаи борат.

Бо таъсири кислотаи атсетат таъзия намудани маъданҳои боросиликатӣ

Таъзияи маъданҳои боросиликагии ибтидоӣ ва тафсонидашуда бо таъсири кислотаи атсетат омӯхта шуд.

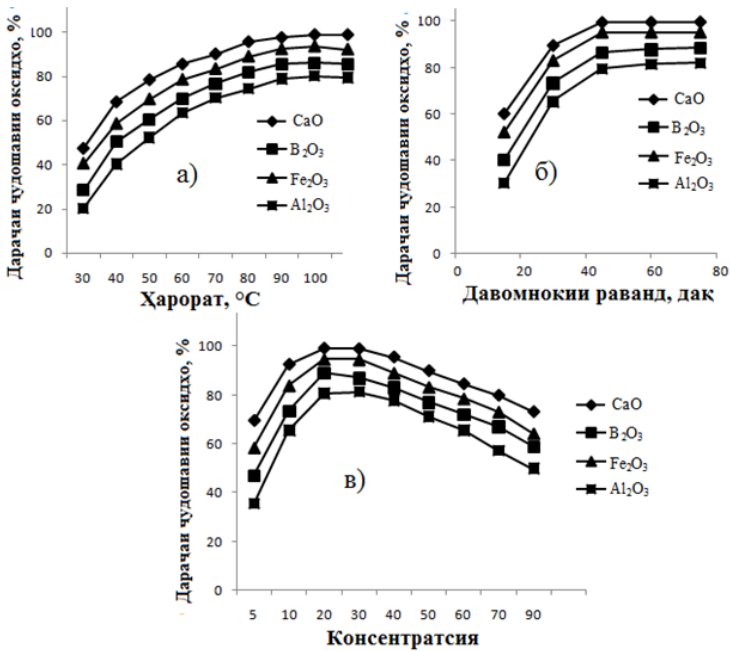
Дар расми 9 натиҷаи таъзияи маъдани боросиликагии тафсонидашуда бо таъсири кислотаи атсетат оварда шудааст.

Мувофиқи натиҷаҳои овардашудаи таҳқиқ дар асоси бо таъсири кислотаи атсетат таъзия кардани маъдани пешакӣ тафсонидашудаи бордошта ша-роитҳои зеринро тавсия кардан мумкин аст: давомнокии раванд – 60 дақ; да-вомнокии тафсонииш – 60 дақ; ҳарорати тафсонииш – 950-980°C; ҳарорати таъзия – 90°C; миқдори стехиометрии кислотаи атсетат - 140-150% ва кон-центратсияи кислота – 15-20 мас%. Дар мавриди бо кислотаи атсетат таъзия намудани ашёи хоми бордошта маъдани бордошта аз ҷиҳати химиявӣ бой гашта, ғашҳои балластӣ аз сикли технологӣ, тибқи аз маҳлул ҷудо кардани компонентҳои фойданок берун оварда мешаванд.

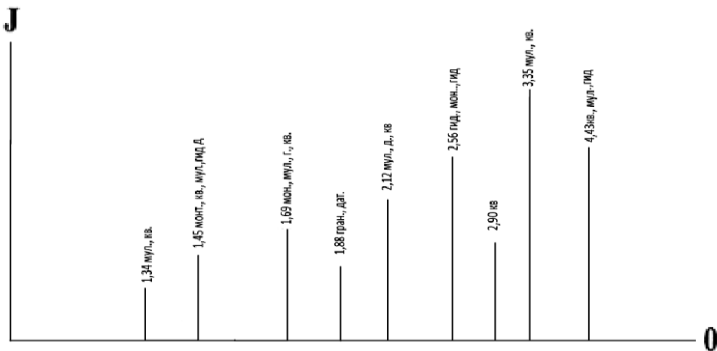


Расми 9 – Вобастагии дараҷаи аз таркиби маъдани тафсонидашудаи бордошта берункунони оксидҳои B_2O_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 ва CaO аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи CH_3COOH (андозаи зарраҳо < 0,1 мм; ҳарорат – 90°C; давомнокии раванд – 60 дақ).

Дар асоси натиҷаҳои таҳлили химиявӣ таҳқиқ гардида, муқаррар карда шуд, ки дар мавриди бо таъсири кислотаи атсетат таъзия намудан дараҷаи



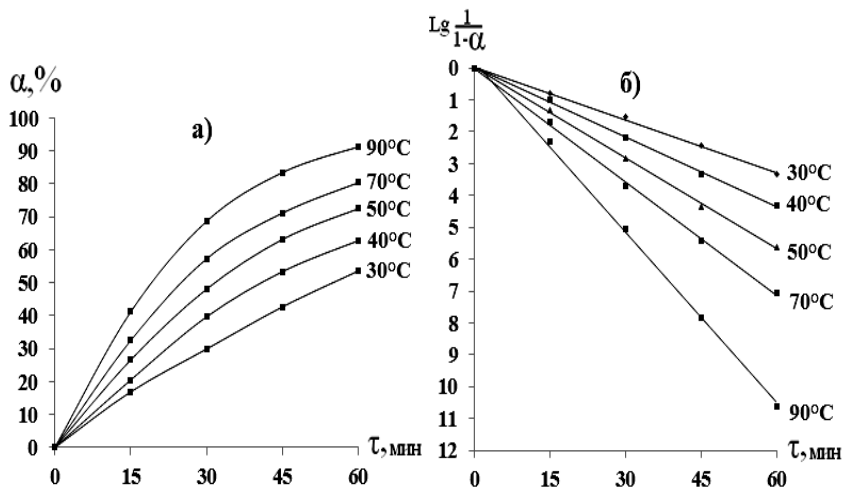
Расми 11 – вобастагии дарачаи ҷудокунии оксидҳои B₂O₃, Fe₂O₃, Al₂O₃ ва CaO аз таркиби концентрати маъдани бордошта аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи CH₃COOH (андозаи зарраҳо < 0,1 мм; ҳарорат – 100°C; давомнокии раванд – 45 дак).



Расми 12 - Штрих-диаграммаи боқимондаи концентрати бордошта баъди таҷзия бо таъсири кислотаи атсетат: кв – кварц, д – данбурит, дат – даголит, 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 кинетикии таҷзия (расми 13а) нишон медиҳад, ки дар фосилаи 60 дақ ва ҳарорати 90°C дараҷаи ихроҷи B_2O_3 90,1% ташкил медиҳад.

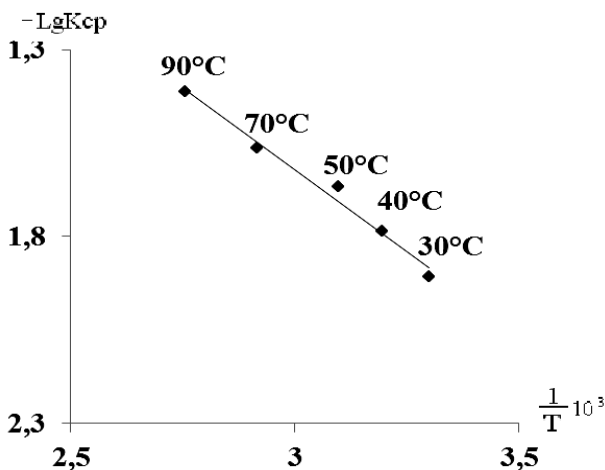
Константаҳои суръати таҷзияи концентрати тафсонидашудаи маъдани бордошта бо назардошти он, ки реаксияи таҷзия ба муодилаи тартиби якум ҷавобгӯ аст, ҳисоб карда шудаанд.

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

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

Ҷи тавре аз расми 14 бармеояд, нуктаҳо ба таври бозътимод дар ҳагги 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 фаъолшавӣ ва вобастагии суръати реаксия аз андозаи зарраҳо ва

давомнокии раванд дар аснои бо таъсири кислотаи атсетат таҷзияшавии кон-
центраги тафсонидашудаи маъдани бордошта шаҳодат медиҳад, ки он дар
минтақаи диффузионӣ сурат мегирад.



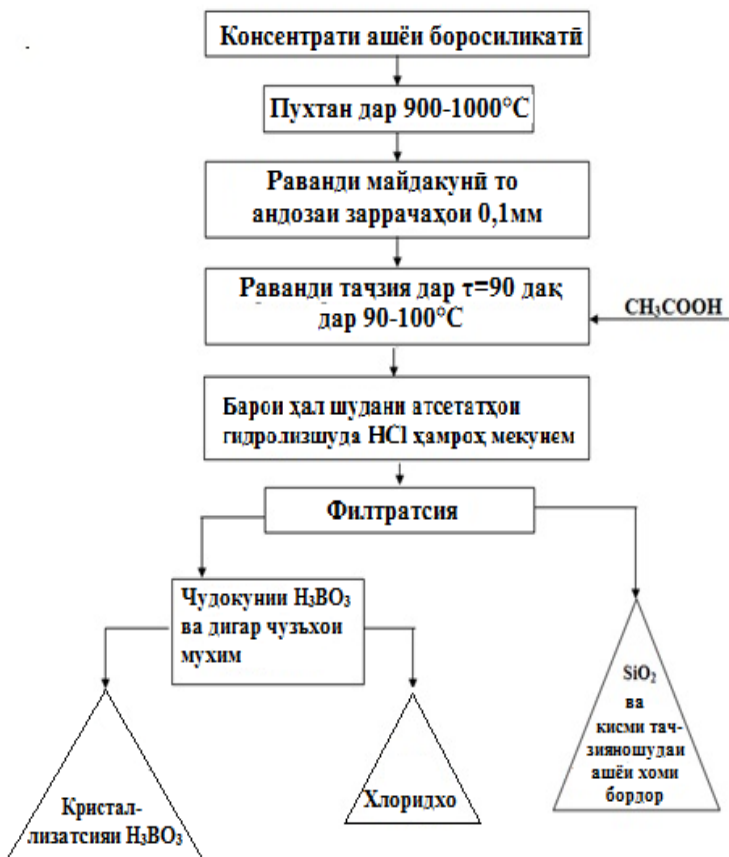
Расми 14 - Вобастагии $\lg K$ аз ҳарорати чаппаи мутлақ дар аснои бо кислотаи атсетат таҷзияшавии концентрати маъдани бордошта.

Коркарди тарҳи принсипиалии технологи истихроҷи маъданҳои бордошта бо таъсири кислотаи атсетат

Дар расми 15 тарҳи принсипиалии технологи 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 хушкони-дан 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.



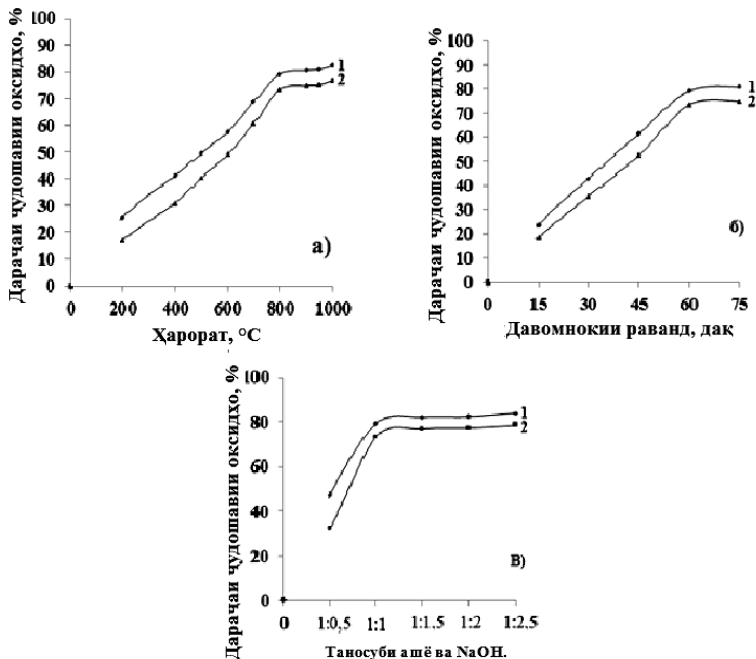
Расми 15 – Траҳи принципалии технологияи истихроҷи маъданҳои бордошта бо таъсири кислотаи атсетат.

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.



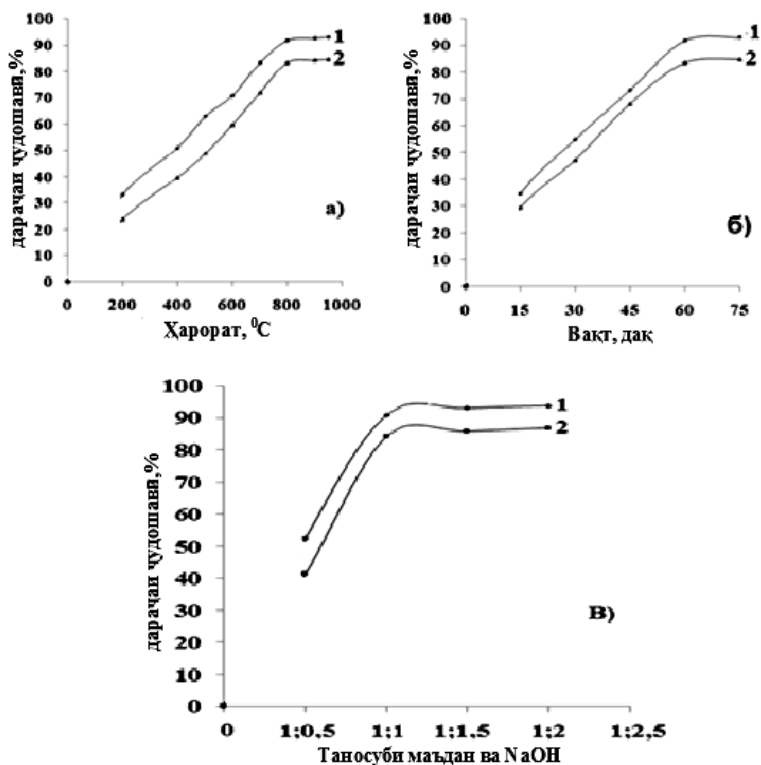
Расми 16 – Вобастагии дараҷаи истихроҷи оксидҳои B₂O₃ (1) ва Al₂O₃ (2) аз таркиби маъдани ибтидоии пӯхташудаи боросиликати аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) Таносуби ашё ва NaOH.

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

Дар расми 17 натиҷаи таҷзияи концентрати тафсонидашудаи маъдани боросиликати бо таъсири NaOH нишон дода шудааст. Ҷи 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°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 боросиликати дар иштироки NaOH омӯхта шуд. Энергияи фаъолгардонии ҳисобкардашудаи раванд ба 14,39 кҶ/мол баробар гардид, ки ин дар бораи дар худуди 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 фаългардони раванд ба 14,11 кҶ/мол баробар аст, ки ин дар хусуси дар ҳудуди диффузионӣ чараён гирифтани раванд шаҳодат медиҳад.



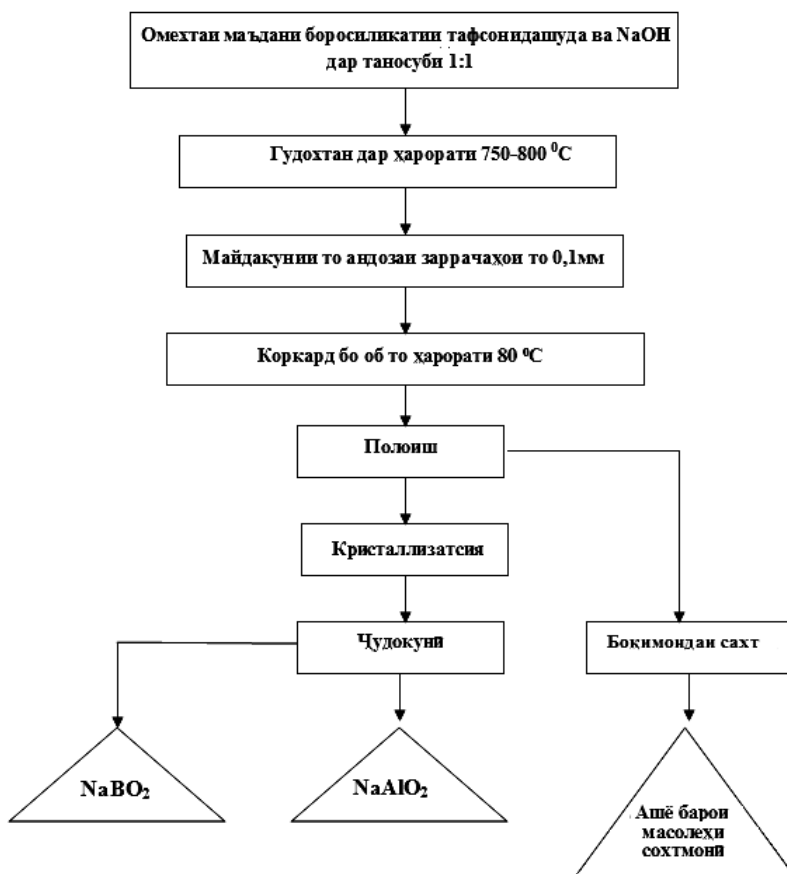
Расми 17 – Вобастагии дараҷаи истихроҷи оксидҳо аз таркиби концентрати тафсонидашудаи ашёи хоми бордошта аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) таносуби маъдан ва NaOH (1- B_2O_3 , 2 - Al_2O_3).

Коркарди тарҳи принсипиалии технологияи истихроҷи ашёи хоми бор бо усули гудозиши дар иштироки NaOH

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

Омехтаи маъдани пешакӣ тафсонидашудаи маъдани бор ва NaOH-ро дар таносуби 1:1 ба транспорттери 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 технологии истихроҷи ашёи хоми бор бо тарзи гудозиш дар иштироки NaOH.

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

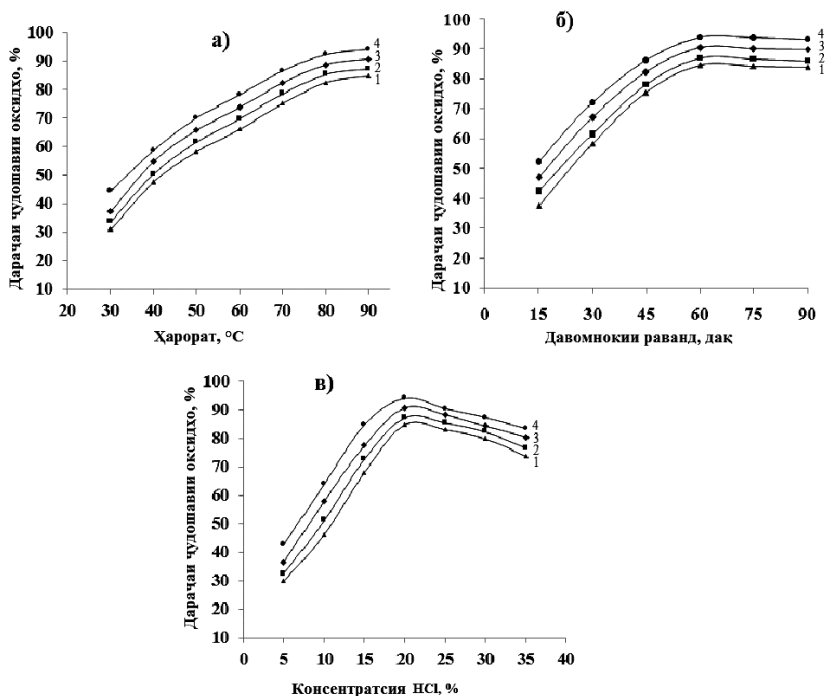
Ин равандро дар ҳарорати 80°C иҷро менамоянд, дар ин ҳолат компонентҳои фойданок ба маҳлул гузашта, дар тахшин миқдори зиёди кемнезём боқӣ мемонад, ки он коркарди маҳлулро бо усули кристаллизатсия ва чудокунии NaBO₂ и NaAlO₂-ро осон мегардонад.

Бояд кайд 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. Лойобае, ки дар маврид ҳосил мегардад ба нучт-филтр кашида мешавад, ки дар он ҷо фазаҳои моеъ ва сахт аз ҳам ҷудо мешаванд. Компонентҳои бор- ва алюминийдошта ба фазаи моеъ мегузаранд. Дарачаи 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 натиҷаҳои, ки дар рафти таҷзияи ашёи ибтидоии боросиликатӣ баъди бо хлориди калсий ғуштан 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 фаъолгардонии маъдан ба мақсад мувофиқ мебошад.

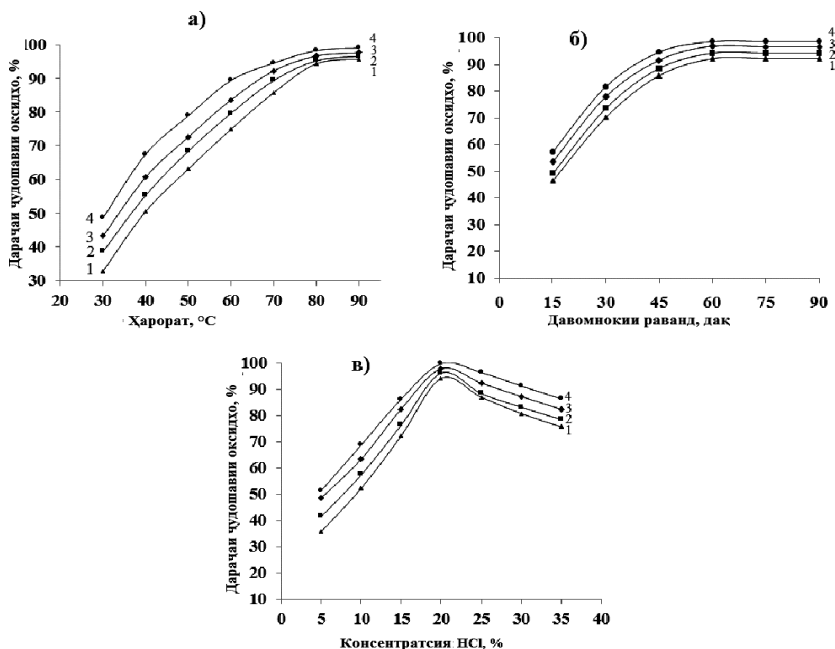


Расми 19 – Вобастагии дарачаи истихроҷи оксидҳо аз таркиби гудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ дар иштироки CaCl_2 аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи HCl (1 – B_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO ; 4 – Fe_2O_3).

Ба сифати фаълкунанда мо хлориди калсий ва ангишти фаълро истифода намудем. Дар аснои дар иштироки хлориди калсий, ангишт ва оксигени ҳаво пухтани маъдани боросиликатӣ вайроншавии конструкцияҳои дохилии таъягоҳии 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 термикии омехтаи маъдани боросиликатӣ дар иштироки хлориди калсий ва ангишти фаъл дар ҳарорати 800-850°C гузаронда шуд.

Баъди коркарди термикии намунаи гудохташудаи бадастомадаро дар ҳарорати 80°C муддати 1 соат барои аз маҳлул берун соختани 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) консентратсияи HCl (1 – B_2O_3 ; 2 – Al_2O_3 ; 3 – CaO; 4 – Fe_2O_3).

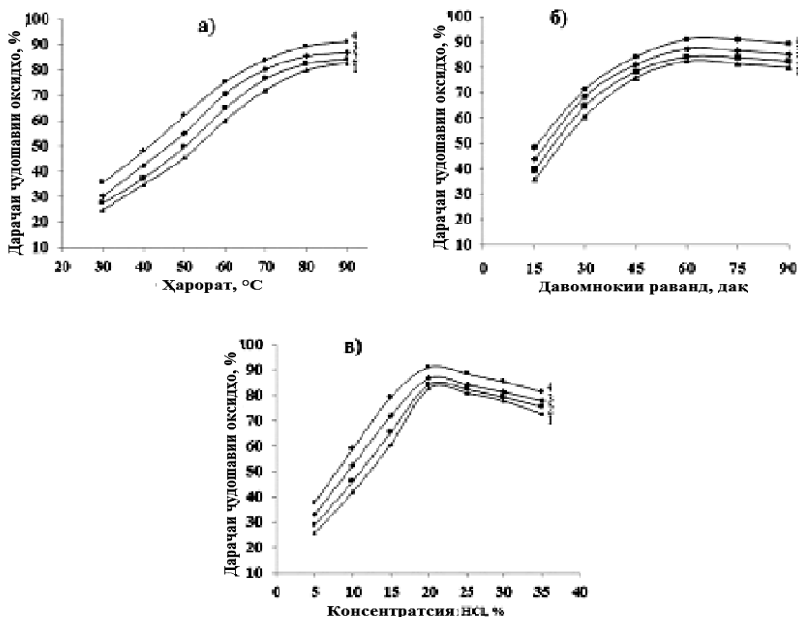
Мувофиқи таҷрибаҳои гузаронидашуда ва натиҷаҳои ба дастмада чунин шароитҳои нисбатан самарабахши таъзияи концентратҳои маъдани боросиликатӣ ҳангоми гудозиш бо хлориди калсийро тавсия дода мумкин аст: ҳарорати гудозиш 900-950°C, давомнокии раванди гудозиш 90 дақиқа, таносуби массавии маъдан нисбат ба $\text{CaCl}_2 = 1:2$. 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 пешазэкспоненсиали - (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 гудозиши дар иштироки NaCl

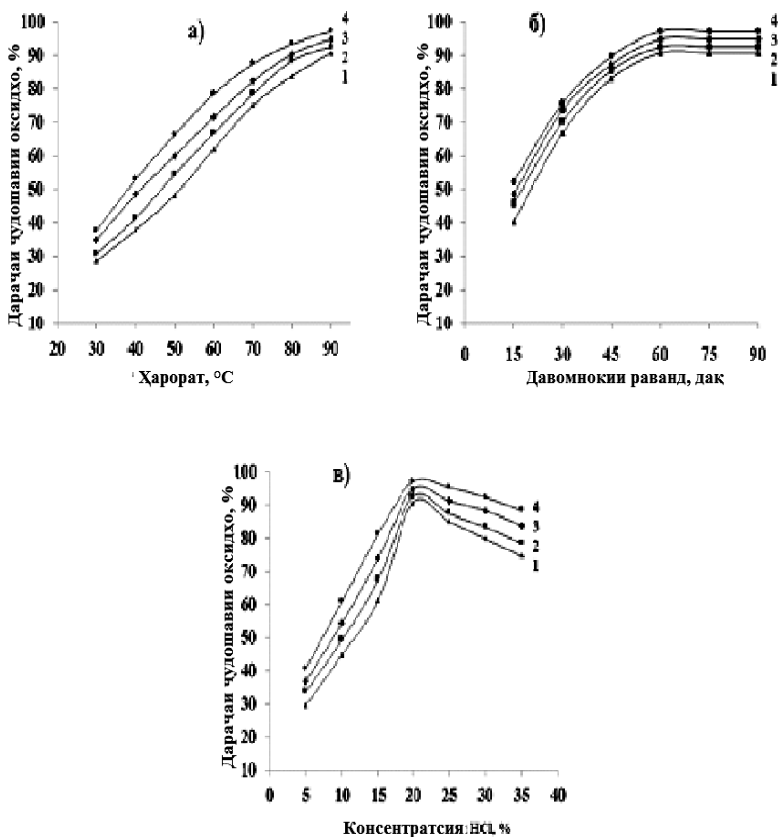
Дар қори диссертатсионӣ ҳамчунин истихроҷи маъдани ибтидоӣ ва концентрати боросиликатӣ бо методи гудозиш дар иштироки NaCl омӯхта шудааст.



Расми 21 – Вобастагии дарраҷаи аз гудохтаи маъдани ибтидоӣ ва концентрати боросиликатӣ дар иштироки NaCl истихроҷ намудани оксидҳо аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) консентратсияи 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 ғудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ бо хлориди натрий дар расми 21 оварда шудааст.

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



Расми 22 - Вобастагии дараҷаи аз ғудохтаи консентрати маъдани боросиликатӣ дар иштироки NaCl истихроҷ намудани оксидҳо аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи HCl (1 – B₂O₃; 2 – Al₂O₃; 3 – CaO; 4 – Fe₂O₃).

Дар рафти гузаронидани таҷрибаҳои эксперименталӣ барои раванди бо кислотаи хлорид коркард намудани ғудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ ва консентраи он дар иштироки NaCl шароитҳои рағсионалии гузаро-

нидани раванд ёфта шудаанд: ҳарорати гудозиш 800-850°C, ҳарорати таҷзияи кислотагӣ – 90°C; вақти гузариши раванд – 1 соат; дар чунин шароитҳо истихроҷи компонентҳои фойданок аз таркиби ғудохтаи маъдани 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 ғайбшавии эҳтимолии раванди бо кислотаи хлорид таҷзияшавии ғудохтаи маъдани ибтидоии боросиликатӣ ва NaCl муқаррар карда шуд, ки он ба 27,0 кҶ/мол баробар мебошад.

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

Тарҳи принсипиалии технологияи истихроҷи маъдани боросиликатӣ бо методи гудозиши дар иштироки 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.

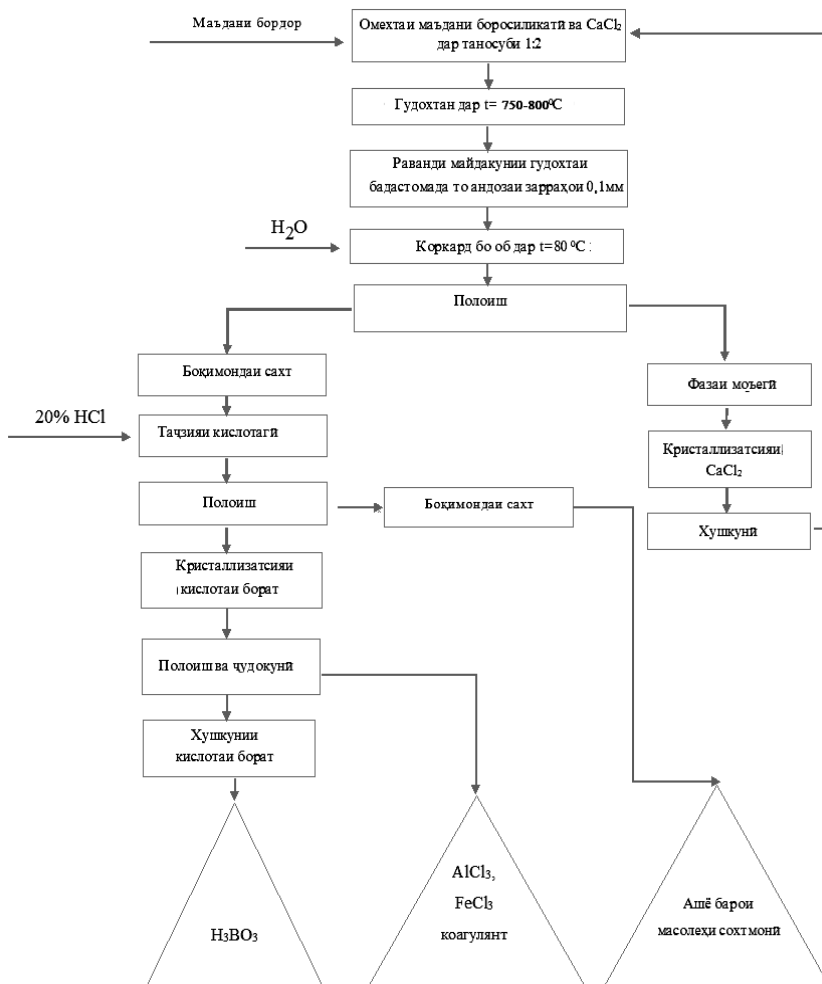
Тарзи истихроҷи комплекси бо хлоридҳои CaCl₂ ва NaCl ғудохтани маъдани боросиликатӣ зианаҳои асосии зеринро дар бар мегирад:

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

Дар расми 23 тарҳи принсипиалии 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. Ғудохтаи 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 лойбаи ба дастомадаро филтр карда бо маҳлули 20% кислотаи хлорид коркард менамоянд. Дар натиҷа маҳлули кислотаи хлориддошта ҳосил мегардад, ки аз он методи кристаллизатсионӣ кислотаи борат ҷудо карда, сипас маҳлули ҳосилшуда филтронӣ ва хушк карда мешавад. Маҳсулоти иловагии фойданок дар тарҳи технологияи додашуда хлоридҳои алюминий

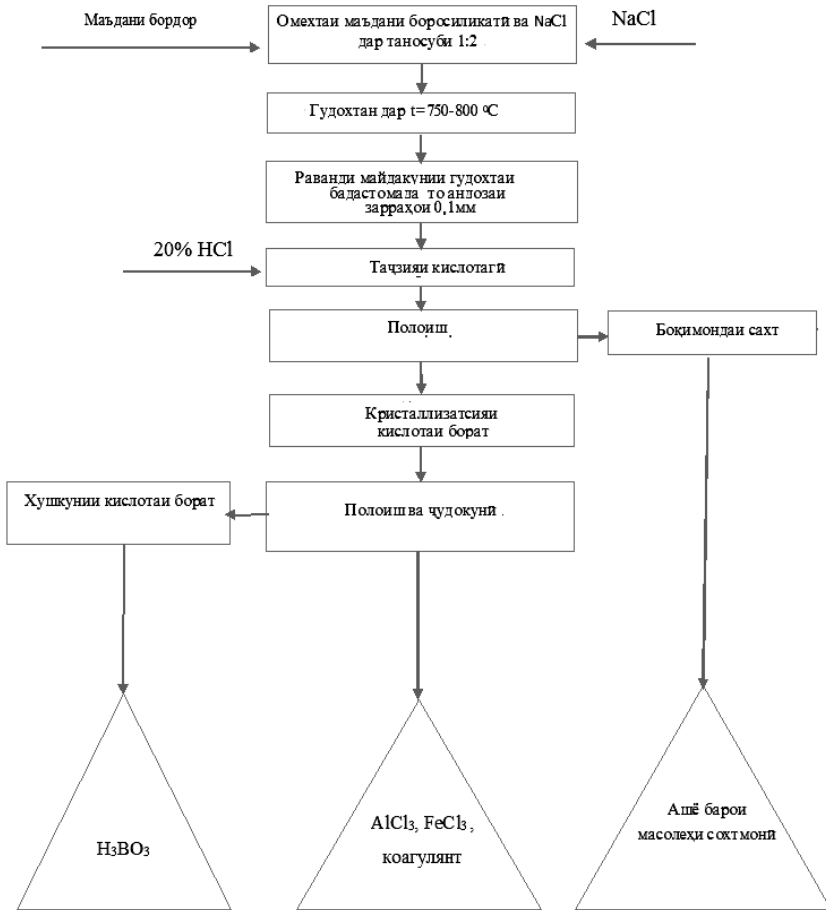
ний, охан ва калсий мебошанд. Минералҳои таҷзиянашуда - кварц, калсит ва дигарҳоро ба сифати ашёи сохтмонӣ истифода бурдан мумкин аст.



Расми 23 – Тарҳи принципалии технологияи истихроҷи маъданҳои боросиликати бо усули гудозиш дар иштироки хлориди калсий.

*Тарҳи принципалии технологияи истихроҷи маъданҳои боросиликатӣ бо
методи гудоҳии дар иштироки хлориди натрий*

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



Расми 24 – Тарҳи принципалии технологияи истихроҷи маъдани боросиликатӣ бо методи гудоҳиз дар иштироки хлориди натрий.

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 коагулянтсиякунандагӣ дошта коагулянтҳои самарабахш ба шумор меравад.

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

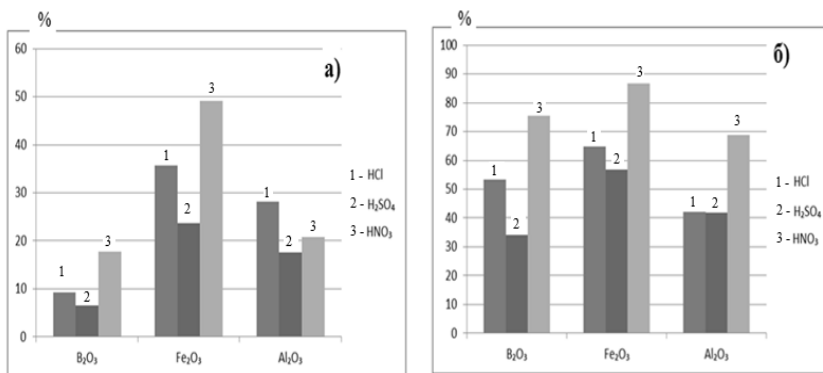
МУҲОКИМАИ НАТИҶАҲО

Дар кори илмӣ 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, консентратсияи 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 фойдаовар ёфта, барои таҷзияи кислотаи нисбатан муносибтар интиҳоб карда шавад.

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

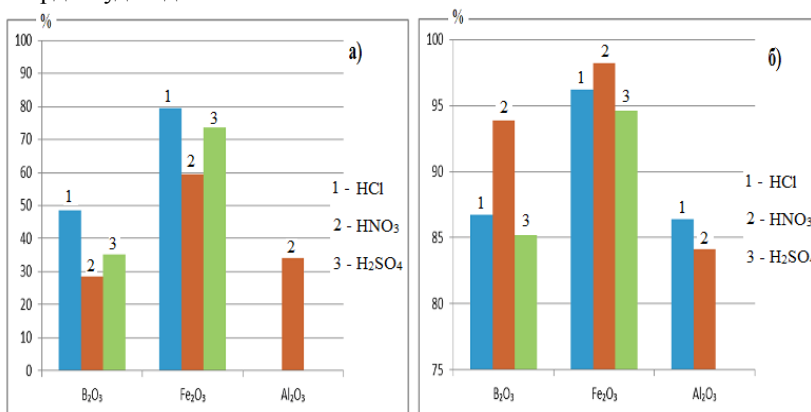
Дар аксар равандҳои таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ суръати ишқорнокунӣ бо муодилаи тартиби якум тавсиф карда мешавад. Энергияи фаъолгардонии бо муодилаи Аррениус муқаррар карда шуд. Нишон дода шуд, ки таҷзияшавӣ дар ҳудудҳои кинетикӣ ва ё диффузионӣ мегузарад.



Расми 25– Истихроҷи компонентҳои фойданок аз таркиби маъданҳои боросиликатӣ: а) маъдани ибтидоӣ; б) маъдани ибтидоии тафсонидашуда.

Дар чадвали 6 натиҷаи бо таъсири кислотаҳо таҷзияшавии маъдани боросиликатӣ дар параметрҳои оптималӣ нишон дода шудааст. Ҷи тавре аз чадвали 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 мавриди маъдани борпешакӣ дар ҳарорати 950°C аз коркарди термикӣ гузаронида шуд.

Дар чадвали 6 ва расмҳои 25 ва 26 натиҷаҳои эксперименталии бо таъсири кислотаҳои минералӣ – HCl, H₂SO₄, HNO₃, ҳамчунин кислотаи атсетат таҷзияшавии маъданҳои боросиликатӣ ба дастовардашуда ба система дароварда шудаанд.



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

Ҷи тавре ки аз чадвали 6 аён аст, аз ҳама кислотаҳои мувофиқтар HNO₃ ва CH₃COOH ба шумор меравад. Дар параметрҳои оптималии таҷзия: ҳарорати 90°C, давомнокии раванд 60 дақ. дараҷаи ҷудошавии B₂O₃ ҳангоми коркарди концентрати тафсонидашудаи маъдани боросиликатӣ зиёда аз 90%-ро ташкил медиҳад.

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

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

Чадвали 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

Чи тавре ки пештар ишора шуд, хангоми хангоми таҷзияи маъдани боросиликати B_2O_3 – 10,4% дошта бо $NaOH$ параметрҳои оптималии зерин: ҳарорати гудозиш $800^{\circ}C$; 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 иштироки хлориди калсий ва ангишт дар ҳарорати $800-850^{\circ}C$ гузаронида шуд. Баъди коркарди термикии гудохта он барои аз маҳлул дур сохтани миқдори изофаи $CaCl_2$ обшӯй карда шуд. Сипас лойоба филтр ва бо маҳлули 20% кислотаи хлорид коркард гардид.

Баъди гузаронидани таҷрибаҳо аз тарафи мо шароитҳои зерини самрабахши таҷзияи концентрати ашёи боросиликатӣ дар мавриди бо хлориди калсий гудоختани он тавсия дода шуд: ҳарорати гудозиш – $900-950^{\circ}C$; давомнокии гудозиш – 80 дақиқа; таносуби массавии маъдан ва $CaCl_2$ 1:2.

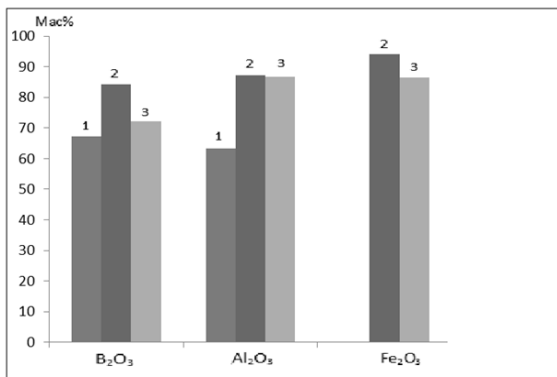
Баъди гудозиш ва бо обу кислота коркард намудан шароитҳои оптималии зерин барои ҷудо кардани компонентҳои фойданоки ашёи ибтидоии бордошта ва концентрати он пшниход шуданд: ҳарорат – $90^{\circ}C$; давомнокии раванд – 60 дақиқа; консентрасияи кислотаи хлорид – 20%.

Ҳамин тариқ, дараҷаи аз таркиби гудохта дар иштироки ашӣи ибтидоӣ ва $CaCl_2$ ихроҷшавии оксидҳои (бо %): B_2O_3 – 84,3; Al_2O_3 – 87,3; Fe_2O_3 – 94,1 ташкил дод. Барои гудохта дар иштироки концентрати ашёи бордошта ва $CaCl_2$ он (бо %): B_2O_3 – 93,2; Al_2O_3 – 95,3; Fe_2O_3 – 98,6 ташкил медиҳад.

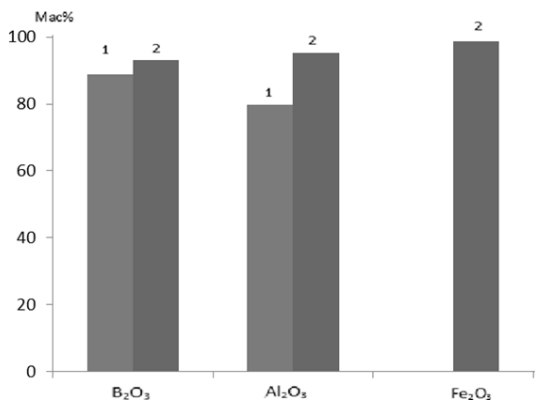
Дар ҷадвали 7 ва расмҳои 27 ва 28 натиҷаҳои бадаст омада оиди гудоختани маъдани боросиликатӣ бо реагентҳои гуногун ба система дароварда шудааст

Ҷадвали 7 – Гудозиши маъдани боросиликатӣ бо таъсири реагентҳои гуногун

Реагентҳо	Маъдани ибтидоии боросиликатӣ			Маъдани тафсонидашудаи боросиликатӣ		Концентрати ашёи боросиликатӣ			Концентрати тафсонидашудаи ашёи боросиликатӣ	
	Al_2O_3	Fe_2O_3	B_2O_3	Al_2O_3	B_2O_3	Al_2O_3	Fe_2O_3	B_2O_3	Al_2O_3	B_2O_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 – Истихрочи кмпонентҳои фойданок аз таркиби маъдани ибтидоии боросиликати бо методи гудозиш (1 – NaOH, 2 – CaCl₂, 3 – NaNO₃).



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

Чи тавре ки аз ҷадвали 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 сағхи модда ҷой дошта бошад. Аз қимати энергияи ғаёлошавии таҷзияи маъдани боросиликатӣ бар меояд, ки дар мавриди бо таъсири кислотаи нитрат гузаштани он қимати адабии энергияи ғаёлошавӣ нисбат ба консентрати маъдан баландтар мебошад, ки мувофиқи қонуният аст.

Дар раванди бо таъсири кислотаҳои хлорид ва сулфат таҷзияшавии маъдан қимати энергияи ғаёлошавии маъдани ибтидоии боросиликаӣ нисбат ба консентрати маъдани бордошта кам мешавад. Дар ин ҷо, эҳтимоли тафсонии пешакии маъдани ибтидоӣ нақш дорад.

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

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

Барои раванди гудозиш истифода шудани CaCl_2 ва NaOH имкон медиҳад, ки баромади маҳсули фиданок бештар гардад.

ХУЛОСАҲО

Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия:

1. Тақриби минералӣ ва химиявии маъдани боросиликати кони Ак-Архари Тоҷикистон бо методҳои рентгенофазӣ, таҳлили дифференциалӣ-терминалӣ ва химиявӣ муқаррар карда шуд. Хосиятҳои физикӣ-химиявии 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 ошқор 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 консентрати 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 ҷараён мегирад, ки аз ин хусус энергияи эҳтимолии

фаълшавии 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 фаълшавии 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 принсипиалии технологияи бо кислотаи атсетат истихроҷ кардани маъдани бордоштаи кони Ак-Арҳари Тоҷикистон бо ба даст овардани маҳсулоти бор коркард гардид, ки он зинаҳои зеринро дар бар мегирад: тафсониш дар ҳарорати 950°C, майдакунӣ 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 тафсониш - 800-850°C, давомнокии раванди тафсониш – 1 соат, таносуби массавии маъдан ба NaOH – 1:1. Дар ин маврид истихроҷи B₂O₃ ба 79,58% баробар аст;

барои концентрати маъдан: ҳаракат - 950°C, давомнокии коркарди NaOH – 1 соат, таносуби NaOH: ашё – 2:1. Дар чунин шароит дарчаи истихроҷи B₂O₃ аз 88% зиёд мебошад;

барои концентрати тафсонидашуда: ҳарорат - 750-800°C, давомнокии коркард бо NaOH – 1 соат, таносуби массавии маъдан нисбат ба NaOH 1:1. Дар ин ҳолат 91,58% B₂O₃ 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 иштироки гидроксиди натрий таҳқиқ карда шуд. Он нишон дод, ки раван дар ҳудуди диффузионӣ мегузарад. [2,5,9,19,25,26-М].

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

10. Параметрҳои оптималии гудозиши маъдани итидоӣ ва концентрати боросиликатӣ бо истифода CaCl₂ ва NaCl ёфта, параметрҳои оптималии раванди гудозиш ва коркарди минбаъдаи кислотагии он дар параметрҳои опти-

малии 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 ои ба истихроҷи маъдани боросиликаӣ ва концентратҳои он бо таъсири CaCl_2 таҳқиқ гардида, қиматҳои адабии энергияи фаългардонӣ 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 иштироки реагентҳои дар алоҳидагӣ калсий ва натрийдошта, ки зинаҳои зеринро дар бар мегирад, қор карда баромада шуд: гудозиш дар ҳарорати 800-850°C, ишқорноккунии обӣ-кислотагӣ баъди раванди гудозиш, филтронии лойоа, ҷудокунии ва кристаллизатсияи компонентҳои ғоиданок [2,42,43-М].

Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо:

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

- инчунин технологияи таҳияшуда барои қоркарди 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 ҷимоякунанда аз нейтронҳо истифода мешавад, таҳия ва тавсия дода мешавад.

- таҷзияи ашёи боросиликатӣ бо истифода аз кислотаи сирко тавсия дода 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 қауғулиантҳои омехта дар тозакунии оби нушқӣ истифода мешаванд, нишон дода шудааст.

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ АЗ РӢИИ МАВЗӢИ ДИССЕРТАТСИЯ

Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ тавсиянамудаи КОА-и назди

Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон навиришуда:

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

[35-М]. Давлатов, Д.О. Исследование водной обработки спекса при совместной переработке боро- и алюмосиликатной руды с сульфатом натрия / Д.О. Давлатов, Ш.Б. Назаров, А.С. Курбонov, У.М. Мирsaidov // 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. Курбонov, М.М. Тагоев, А.М. Нейматов, М. Маджидов, У.М. Мирsaidov // 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. Курбонov**, У.Х. Усмонова, У.М. Мирsaidov // Известия АН Республики Таджикистан. – 2020. -№2(179). –С.76-80

*Мақолаҳои дар маводи конфронсиҳои илмӣ, симпозиумҳо
ва семинарҳо нашрирӯда:*

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

[39-М]. **Курбонov, А.С.** Разложение данбурита выщелачиванием азотной кислотой / А.С. Курбонov, 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. Курбонov**, Ф. Кувватов // Республиканская научно-практическая конференция «Роль образования и науки в учении и воспитании молодого поколения». –Курган-Тюбе, 2010. –С. 271-273.

[41-М]. **Курбонov, А.С.** Азотнокислотное разложение обожжённого данбуритового концентрата Ак-Архар Таджикистана / А.С. Курбонov, 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** // Донишгоҳи 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.** Уксуснокислотное разложение 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 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-М]. 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-М]. 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.

АННОТАТСИЯ

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

Калимаҳои калидӣ: маъдани ибтидоии боросиликатӣ, ганигардонидашуда, данбурит, тачзия бо кислотаи сирко, тачзия бо кислотаи нитрат, ишқоронӣ, энергияи фаъолшавӣ, раванди гудозиш, гидроксиди натрий, тачзия бо кислотаи хлорид, дараҷаи ҷудошавӣ, нақшаи технологияӣ, реагентҳои натрий ва калсийдошта, таҳлили дифференциал-термикӣ ва рентгенофазавӣ

Объекти таҳқиқот. Объекти таҳқиқот ин бо роҳи кислотাগӣ ва гудозиш тачзия намудани маъдани боросиликати кони Ак- Архари Тоҷикистон бо мақсади ба даст овардани маҳсулотҳои бордор ва дигар ҷузъҳои фойданок мебошад. Таҳқиқоти физикавӣ химиявӣ ашёи хом ва маҳсули коркарди он бо истифода аз усулҳо ва таҷҳизотҳои муосир: таҳлили рентгенофазавӣ (ТРФ), таҳлили ҳароратии дифференциалӣ (ТХД) ва дигар усулҳо санҷида шуданд. Инчунин усулҳои химиявӣ таҳлил, ба монанди комплексометрия, аргентометрия, перманганометрия низ истифода шуданд. Таҳлили термодинамикии реаксияҳо, ки хангоми тачзияи маъдани боросиликатӣ бо усули кислотাগӣ ва хангоми гудозиш мегузаранд, тартиб дода шуд.

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

Натиҷаҳои ҳосилшуда ва навоғииҳои 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 тачзияи 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 пайваستاгҳои 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 нуриҳои комплексӣ дар хочгии кишлоқ истифода мешавад, тавсия дода мешавад.

- усули ба даст овардани шишаи бордор аз маъдани боросиликатӣ, ки дар соҳаи бехатарияндӯӣ, ҳамчун маводи ҳимоякунанда аз нейтронҳои истифода мешавад, таҳия ва тавсия дода мешавад.

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

- тачзияи 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 каугулянтҳои омехта дар тозакунии оби нушоқӣ истифода мешаванд, нишон дода шудааст.

Соҳаи истифодабарӣ: саноати химиявӣ.

АННОТАЦИЯ

к диссертации Курбонова Амиршо Сохибазаровича на тему: «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. Исследование влияния различных технологических параметров на степень извлечения полезных компонентов. Использована 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 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, 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.

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 on the tohik: “Technological basis of the processing of borosilicate ores by acid and sintering methods” submitted for the degree of Doctor of Chemical Sciences in the specialty 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, equipment 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. Study of the influence of various technological parameters on the degree of extraction of useful components. The modern physicochemical methods for studying raw materials and products of its processing were used - X-ray phase analysis (XRF), differential thermal analysis (DTA), flame photometry (PMF), and other methods. The chemical methods of analysis were also used, such as complexometry, argentometry, permanganometry. The thermodynamic analysis of the reactions taking place during acid decomposition of borosilicate ores and their sintering has been carried out.

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 and 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 and potassium, sodium and calcium nitrates, which are used as complex fertilizers in agriculture;ϕ
- 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;
- 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 use of various calcium and sodium-containing reagents;

Ба чоп 01.05.2021 ичозат дода шуд. Андозаи 60x84^{1/16}.
Коғази офсет. Чопи офсет. Гарнитураи Times New Roman Tj.
Чузъи чопии шартӣ 6,5.
Теъдоди нашр 100 нусха. Супориши № 135.

ЧДММ “ЭР-граф”.
734036, ш. Душанбе, кӯчаи Р. Набиев, 218.
Тел: (+992 37) 227-39-92. E-mail: rgraph.tj@gmail.com