

На правах рукописи



ЯКУБОВ Зарифджон Толибджонович

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УКСУСНОКИСЛОТНОГО
РАЗЛОЖЕНИЯ БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД**

05.17.01 – технология неорганических веществ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата химических наук

Душанбе – 2017

Диссертация выполнена в лаборатории комплексной переработки минерального сырья и отходов Института химии им.В.И.Никитина АН Республики Таджикистан

- Научный руководитель:** **Курбонов Амиршо Сохибназарович**
кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексной переработки руды и отходов Института химии им. В.И. Никитина АН РТ
- Научный консультант:** **Назаров Шамс Бароталиевич**
доктор химических наук, заведующий лабораторией комплексной переработки руды и отходов Института химии им. В.И. Никитина АН РТ
- Официальные оппоненты:** **Рузиев Джура Рахимназарович**
доктор технических наук, профессор кафедры прикладной химии ТНУ
Мирзоев Баходур
кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела науки и инновации филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе
- Ведущая организация:** Кафедра общей и неорганической химии Таджикского технического университета им. М.С. Осими

Защита состоится «14» марта 2018 г. в 9-00 часов на заседании диссертационного совета 6D.КOA-007 при Институте химии им.В.И. Никитина АН Республики Таджикистан 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 « _____ » _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Обидов З.Р.

**Автор выражает искреннюю благодарность
научному консультанту работы – академику
Академии наук Республики Таджикистан
У.М. Мирсаидову за ценные советы и внимание,
проявленное к настоящей работе.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие промышленного потенциала Республики Таджикистан и его темпы тесно связаны с ростом потребностей материально-сырьевых ресурсов, в частности, сырья для производства алюминия и бора. Борные продукты широко используются в машиностроительной, авиационной, медицинской и других отраслях промышленности, в сельском хозяйстве.

Производство продуктов и соединений на его основе из боратных руд предполагает разработку принципиально новых технологических способов, так как эффективная переработка боратных руд с большим содержанием силикатов щелочным и хлорным способами не эффективна.

Разработка рациональной технологии переработки высокосиликатного борного сырья, предусматривающая его разложение с извлечением полезных составляющих и отделение кремнезёмистого остатка, представляется весьма важной, что и предопределило постановку данного исследования.

Комплексное использование боратных руд позволит значительно расширить сырьевую базу республики, ликвидировать в среднеазиатском регионе имеющийся дефицит таких ценных продуктов, как ангидрида бора, борных удобрений, пербората натрия, бора для эмалей, энергоёмких веществ, карбида и нитрата бора и др. Разработка эффективных кислотных способов переработки боратных руд значительно расширит сырьевую базу для производства борных соединений.

Цель работы заключается в разработке технологии получения борных соединений из боросиликатных руд месторождений Таджикистана кислотными способами.

В соответствии с поставленной целью, в диссертационной работе решены следующие **задачи**:

- изучены физические и химические свойства боросиликатных руд;
- определены термодинамические характеристики протекающих реакций при разложении боросиликатных руд уксусной кислотой;
- с помощью РФА, ДТА и химического анализа исследованы исходные вещества, полупродукты и конечные продукты;
- определены наиболее рациональные параметры уксуснокислотного разложения боросиликатных руд;
- исследовано уксуснокислотное разложение борного сырья и его концентрата;
- изучена кинетика процессов уксуснокислотного разложения;
- разработаны принципиальные технологические схемы переработки борного сырья и его концентрата уксуснокислотным методом;
- дана сравнительная оценка кислотного, хлорного и щелочного разложения борного сырья.

Научная новизна. Разработаны новые способы технологии переработки боросиликатных руд и их концентратов уксуснокислотным методом разложения. Исследована кинетика уксуснокислотного разложения борной руды

и её концентрата. Используя полученные кинетические данные, установлен механизм протекания процесса уксуснокислотного разложения и разработана принципиальная технологическая схема переработки боросиликатных руд.

Практическая ценность работы.

- Разработан способ уксуснокислотного разложения переработки боросиликатных руд с получением соединений бора, железа и алюминия.

- Разработана принципиальная технологическая схема переработки боросиликатного сырья уксуснокислотным способом.

На защиту выносятся:

- Результаты исследования уксуснокислотного разложения боросиликатных руд Ак-Архарского месторождения Таджикистана.

- Результаты уксуснокислотного разложения боросиликатного концентрата.

- Кинетика извлечения полезных компонентов из состава боросиликатных руд.

- Результаты исследования физико-химических свойств сырья и продуктов его разложения химическим, рентгенофазовым и дифференциально-термическим методами.

- Разработка принципиальной технологической схемы переработки боросиликатных руд ацетатным методом.

Обоснованность и достоверность научных исследований, выводов и рекомендаций.

Апробация работы. Основные результаты работы обсуждались на: республиканской научно-практической конференции «XII Нумановские чтения» (Душанбе, 2015), республиканской научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития органической химии в республике Таджикистан» (Душанбе, 2015), Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан» (Душанбе, 2016); VII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования (Душанбе, 2016).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 8 статей в рецензируемых журналах, которые входят в перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан, и 4 публикации в материалах международных, республиканских научно-практических конференций, получен 1 патент Республики Таджикистан на изобретение.

Вклад автора заключается в подборе и анализе научной литературы по теме диссертации, постановке задачи исследования, определении путей и методов их решения, получении и обработке большинства экспериментальных данных, анализе и обобщении результатов экспериментов, формулировке основных выводов и положений диссертации.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов. Изложена на 105 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 27 рисунками и содержит 14 таблиц. Список литературы включает 125 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, отражена научная и практическая ее значимость.

В первой главе рассматриваются имеющиеся в литературе данные о путях и способах переработки борсодержащего сырья, и других полезных компонентов. На основании этого намечены направления собственных исследований.

Во второй главе приведены химические и минералогические составы боросиликатных руд месторождения Ак-Архар и методика определения используемого сырья, а также методика физико-химических анализов, определены минералогические составы боросиликатных руд, концентрата месторождения Ак-Архара и выявлены с помощью дериватограмм изменения процессов в составе руды и концентрата.

В третьей главе изучены физико-химические и технологические основы переработки боросиликатных руд и их концентратов уксуснокислотным способом, а также разработана принципиальная технологическая схема разложения боросиликатных руд и их концентрата уксусной кислотой.

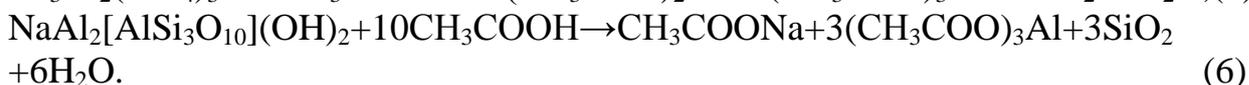
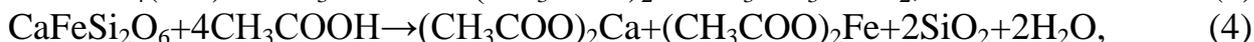
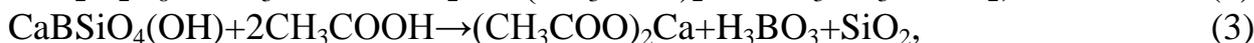
В четвертой главе приведена сравнительная оценка разложения боросиликатных руд уксусной кислотой и другими реагентами.

1. Физико-химические основы разложения боросиликатных руд уксусной кислотой

1.1. Термодинамические характеристики реакций, протекающих при разложении боросиликатных руд уксусной кислотой

Основными рудообразующими минералами боросиликатных руд месторождения Ак-Архар являются: данбурит - $\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, датолит - $2\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, пироксены (геденбергит) - $\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot 2\text{SiO}_2$, гранат - $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$, кальцит - CaCO_3 , и в меньшей мере присутствует гидроборатит - $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (или $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Пустая порода представлена гипсом - $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, глинистыми минералами (гидрослюда - $(\text{Na})\text{Al}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}[(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$).

При разложении минералов, входящих в состав боросиликатных руд, возможно протекание следующих реакций:



На основе изменения энтальпии и энтропии реакций (1-6) были рассчитаны изменения энергии Гиббса в интервале температур 298-368 К.

Как видно из таблицы 1 и рисунка 1, первая реакция, которая протекает с увеличением энтропии ($\Delta S > 0$), с повышением температуры отмечается увеличение 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.

Таблица 1 - Изменения энергии Гиббса (ΔG^0_T , кДж/моль) при различных температурах

№ реакции	ΔG^0_{298}	ΔG^0_{308}	ΔG^0_{318}	ΔG^0_{328}	ΔG^0_{338}	ΔG^0_{348}	ΔG^0_{358}	ΔG^0_{368}
1	-55,92	-57,27	-58,63	-59,98	-61,33	-62,69	-64,04	-65,39
2	-61,60	-60,73	-59,86	-58,99	-58,13	-57,26	-56,39	-55,52
3	-66,67	-66,32	-65,98	-65,64	-65,30	-64,95	-64,61	-64,27
4	-125,52	-124,25	-122,98	-121,71	-120,44	-119,17	-117,9	-116,63
5	-174,32	-168,54	-162,75	-156,97	-151,19	-145,41	-139,63	-133,85
6	-155,61	-149,82	-144,03	-138,24	-132,45	-126,66	-120,86	-115,07

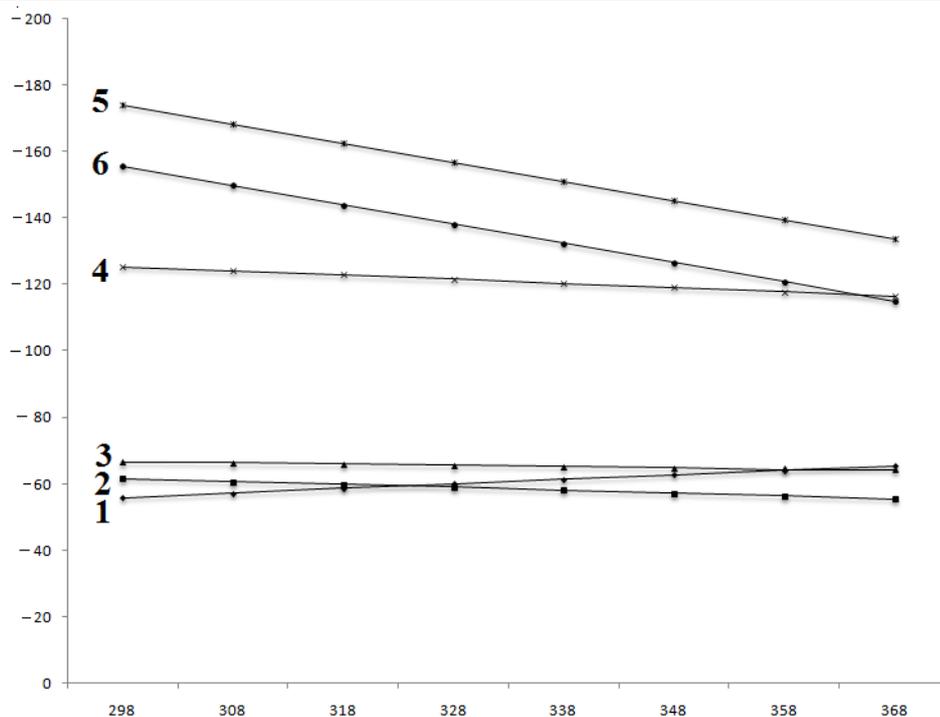


Рисунок 1 - Зависимости ΔG реакций от температуры (1 - кальцит, 2 - данбурит, 3 - датолит, 4 - геденбергит, 5 - гранат, 6 – гидрослюда).

1.2. Разложение исходной боросиликатной руды

Выщелачивание данбурита уксусной кислотой проводили в термостатированном реакторе – сосуде с рубашкой емкостью 0.20 л, снабженном мешалкой и обратным холодильником.

Дозировка кислоты при разложении исходной боросиликатной руды была рассчитана, исходя из содержащихся в ней оксидов кальция, алюминия, железа и бора с учетом их превращения в ацетаты. Кислоту дозировали в количестве 100-150% от стехиометрического количества. При такой дозировке, крупности частиц руды не более 0,1 мм и температуре 90°C за 60 мин около 19.5% B_2O_3 переходит в раствор в виде борной кислоты.

Результаты исследования влияния различных физико-химических факторов на уксуснокислотное разложение боросиликатной руды приведены на рисунке 2.

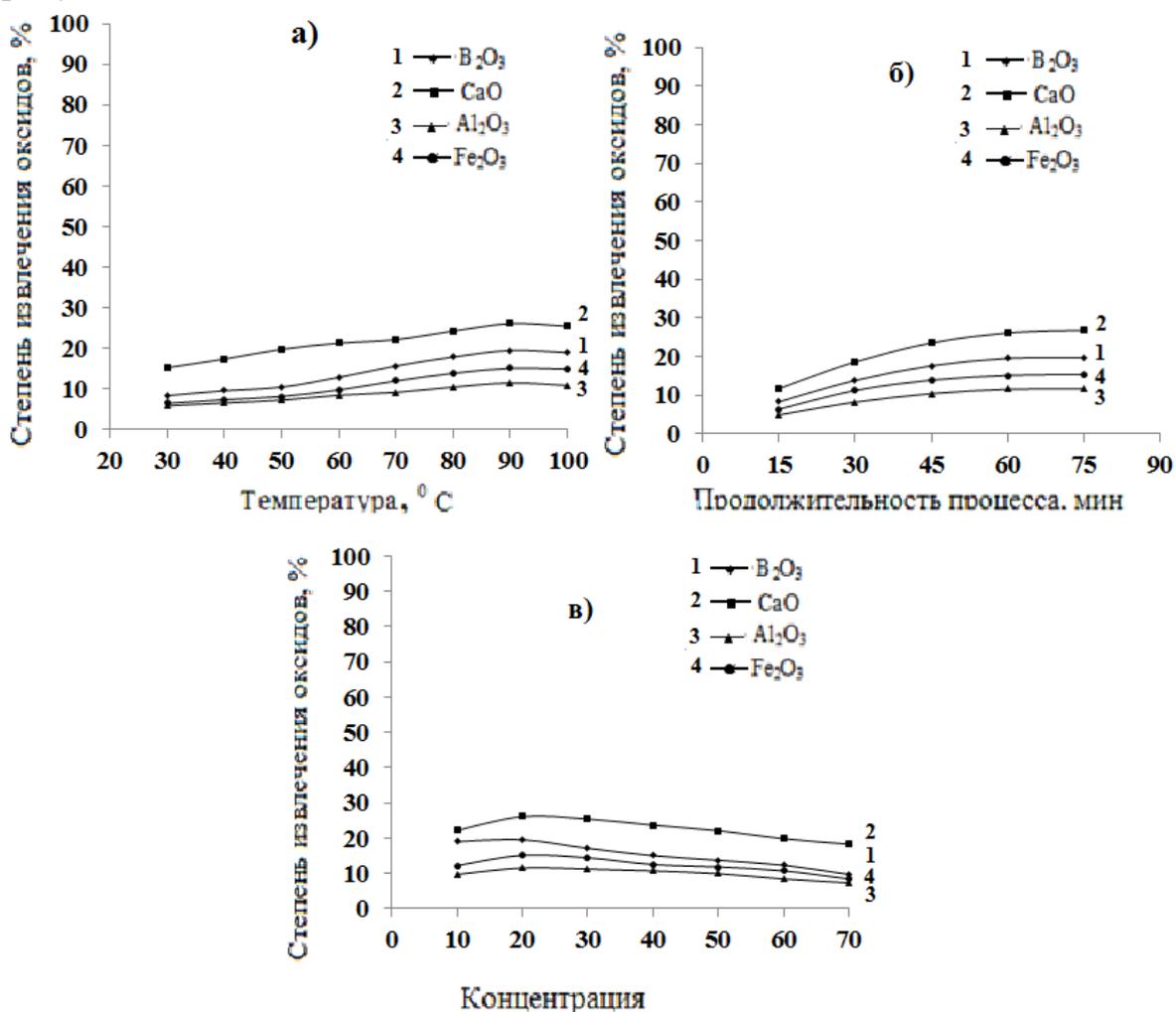


Рисунок 2 - Зависимости степени извлечения оксидов B_2O_3 , CaO , Al_2O_3 и Fe_2O_3 из состава исходной боросиликатной руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации CH_3COOH (размер частиц < 0.1 мм; температура – 90°C; продолжительность процесса – 60 мин).

В ходе реакции температуру меняли в пределах от 20 до 100°C (рисунок 2а). Установлено, что данбурит начинает вскрываться уже при температуре 20-25°C. Руду обрабатывали 15-20% уксусной кислотой в течение 60 мин. Степень извлечения компонентов в раствор с ростом температуры возрастает и при 100°C составляет (в %): B_2O_3 – 19; Fe_2O_3 – 14,9; Al_2O_3 – 10,9 и CaO – 25,5.

Изучение зависимости степени извлечения компонентов от продолжительности процесса разложения боросиликатной руды при 90°C и концентрации кислоты 15-20% показало, что уже при продолжительности процесса 15 мин с момента взаимодействия CH_3COOH с боросиликатной рудой вскрываемость достигает (в %): B_2O_3 – 8,3; Al_2O_3 – 4,9; Fe_2O_3 – 6,4 и CaO – 11,7 (рисунок 2б). Установлено, что при увеличении времени кислотной обработки сырья до 75 мин степень извлечения всех компонентов увеличивается и достигает максимального значения (в %): B_2O_3 – 19,7; Al_2O_3 – 11,6; Fe_2O_3 – 15,4 и CaO – 26,8. Дальнейшее увеличение длительности процесса не привело к увеличению степени разложения оксидов.

Результаты исследования влияния концентрации уксусной кислоты и ее дозировки показывают, что степень вскрытия руды меняется с увеличением концентрации от 10 до 70%. Выявлено, что оптимальной концентрацией кислоты, вводимой в реакционную массу, является ~20%, при этом степень извлечения достигает максимального значения и составляет (в %): B_2O_3 – 19,7; Al_2O_3 – 11,6; Fe_2O_3 – 15,4 и CaO – 26,8 (рисунок 2в). Дальнейшее увеличение концентрации уксусной кислоты не приводит к существенному изменению степени извлечения компонентов.

По результатам проведенных исследований уксуснокислотного разложения исходной боросиликатной руды можно рекомендовать следующие условия: продолжительность процесса – 60 мин; температура разложения – 90-95°C; стехиометрическое количество уксусной кислоты – 140-150% и концентрация кислоты – 15-20 мас%.

1.3. Разложение обожжённой боросиликатной руды

Термическую обработку исходной боросиликатной руды проводили при температуре 900-1050°C в течение 50-60 мин. При термической обработке исходной боросиликатной руды происходит ряд изменений и процесс разложения протекает быстрее с высоким выходом полезных компонентов.

При разложении исходной боросиликатной руды дозировку кислоту рассчитали, исходя из содержания в ней оксидов бора, кальция, железа и алюминия, с учетом превращения их в ацетаты. Вследствие неполного разложения минералов пустой породы становится возможным дозировать кислоту в количестве 100-150% от стехиометрического количества. При такой дозировке, крупности частиц руды не более 0,1 мм и температуре не ниже 100°C за 45-60 мин в раствор переходит около 78,2% B_2O_3 в виде борной кислоты.

Результаты исследования влияния различных физико-химических факторов на уксуснокислотное разложение предварительно обожженного боросиликатного сырья приведены на рисунке 3.

Изучено влияние температуры на ход реакции в пределах от 20 до 100°C (рисунок 3а). Установлено, что предварительно обожженная данбури-товая руда начинает вскрываться уже при температуре 20-25°C. Руду обрабатывали 18-20% уксусной кислотой в течение 60 мин. С ростом температуры степень извлечения компонентов в раствор возрастает и при 100°C составляет (в %): B_2O_3 – 76,5; Fe_2O_3 – 85,1; Al_2O_3 – 73,4 и CaO – 88,4.

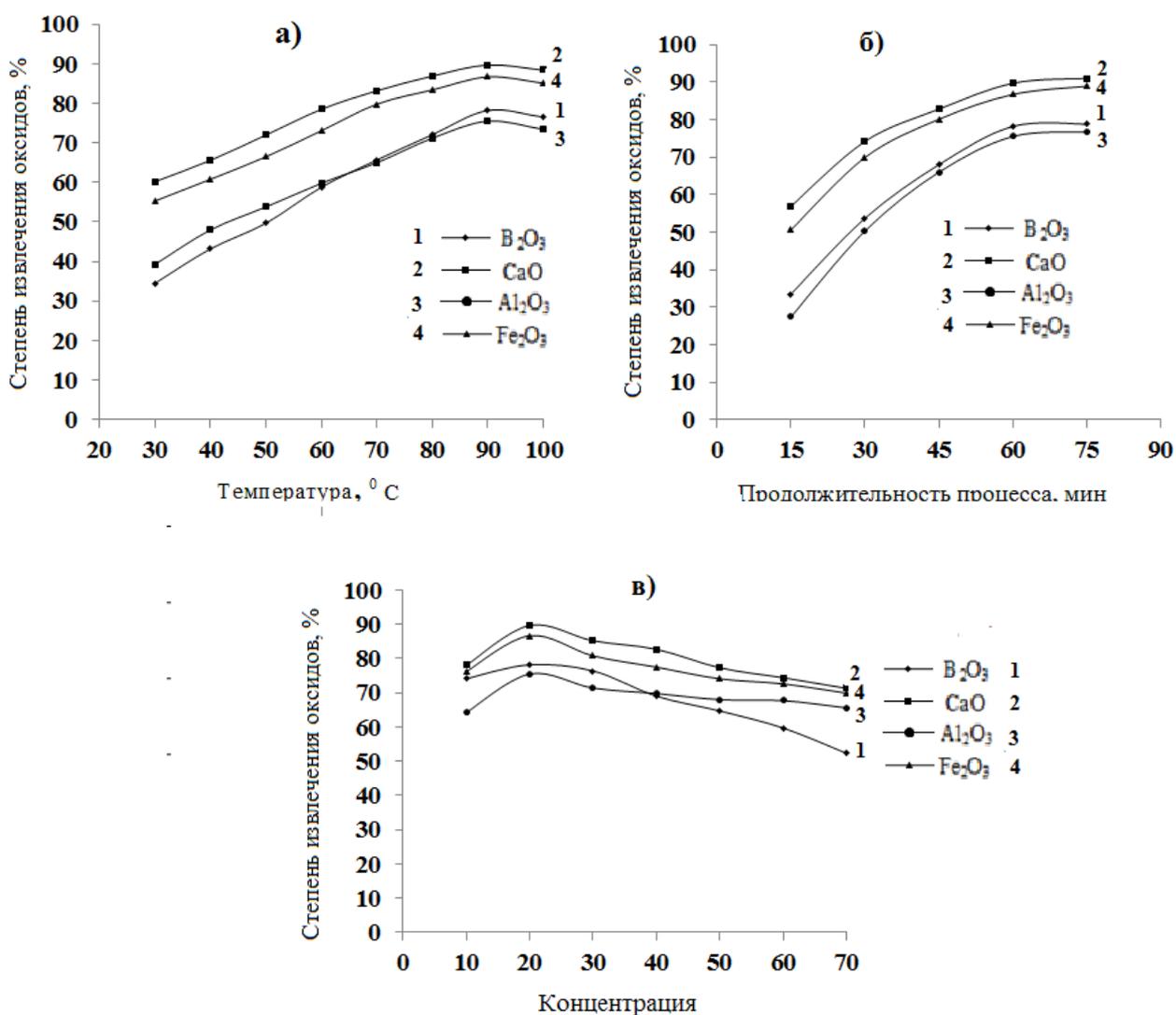


Рисунок 3 - Зависимости степени извлечения оксидов B_2O_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 и CaO из состава обожженной боросиликатной руды от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации CH_3COOH (размер частиц < 0.1 мм; температура – 90°C; продолжительность процесса – 60 мин).

Изучение зависимости степени извлечения компонентов при разложении предварительно обожженной боросиликатной руды от продолжительности процесса при 90°C и концентрации кислоты 15-20% показало, что уже при продолжительности процесса 15 мин с момента взаимодействия CH_3COOH с рудой вскрываемость достигает (в %): B_2O_3 – 33,5; Al_2O_3 – 27,9;

Fe_2O_3 – 50,6 и CaO – 56,9 (рисунок 3б). Установлено, что при увеличении времени кислотной обработки сырья до 75 мин степень извлечения всех компонентов увеличивается и достигает максимального значения (в %): B_2O_3 – 78,8; Al_2O_3 – 76,7; Fe_2O_3 – 88,9 и CaO – 91. Дальнейшее увеличение длительности процесса не привело к увеличению степени извлечения оксидов.

Результаты исследования влияния концентрации уксусной кислоты и её дозировки показывают, что увеличение концентрации от 10 до 70% существенно изменяет степень вскрытия руды. Выявлено, что оптимальной концентрацией кислоты, вводимой в реакционную массу, является ~20%, при этом степень извлечения достигает максимального значения и составляет (в %): B_2O_3 – 78,2; Al_2O_3 – 75,5; Fe_2O_3 – 86,7 и CaO – 89,7 (рисунок 3в).

Дальнейшее увеличение концентрации уксусной кислоты не приводит к существенному изменению степени извлечения компонентов.

По результатам проведенных исследований по уксуснокислотному разложению предварительно обожженной боросиликатной руды можно рекомендовать следующие условия: продолжительность процесса – 60 мин; продолжительность обжига – 60 мин; температура обжига – 950-980°C; температура разложения – 90°C; стехиометрическое количество уксусной кислоты – 140-150% и концентрация кислоты – 15-20 мас%. При уксуснокислотном разложении борного сырья данбуритовая 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 данбуритовой руды после проведения уксуснокислотного разложения (рисунок 4).

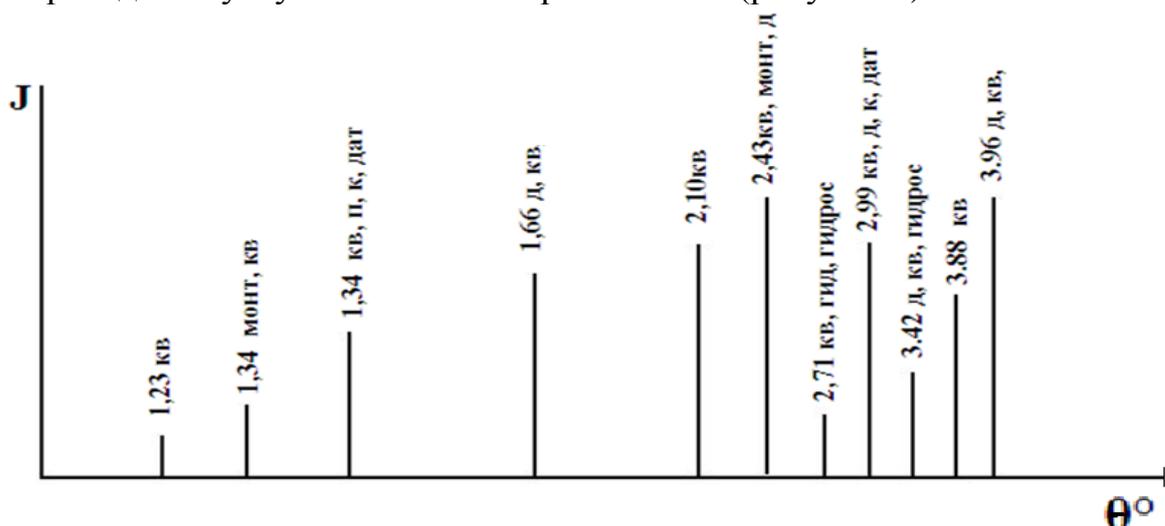


Рисунок 4 - Штрих-диаграмма остатка данбуритовой руды после уксуснокислотного разложения исходной обожженной боросиликатной руды: кв – кварц, д - данбурит, дат – датолит, к - кальцит, п - пироксен, гид - гидрорацит, гидрос – гидрослюда, м –монтмориллонит.

2. Физико-химические основы разложения концентрата боросиликатной руды уксусной кислотой

2.1. Разложение концентрата боросиликатных руд

При разложении концентрата данбурита дозировку кислоты рассчитали, исходя из содержания в нем оксидов бора, кальция, железа и алюминия с учетом превращения их в ацетаты. Вследствие неполного разложения минералов пустой породы становится возможным дозировать кислоту в количестве 100-150% от стехиометрического количества. При такой дозировке, крупности частиц руды не более 0,1 мм и температуре не ниже 90°C за 60 мин в раствор переходит около 20.1% B_2O_3 в виде борной кислоты.

Результаты исследования влияния различных физико-химических факторов на уксуснокислотное разложение данбурита приведены на рисунке 5.

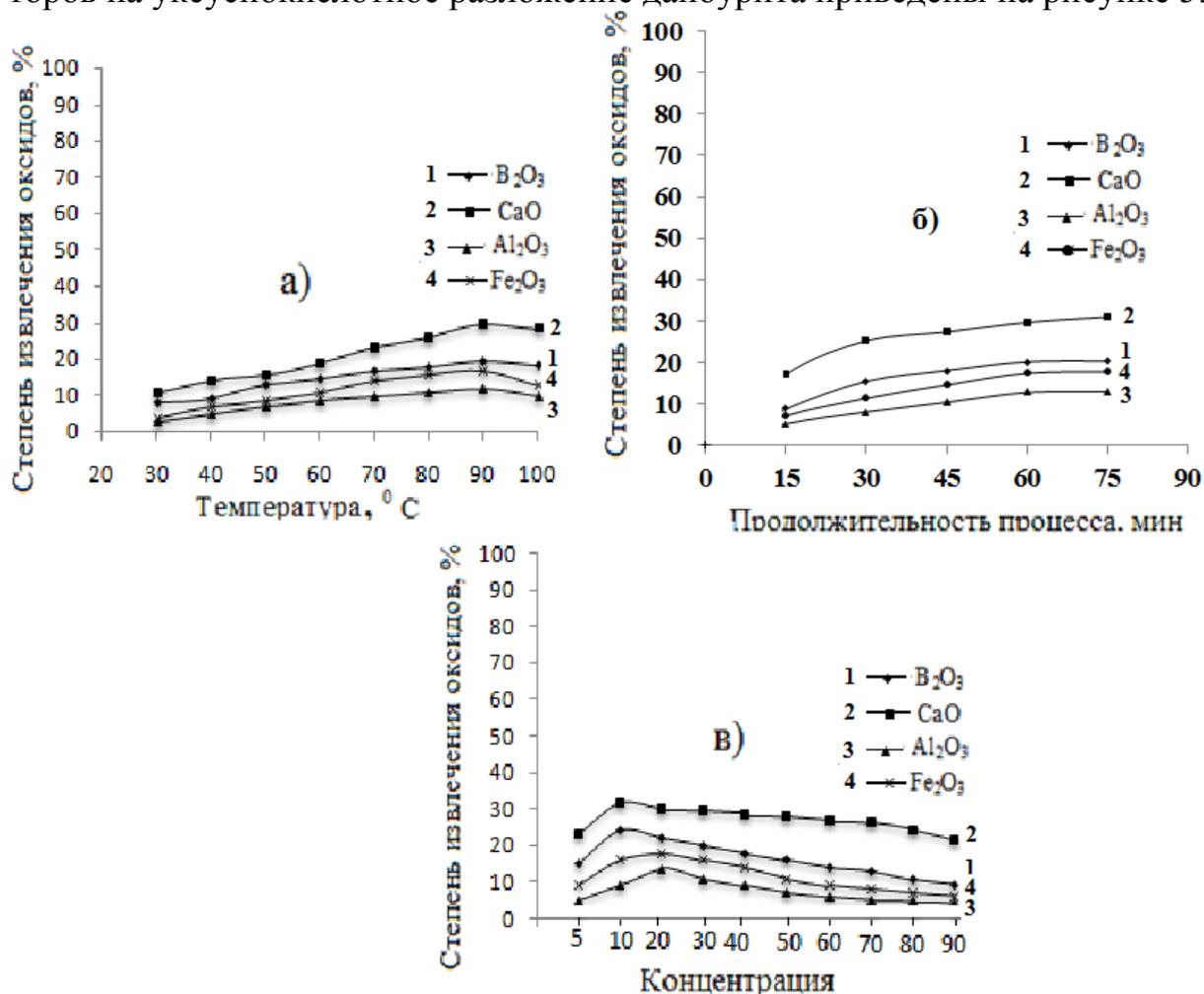


Рисунок 5 - Зависимости степени извлечения оксидов B_2O_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 и CaO из состава концентрата боросиликатного сырья от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации CH_3COOH (размер частиц < 0.1 мм; температура – 90°C; продолжительность процесса – 60 мин; 1 – B_2O_3 ; 2 – CaO ; 3 – Al_2O_3 ; 4 – Fe_2O_3).

Изучено влияние температуры на ход реакции в пределах от 20 до 100°C (рисунок 5а). Установлено, что данбурит начинает вскрываться уже при температуре 20-25°C. Руду обрабатывали 10-15% уксусной кислотой в течение 60 мин. С ростом температуры степень извлечения компонентов в раствор возрастает и при 100°C составляет (в %): B_2O_3 – 20.1; Fe_2O_3 – 17,2; Al_2O_3 – 12.5 и CaO – 30.4.

Изучение зависимости степени извлечения компонентов от продолжительности процесса разложения концентрата данбуритовой руды при 100°C и концентрации кислоты 10-15% показало, что уже при продолжительности процесса 15 мин с момента взаимодействия CH_3COOH с данбуритовым концентратом вскрываемость достигает (в %): B_2O_3 – 9.1; Al_2O_3 – 5,2 Fe_2O_3 – 8.8 и CaO – 14,8 (рисунок 5б). Установлено, что при увеличении времени кислотной обработки сырья до 60 мин степень извлечения всех компонентов увеличивается и достигает максимального значения (в %): B_2O_3 – 20.1; Al_2O_3 – 11,5; Fe_2O_3 – 17.6 и CaO – 30.2. Дальнейшее увеличение длительности процесса не привело к увеличению степени разложения оксидов.

Результаты исследования влияния концентрации уксусной кислоты и ее дозировки показывают, что увеличение концентрации от 5 до 90% существенно изменяет степень вскрытия руды. Выявлено, что оптимальной концентрацией кислоты, вводимой в реакционную массу, является ~15%, при этом степень извлечения достигает максимального значения и составляет (в %): B_2O_3 – 20.9; Al_2O_3 – 12.9; Fe_2O_3 – 17,5 и CaO – 29,2 (рисунок 5в). Дальнейшее увеличение концентрации уксусной кислоты не приводит к существенному изменению степени извлечения компонентов.

По результатам проведенных исследований уксуснокислотного разложения данбуритового концентрата можно рекомендовать следующие условия: продолжительность процесса – 60 мин; температура разложения – 90-95°C; стехиометрическое количество уксусной кислоты – 140-150% и концентрация кислоты – 10-15 мас%.

2.2. Разложение обожжённого концентрата боросиликатных руд

Термическую обработку данбуритового концентрата проводили при температуре 900-1050°C в течение 50-60 мин. При термической обработке данбуритового концентрата происходит ряд изменений и процесс разложения протекает быстрее с высоким выходом полезных компонентов.

При разложении концентрата данбурита дозировку кислоты рассчитали, исходя из содержания в нем оксидов бора, кальция, железа и алюминия с учетом превращения их в ацетаты. Вследствие неполного разложения минералов пустой породы становится возможным дозировать кислоту в количестве 100-150% от стехиометрического количества. При такой дозировке, крупности частиц руды не более 0,1 мм и температуре не ниже 95°C за 35-45 мин в раствор переходит около 91.5% B_2O_3 в виде борной кислоты.

Результаты исследования влияние различных физико-химических факторов на уксуснокислотное разложение предварительно обожженного концентрата данбурита приведены на рисунке 6.

Изучено влияние температуры на ход реакции в пределах от 20 до 100°C (рисунок 6а). Установлено, что предварительно обожженный концентрат данбурита начинает вскрываться уже при температуре 20-25°C. Руду обрабатывали 18-20% уксусной кислотой в течение 45 мин. С ростом температуры степень извлечения компонентов в раствор возрастает и при 95°C составляет (в %): B_2O_3 – 91,3; Fe_2O_3 – 92,2; Al_2O_3 – 87,5 и CaO – 96,7.

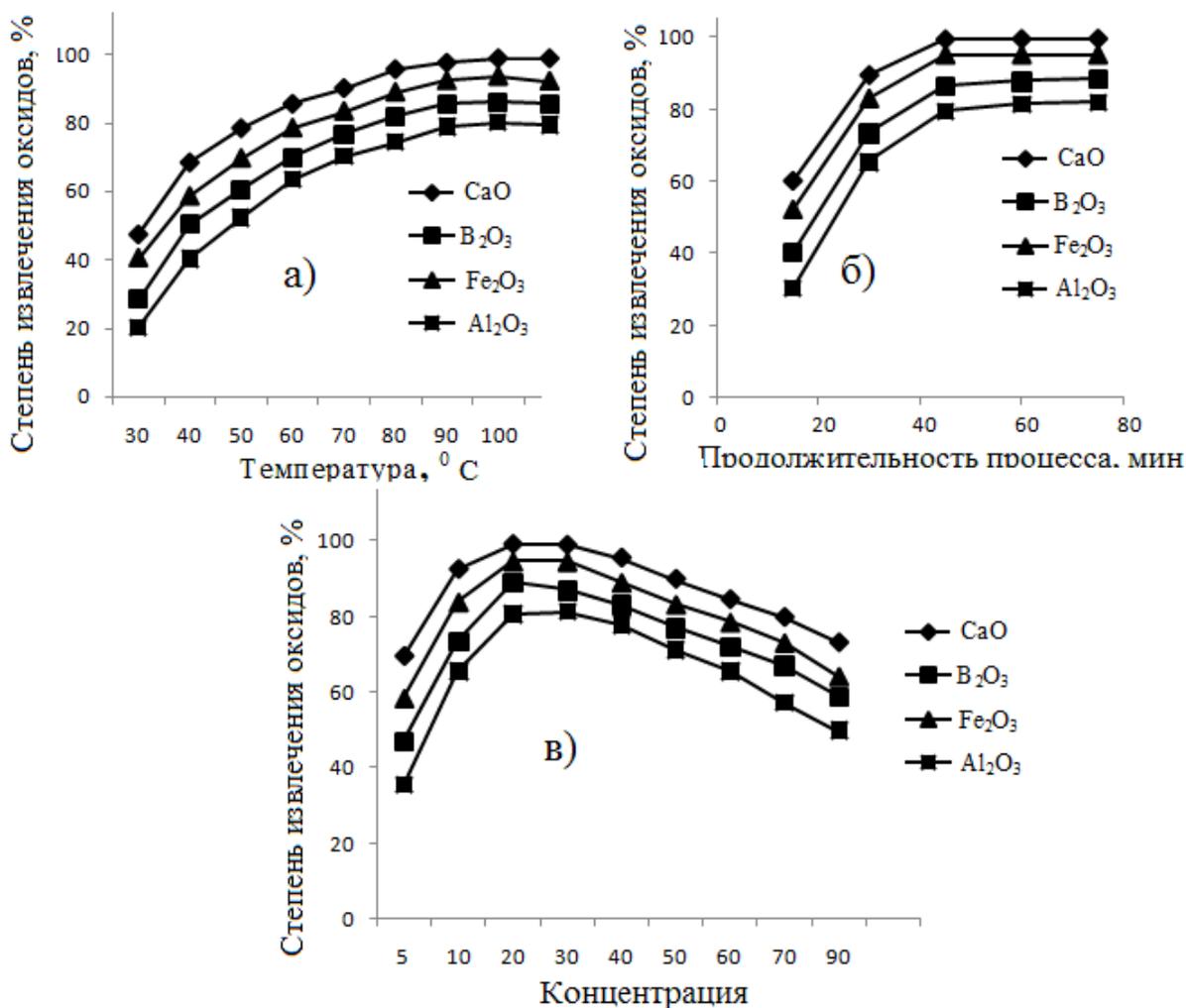


Рисунок 6 - Зависимости степени извлечения оксидов B_2O_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 и CaO из состава обожженного концентрата данбурита от: а) температуры; б) продолжительности процесса; в) концентрации CH_3COOH (размер частиц < 0.1 мм; температура – 90°C; продолжительность процесса – 60 мин).

Изучение зависимости степени извлечения компонентов при разложении предварительно обожженного концентрата данбурита от продолжительности процесса при 90°C и концентрации кислоты 15-20% показало, что уже при продолжительности процесса 15 мин с момента взаимодействия CH_3COOH с данбуритовым концентратом вскрываемость достигает (в %):

B_2O_3 – 41.2; Al_2O_3 – 32,5; Fe_2O_3 – 52.4 и CaO – 60,3 (рисунок 6б). Установлено, что при увеличении времени кислотной обработки сырья до 60 мин степень извлечения всех компонентов увеличивается и достигает максимального значения (в %): B_2O_3 – 91.3; Al_2O_3 – 87,7; Fe_2O_3 – 92.3 и CaO – 95.8. Дальнейшее увеличение длительности процесса не привело к увеличению степени разложения оксидов.

Результаты исследования влияния концентрации уксусной кислоты и ее дозировки показывают, что увеличение концентрации от 5 до 93% существенно изменяет степень вскрытия руды. Выявлено, что оптимальной концентрацией кислоты, вводимой в реакционную массу, является ~20%, при этом степень извлечения достигает максимального значения и составляет (в %): B_2O_3 – 90.5; Al_2O_3 – 86.4; Fe_2O_3 – 93 и CaO – 95,4 (рисунок 6в). Дальнейшее увеличение концентрации уксусной кислоты не приводит к существенному изменению степени извлечения компонентов.

По результатам проведенных исследований по уксуснокислотному разложению предварительно обожженного данбуритового концентрата можно рекомендовать следующие условия: продолжительность процесса – 45 мин; продолжительность обжига – 60 мин; температура обжига – 950-980°C; температура разложения – 95°C; стехиометрическое количество уксусной кислоты - 140-150% и концентрация кислоты – 15-20 мас%.

Достоверность результатов химических анализов подтверждает штрих-диаграмма остатка боросиликатного концентрата после уксуснокислотного разложения, приведенная на рисунке 7, 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, гидроборатит и данбурит.

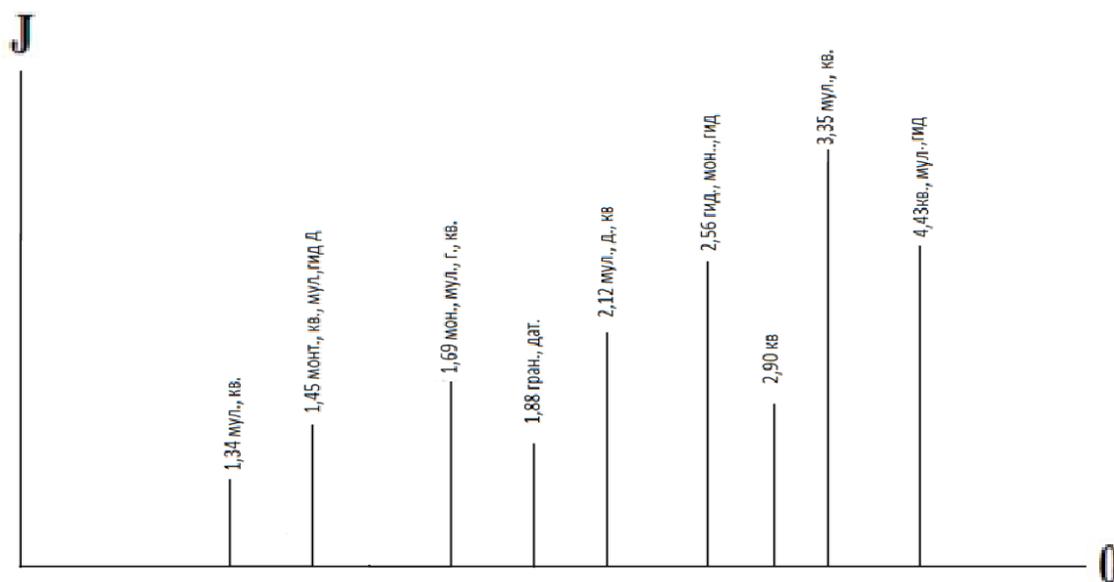


Рисунок 7 Штрих-диаграмма остатка боросиликатного концентрата после уксуснокислотного разложения: кв – кварц, д – данбурит, дат – датолит, к – кальцит, гидрос – гидрослюда, монт - монтмориллонит, мул - мулит.

3. Кинетика разложения боросиликатных руд уксусной кислотой

3.1. Кинетика уксуснокислотного разложения обожжённой исходной боросиликатной руды

Из кинетических кривых (рисунок 8а) разложения исходной боросиликатной руды уксусной кислотой при извлечении в раствор оксида бора видно, что разложение борного сырья происходит достаточно быстро, и в течение 60 минут при температуре 90°C извлечение оксида бора составляет 78,2-78,8%. При 80°C за это же время достигается 72,1% извлечение.

Константы скорости разложения боросиликатной руды рассчитывали, используя кинетическое уравнение первого порядка.

Построенный график зависимости (рисунок 8б) $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени представляет собой прямые линии. Прямолинейная зависимость $\lg K_{\text{ср}}$ от $1/T \cdot 10^3$ (рисунок 8в) показывает, что изменение константы скорости разложения боросиликатной руды уксусной кислотой от температуры подчиняется закону Аррениуса.

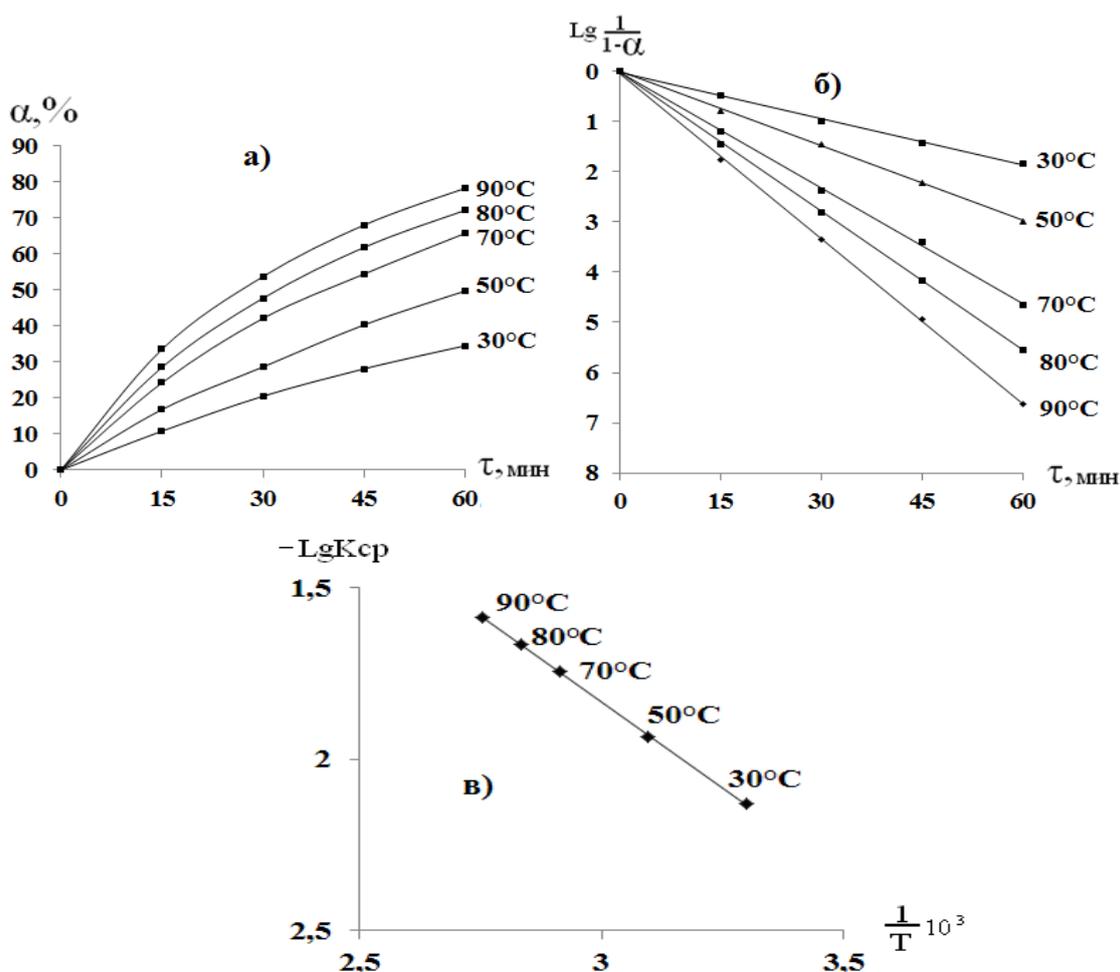


Рисунок 8 - Зависимости степени извлечения B_2O_3 от: продолжительности процесса разложения (а), зависимости $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (б) и зависимость $\lg K_{\text{ср}}$ от обратной абсолютной температуры $1/T \cdot 10^3$ (в) при извле-

чении B_2O_3 в раствор в результате обработки исходной боросиликатной руды 20% CH_3COOH .

Кажущаяся энергия активации процесса разложения исходного борного сырья уксусной кислотой была рассчитана по уравнению Аррениуса и по тангенсу угла наклона кривой по оси $1/T$. Оба значения совпадают и составляют 19 кДж/моль. Численное значение энергии активации показывает, что процесс протекает в диффузионной области.

3.2. Кинетика уксуснокислотного разложения обожжённого боросиликатного концентрата

Данные экспериментов кинетики извлечения оксида бора из состава обожженного концентрата боросиликатной руды при уксуснокислотном разложении получены в интервале температур 30-90°C и продолжительности процесса от 15 до 60 минут (рисунок 9).

Из рисунка 9а видно, что при повышении температуры извлечение оксида бора из состава обожженного концентрата значительно возрастает.

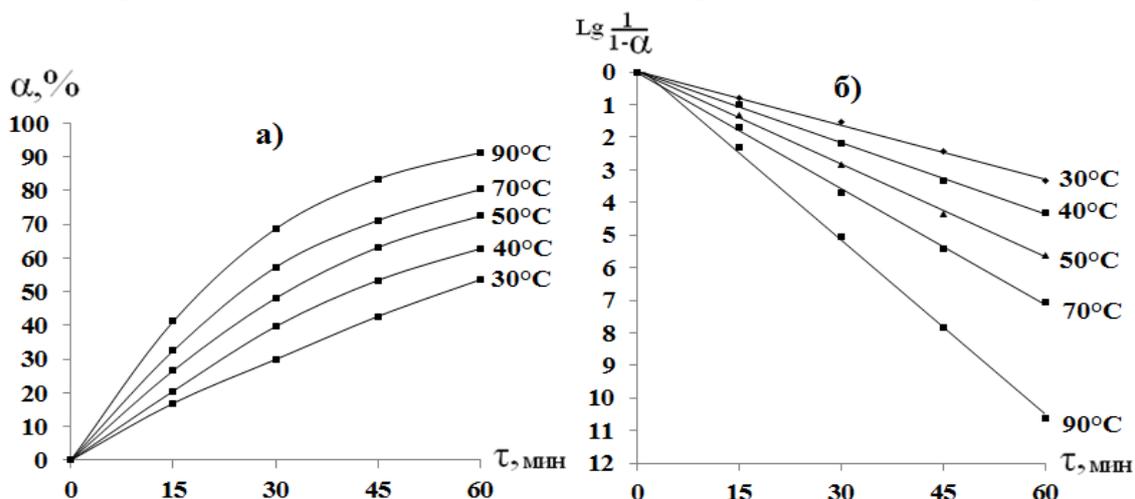


Рисунок 9 - Зависимость степени разложения (α) оксида бора от времени (а) и $\lg \frac{1}{1-\alpha}$ от времени (б) при уксуснокислотном разложении концентрата боросиликатной руды.

Характер кинетических кривых (рисунок 9а) разложения указывает на то, что в течение 60 мин при температуре 90°C степень извлечения B_2O_3 достигает 90.1%.

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

Из графика зависимости $\lg 1/(1-\alpha)$ от времени (рисунок 9б) 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 10).

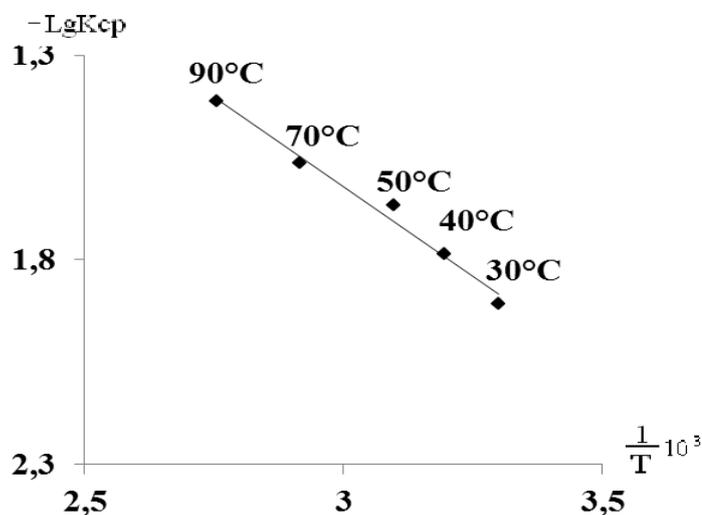


Рисунок 10 - Зависимость $\lg K$ от обратной абсолютной температуры при уксуснокислотном разложении концентрата боросиликатной руды.

Как видно из рисунка 10, 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 обожженного концентрата боросиликатной руды свидетельствуют о её протекании в диффузионной области.

3.3. Разработка принципиальной технологической схемы переработки боросиликатных руд уксусной кислотой

Для получения борной кислоты в основном используют кислотные методы, щелочным способом целесообразнее получать буру. Доступность и использование уксусной кислоты относительно низкой концентрации обуславливает промышленное применение уксуснокислотного метода для получения борной кислоты.

На основе проведенных исследований разработана и представлена принципиальная технологическая схема получения борной кислоты из боросиликатного сырья месторождения Ак-Архар уксуснокислотным способом.

Проба боросиликатной руды измельчалась, и разложение проводили в термостатированном реакторе с мешалкой. Пульпу фильтровали и промывали водой. В растворе определяли содержание железа, алюминия, бора и кальция по методике.

На рисунке 11 представлена принципиальная технологическая схема переработки данбуритов (исходного данбурита и данбуритового концентрата) уксуснокислотным способом, где предлагается до начала кислотного разложения данбуритов обжигать их при температуре 950-980°C в течение 60 мин.

После термической обработки данбуриты измельчали до размера частиц 0,1-0,3 мм и выщелачивали 15-20% уксусной кислотой. Для растворения 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. Твердый остаток состоит из оксидов кремния и кальция и неразложившихся других минералов, как кварц, кальцит, неразложившаяся часть данбурита и др., которых можно использовать, как сырье в промышленности строительных материалов.



Рисунок 11 - Принципиальная технологическая схема переработки боросиликатных руд уксуснокислотным способом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе дана оценка процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата уксусной кислотой и минеральными кислотами.

На рисунке 12 представлена диаграмма процесса извлечения полезных компонентов при кислотном разложении обожжённого боросиликатного концентрата при оптимальных параметрах.

Оптимальные параметры солянокислотного разложения обожжённого боросиликатного концентрата при $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ следующие: температура разложения – $80-90^{\circ}\text{C}$, продолжительность процесса – 60 мин, концентрация HCl – 20% (рисунок 12 (1)).

Ранее изучено азотнокислотное разложение обожжённого боросиликатного концентрата и найдены следующие условия проведения процесса: температура – $90-95^{\circ}\text{C}$, продолжительность процесса – 60 мин, концентрация азотной кислоты – 15-20 мас% (рисунок 12 (2)).

Для уксуснокислотного разложения найдены следующие параметры: температура обжига – $950-980^{\circ}\text{C}$, температура разложения после обжига – 95°C , концентрация уксусной кислоты – 15-20 мас%, продолжительность процесса – 45 мин (рисунок 12 (3)).

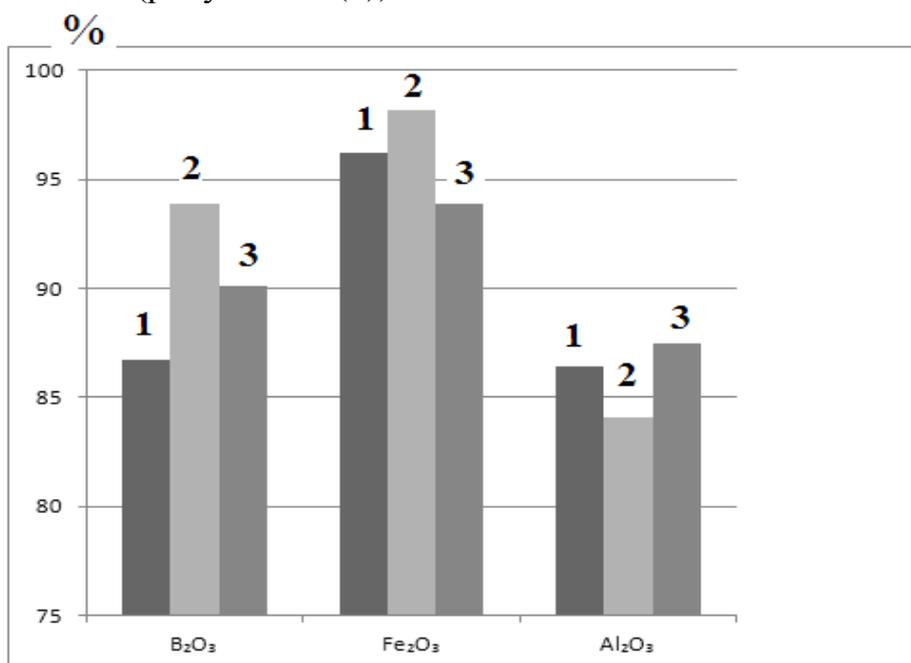


Рисунок 12 - Извлечение полезных компонентов из обожжённого боросиликатного концентрата соляной, азотной и уксусной кислотами (1 – HCl , 2 – HNO_3 , 3 – CH_3COOH).

Дана сравнительная оценка процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата щёлочью и уксусной кислотой.

На рисунке 13 представлена диаграмма процесса извлечения полезных компонентов при уксуснокислотном и щелочном разложении обожжённого боросиликатного концентрата при оптимальных параметрах.

Оптимальные параметры щелочного разложения обожжённого боросиликатного концентрата при 900-1000°C следующие: температура разложения – 80-90°C, продолжительность процесса – 120 мин, концентрация NaOH - 10-12% (рисунок 13 (1)).

Для уксуснокислотного разложения найдены следующие параметры: температура обжига – 950-980°C, температура разложения после обжига - 95°C, концентрация уксусной кислоты – 15-20 мас%, продолжительность процесса – 45 мин. (рисунок 13 (2)).

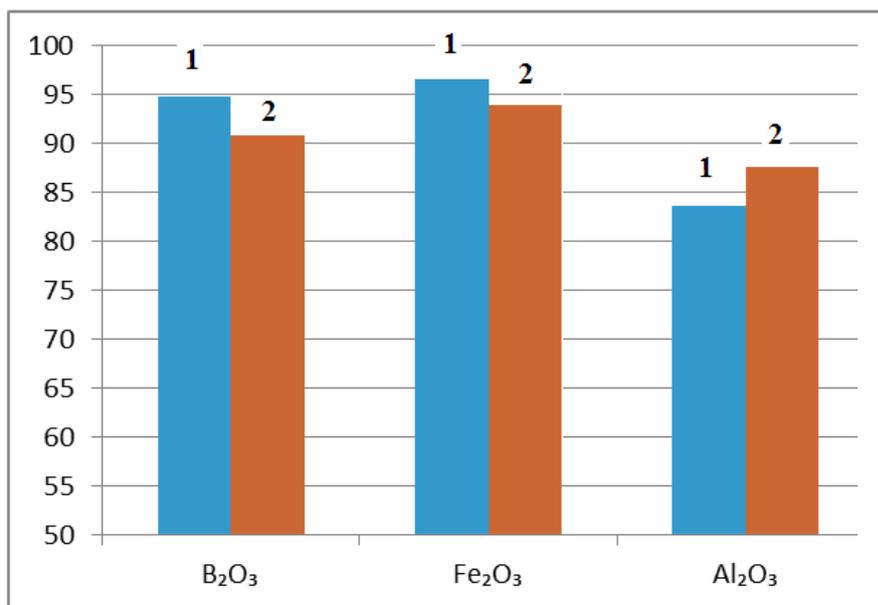


Рисунок 13 - Извлечение полезных компонентов из обожжённого боросиликатного концентрата уксусной кислотой и щёлочью (1 – NaOH, 2 – CH₃COOH).

Как видно из рисунка 13, при щелочном разложении процесс протекает с выходом полезных компонентов более 94%. Указанная кислота и NaOH являются хорошими реагентами для боросиликатных руд.

Результаты хлорирования обожженного концентрата данбурита показали, что оптимальными условиями для хлорирования являются: температура хлорирования - 800°C; продолжительность процесса – 60 мин; содержание восстановителя (угля) – 30% (рисунок 14 (1)).

Оценивая процессы хлорирования данбурита, можно заметить, что основными продуктами хлорирования являются BCl₃ и FeCl₃. Эти хлориды – важнейшие соединения для многих отраслей народного хозяйства. Химические основы хлорного метода переработки боросиликатных руд показывают, что они протекают при высоких температурах и хлорный метод позволяет селективно выделять полезные компоненты.

Особенности уксуснокислотной обработки данбурита (рисунок 14 (2)) заключаются в том, что на первой стадии происходит химическое обогащение, в результате которого балластная смесь SiO₂ выводится из технического потока, а из раствора извлекаются полезные компоненты B₂O₃ и Fe₂O₃.

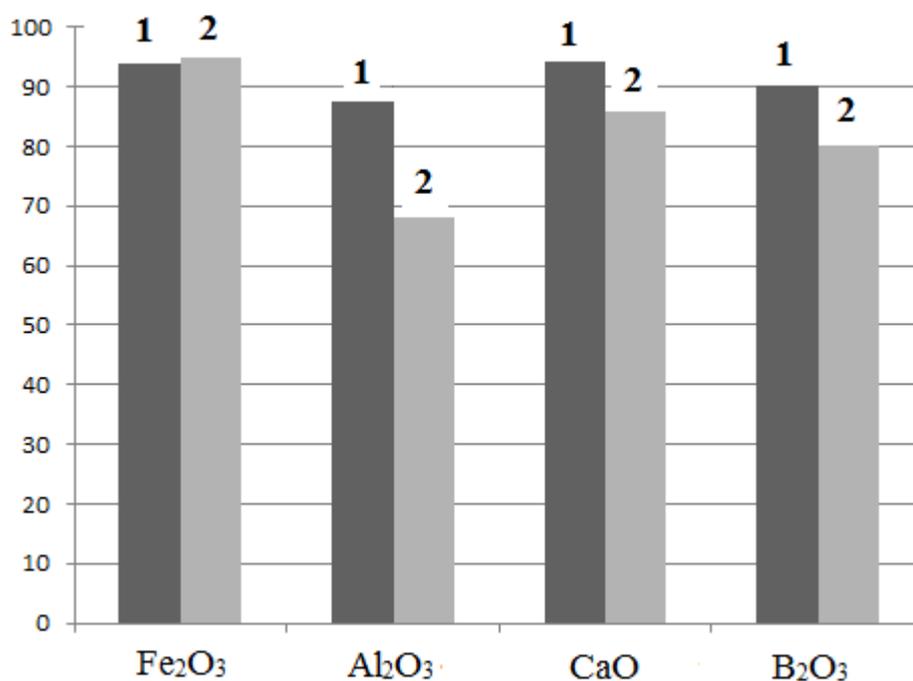


Рисунок 14 - Извлечение оксидов из состава боросиликатного концентрата: 1 - при уксуснокислотном разложении, 2 - при хлорировании, при оптимальных условиях.

На рисунке 15 представлена диаграмма процесса извлечения полезных компонентов при уксуснокислотном разложении исходного боросиликатного сырья и боросиликатного концентрата при оптимальных параметрах.

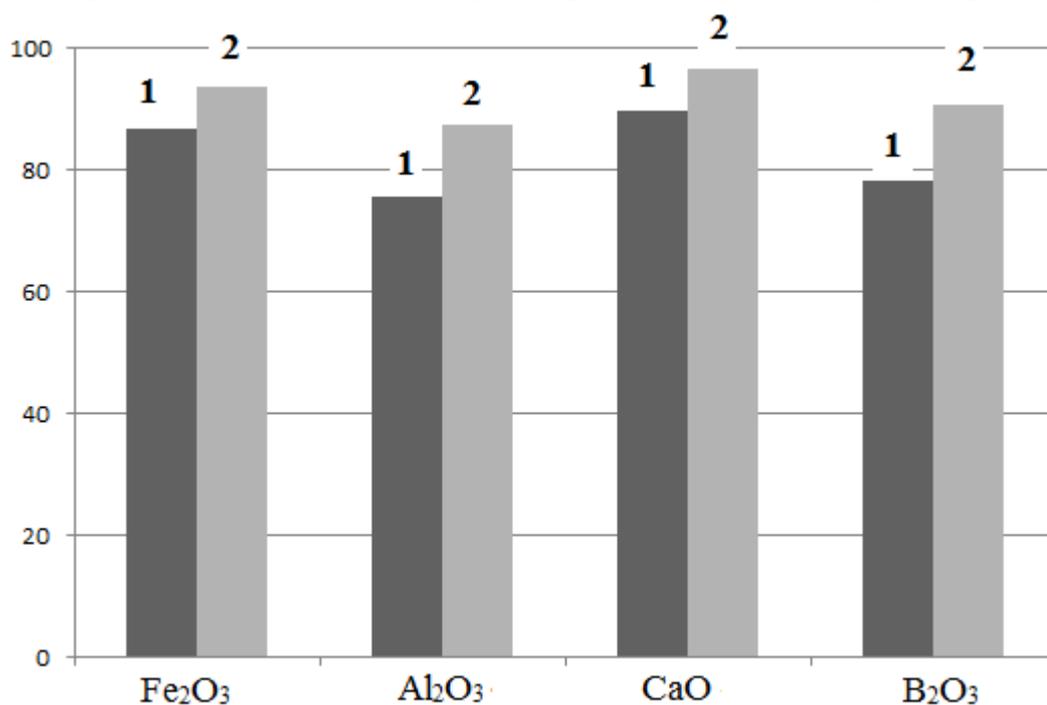


Рисунок 15. Извлечение оксидов из состава: 1 - исходной обожженной боросиликатной руды, 2 - боросиликатного концентрата при оптимальных условиях.

Результаты уксуснокислотного разложения исходной обожженной данбуритовой руды показали, что оптимальными условиями являются следующие: температура кислотного разложения - 90°C; продолжительность процесса – 60 мин; концентрация уксусной кислоты – 15-20 мас% (рисунок 15 (1)).

Результаты разложения обожженной исходной руды и обожженного концентрата руды показывают, что при разложении концентрата достигается более полное извлечение полезных компонентов. Поэтому представляется целесообразным работать с предварительно обожжённым концентратом данбуритовой руды.

ВЫВОДЫ

1. Методами рентгенофазового, дифференциально-термического и химического анализа установлены минералогический и химический составы боросиликатных руд Ак-Архарского месторождения Таджикистана. Исследованы физико-химические свойства исходного и обожжённого борного сырья, а также продуктов переработки уксуснокислотного разложения.
2. Определены оптимальные условия разложения предварительно обожженной и необожженной боросиликатных руд уксусной кислотой. Найдены рациональные параметры процесса: концентрация кислоты – 20%, температура - 90°C, продолжительность процесса – 60 мин.
3. Найдены рациональные условия процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата уксусной кислотой: концентрация CH_3COOH – 15-20%, длительность процесса – 60 мин при температуре 90°C, при этом максимальное извлечение борного продукта составило 91,3%.
4. Изучена кинетика уксуснокислотного разложения обожжённой боросиликатной руды. Кажущаяся энергия активации процесса составила 19 кДж/моль, что свидетельствует о протекании процесса в диффузионной области.
5. Изучена кинетика разложения обожжённого боросиликатного концентрата уксусной кислотой. Величина кажущейся энергии активации процесса, равная 18,6 кДж/моль, свидетельствует о протекании процесса в диффузионной области.
6. Разработана принципиальная технологическая схема получения борного продукта из боросиликатной руды месторождения Ак-Архар уксуснокислотным способом, которая состоит из следующих этапов: обжиг при 950°C, измельчение руды, выщелачивание уксусной кислотной, фильтрация пульпы, кристаллизация продукта, разделение и сушка.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

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

1. 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. -2014. -№2(159). -С.43-46.
2. 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. 829-833.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Усмонова, У.Х. Кинетика соляно- и сернокислотного разложения обожжённой боросиликатной руды месторождения Ак-Архар / У.Х. Усмонова, Э.Д. Маматов, **З.Т. Якубов**, У.М. Мирсаидов // ДАН РТ. – 2016. -Т.59. -№3-4. -С.138-141.

Публикации в материалах конференций и патенты на изобретение

8. **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.
9. 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.
10. Курбонов, А.С, Уксуснокислотное разложение боросиликатного концентрата / А.С. Курбонов, **З.Т. Якубов**, Д.Дж. Джураев, У.М. Мирсаидов // Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан». – Душанбе, 2016. -С.128-130.
 11. 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.
 12. Малый патент Республики Таджикистан ТЈ 749. «Способ получения трёххлористого бора из данбурита» / У.М. Мирсаидов, **З.Т. Якубов**, А.М. Баротов, М.З. Ахмедов, П.М. Ятимов. Заявка №1500912 от 23.01.2015 г.

РЕЗЮМЕ

к диссертации Якубова Зарифджона Толибджоновича «Физико-химические основы уксуснокислотного разложения боросиликатных руд», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.01 - технология неорганических веществ

Цель работы заключается в разработке физико-химических основ технологии получения соединений бора из борсодержащих руд месторождений Таджикистана кислотными способами.

В качестве объекта исследования использовались исходная боросиликатная руда Ак-Архарского месторождения Таджикистана и её концентрат.

Методами рентгенофазового, дифференциально-термического и химического анализа установлены минералогический и химический составы боросиликатных руд Ак-Архарского месторождения Таджикистана. Выявлено, что основными рудообразующими минералами руды являются данбурит, датолит, гранат, кальцит и пироксены. Массовая доля оксида бора в исходной руде составляет 10,4%, а в концентрате эта величина равна 17,1%.

Изучено уксуснокислотное разложение исходной руды и концентрата. При этом степень извлечения B_2O_3 составляет не более 20%. Поэтому руду подвергали предварительному обжигу при 900-1050°C в течение 50-60 мин. При этом степень извлечения компонентов значительно возрастает и составляет для исходной обожжённой боросиликатной руды 78,2%, при следующих оптимальных условиях: концентрация кислоты – 20%, температура – 90°C, продолжительность процесса – 60 мин, количество кислоты 140-150% от стехиометрического, для обожжённого концентрата 91,3%, при следующих оптимальных условиях: концентрация кислоты – 20%, температура – 95°C, продолжительность процесса – 45 мин, количество кислоты 140-150% от стехиометрического.

Изучена кинетика уксуснокислотного разложения обожжённой боросиликатной руды. Установлено, что скорость реакции разложения соответствует кинетическому уравнению первого порядка. Вычисленные значения энергии активации процесса составили для исходной руды и концентрата соответственно 19 кДж/моль и 18,6 кДж/моль, что свидетельствуют о протекании процесса в диффузионной области.

На основе проведенных исследований разработана принципиальная технологическая схема получения борного продукта из боросиликатной руды месторождения Ак-Архар уксуснокислотным способом, которая состоит из следующих этапов: обжиг при 950°C, измельчение руды, выщелачивание уксусной кислотной, фильтрация пульпы, кристаллизация продукта, разделение и сушка.

Диссертация состоит из введения, четырёх основных глав, обсуждения результатов и заключения, выводов и списка цитированной литературы из 125 наименований, изложено на 105 страницах компьютерного набора, включает 14 таблиц и 27 рисунков.

Результаты диссертационной работы отражены в 12 научных публикациях, из которых 8 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, а также в материалах 4 международных и республиканских конференций. Получен 1 патент Республики Таджикистан.

Ключевые слова: боросиликатная руда, концентрат, данбурит, уксусная кислота, выщелачивание, энергия активации, дифференциально-термический и рентгенофазовый анализ.

ШАРҲИ МУХТАСАР

ба диссертатсияи Якубов Зарифҷон Толибҷонович «Асосҳои физикавию химиявии таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи сирко», барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои химия аз рӯи ихтисоси 05.17.01 - технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ

Мақсади кор дар таҳияи асосҳои физикавию химиявии технологияи ба даст овардани пайвастиҳои борӣ аз қонҳои маъданҳои боросиликати Тоҷикистон бо усулҳои кислотагӣ асос ёфтааст.

Ба сифати объекти таҳқиқот маъдани ибтидоии боросиликати мавзеи Ак-Архари Тоҷикистон ва концентрати он истифода шуданд.

Бо усулҳои таҳлили фазавии рентгенӣ, дифференсиалии ҳароратӣ ва химиявӣ таркиби маъданӣ ва химиявии маъданҳои боросиликати мавзеи Ак-Архари Тоҷикистон муқаррар карда шудаанд. Маълум гардидааст, ки минералҳои асосии қон дан-бурит, датолит, гранат, калсит ва пироксенҳо ба ҳисоб мераванд. Ҳиссаи массаи оксиди бор дар маъдани ибтидоӣ 10,4% ва дар концентрат 17,1%-ро ташкил мекунад.

Таҷзияи маъдани ибтидоӣ ва концентрат бо кислотаи сирко омӯхта шудааст. Дар ин ҳол дараҷаи ҷудошавии B_2O_3 камтар аз 20%-ро ташкил мекунад. Бинобар ин, маъданро пешакӣ дар $900-1050^{\circ}C$ давоми 50-60 дақ ба пухтан дучор мекунем. Дар ин маврид дараҷаи ҷудошавии ҷузъҳо хеле афзуда, барои маъдани ибтидоии сӯзонида 78,2%-ро дар ҷунин шароитҳо: концентратсияи кислота – 20%, ҳарорат – $90^{\circ}C$, давомнокии раванд – 60 дақ, андозаи кислота 140-150% аз миқдори стехиометрӣ, ташкил медиҳад. Барои концентрати сӯзонида дараҷаи ҷудошавии оксиди бор 90,3% аст. Шароитҳои беҳтарини раванд ҷунинанд: концентратсияи кислота – 20%, ҳарорат – $95^{\circ}C$, давомнокии раванд – 45 дақ, андозаи кислота 140-150% аз миқдори стехиометрӣ.

Кинетикаи таҷзияи маъдани сӯзонидаи боросиликатӣ бо кислотаи сирко омӯхта шудааст. Қайд карда шудааст, ки суръати реаксияи таҷзия ба муодилаи кинетикӣ тартиби якум ҷавобгӯ аст. Қиматҳои ҳисобкардашудаи энергияи активатсияи раванд барои маъдани ибтидоӣ ва концентрат мувофиқан 19 кҶ/мол ва 18,6 кҶ/молро ташкил доданд, ки аз гузариши раванд дар минтақаи диффузионӣ гувоҳӣ медиҳанд.

Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда нақшаи асосии технологияи ҳосил кардани маҳсулоти бордор аз маъдани боросиликати мавзеи Ак-Архар сохта шудааст, ки аз ҷунин зинаҳо иборат аст: пухтан дар $950^{\circ}C$, майдакунии маъдан, таъсир бо кислотаи сирко, филтронидани пулпа, кристаллизатсияи маҳсулот, ҷудокунӣ ва хушккунӣ.

Рисола аз муқаддима, 4 боб, анҷом ва хулосаҳо иборат аст. Дар 105 саҳифаҳои ҷопи компютерӣ ифода гардида, 27 тасвир ва 14 ҷадвалро дар бар мегирад. Рӯйхати адабиёт 125 номгӯйро ташкил медиҳад.

Натиҷаҳои рисола дар 12 нашриёти илмӣ, ки аз онҳо 8-то мақолаҳои дар маҷаллаҳои аз тарафи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тақризшаванда ва 4-то маводи конфронсҳои илмӣ-амалии байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ мебошанд. 1 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон барои ихтироъ ба даст оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: маъдани боросиликатӣ, концентрат, данбурит, кислотаи сирко, таҷзия, энергияи активатсия, таҳлили дифференсиалии ҳароратӣ ва фазавии рентгенӣ.

SUMMARY

on Yakubov Zarifjon's dissertation "Physico-chemical foundations of acetic acid decomposition of borosilicate ore", which represented for getting scientific degree of candidate of chemical sciences on specialty 05.17.01 - technology of inorganic substances

The work purpose consists in working out the physico-chemical basis for the production of boron compounds from boron-bearing ores of Tajikistan's deposits by acid methods.

As object of research were used the initial borosilicate ore of the Ak-Arkhar field of Tajikistan and its concentrate.

X-ray diffraction, differential thermal and chemical analyzes were used to determine the mineralogical and chemical composition of borosilicate ores of the Ak-Arkhar field of Tajikistan. It was revealed that the main ore-forming minerals of the ore are danburite, datolite, garnet, calcite and pyroxenes. The mass fraction of boron oxide in the initial ore is 10.4%, and in the concentrate it is 17.1%.

The acetic acid decomposition of the initial ore and concentrate was studied. At the same time, the extraction ratio of B_2O_3 is not more than 20%. Therefore, the ore was subjected to preliminary calcination at 900-1050 ° C for 50-60 min. At the same time, the extraction of components is significantly increased and amounts to 78.2% for the initial calcined borosilicate ore, 90.3% for the calcined concentrate at the following optimum conditions: acid concentration - 20%, temperature – 90-95 ° C, process time – 45-60 min, quantity acids 140-150% of the stoichiometric.

The kinetics of acetic acid decomposition of calcined borosilicate ore has been studied. It is established that the rate of the decomposition reaction corresponds to a first-order kinetic equation. The calculated activation energies of the process were 19 kJ / mol and 18.6 kJ / mol, respectively, for the initial ore and concentrate, which indicates the process in the diffusion region.

Based on the conducted studies, a basic technological scheme for obtaining boron product from borosilicate ore of the Ak-Arkhar deposit was developed in acetic acid method, which consists of the following stages: calcination at 950 ° C, ore crushing, acetic acid leaching, pulp filtration, product crystallization, separation and drying.

The dissertation consists of introduction, the review of the literature, four heads and conclusions. Work is stated on 105 pages of a computer set, includes 27 drawings and 14 tables. The literature list includes 125 names.

The results of the dissertation are reflected in 12 scientific publications, of which 8 articles are in peer-reviewed journals recommended by the Higher Attestation Commission, as well as in the materials of 4 international and republican conferences. 1 patent of the Republic of Tajikistan has been received.

Key words: borosilicate ore, concentrate, danburite, acetic acid, leaching, activation energy, differential thermal and X-ray phase

Разрешено к печати 26.10.2017с. Подписано в печать
06.12.2017с. Бумага офсетная. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура литературная. Печать офсетная.
Усл.печ.л.1,87. Тираж 100 экз. Заказ №67

ОАО “Чопхонаи Дониш”: 734063,
г.Душанбе, улица Айни 299/4