

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

На правах рукописи

УДК 546. 621



АЪЗАМОВ Шохрон Охонович

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ АРГИЛЛИТОВ
ЗИДДЫ И КАОЛИНОВЫХ (ЗЕЛЁНЫХ) ГЛИН МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ЧАШМА-САНГ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
КИСЛОТАМИ И СПЕКАНИЕМ С NaOH**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата 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 руководитель: 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, доцент, заведующий
кафедрой химии и биологии Российско-
Таджикского (Славянского) университета
Бердиев Асадкул Эгамович

кандидат химических наук, доцент, заведующий
кафедрой общей и неорганической химии
Таджикского технического университета
им. акад. М.С. Осими
Зоиров Хусайн Абдурахмонович

Ведущая организация: кафедра прикладной химии Таджикского
национального университета

Защита состоится 5 мая 2021 года в 11⁰⁰ 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 Национальной академии наук Таджикистана www.chemistry.tj

Автореферат разослан «____» _____ 2021 г.

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



Махкамов Х.К.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость проведения исследования. В настоящей работе рассмотрен вопрос комплексной переработки глинозёмсодержащих руд - каолиновых (зелёных) глин и аргиллитов месторождений Таджикистана кислотными методами и спеканием. Эти виды сырья приобретают определённое значение в связи с уменьшением запасов традиционного сырья – качественных бокситов, и в условиях Республики Таджикистан снижают стоимость транспортных расходов на глинозём.

Использование каолиновых (зелёных) глин и аргиллитов держивается, прежде всего, отсутствием эффективных способов их переработки. Эти виды сырья являются низкокачественными, содержащими большие количества кремнезёма и малые количества глинозёма по сравнению с бокситами.

В предлагаемой работе предложен кислотный и спекательный способы переработки каолиновых (зелёных) глин и аргиллитов, так как при кислотном способе уже в самом начале технологического процесса можно провести селективное выделение кремнезёма и, тем самым, сократить материальный поток. Однако при кислотном разложении указанных руд существуют свои проблемы – отделение и промывка кремнезёмистого шлама, очистка растворов алюминия от железа.

Спекательный способ также является перспективным способом, так как при спекании разрушаются каркасы минералов руд и, тем самым, можно достичь высокой степени извлечения полезных компонентов.

Исследованы процессы разложения алюминийсодержащих руд: аргиллитов и каолиновых (зелёных) глин месторождений Таджикистана минеральными кислотами и методы спекания с NaOH с целью получения ценных продуктов, что является актуальной задачей.

Степень изученности научной проблемы. Ранее были изучены кислотные и хлорные методы переработки алюминийсодержащих руд, которые расширяют сырьевую базу алюминиевой, химической и фарфорово-фаянсовой промышленности. В указанных работах исследована комплексная переработка руд: низкокачественных бокситов, алунитов, сиаллитов и каолиновых глин. Хотя указанные руды достаточно бедны оксидом алюминия, в их составе присутствуют другие полезные составляющие. Переработка аргиллитов и каолиновых зелёных глин Таджикистана изучена недостаточно.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования является разложение алюмосиликатных руд кислотами и спекательными методами с установлением оптимальных параметров переработки, изучение кинетических процессов, происходящих при разложении, а также поиск рациональных путей для переработки.

Объектом исследования является получение оксидов алюминия и железа путем спекания аргиллитов Зидды и каолиновых (зелёных) глин месторождения Чашма-Санг.

Предмет исследования. Переработка аргиллитов Зидды и каолиновых (зелёных) глин месторождения Чашма-Санг для получения оксидов алюминия

и железа. Разработка эффективных способов получения этих соединений.

Задачи исследования:

- исследование характеристик алюминий содержащих руд – аргиллитов и каолинового сырья – зелёных глин месторождений Таджикистана (химические и минералогические характеристики);
- изучение разложения аргиллитов и каолиновых (зелёных) глин минеральными кислотами и спеканием с NaOH;
- изучение поведения сырья при обжиге высокими температурами;
- изучение кинетики процесса разложения руды кислотным методом и методом спекания с NaOH и обработкой спека кислотным способом;
- разработка технологических основ переработки алюмосиликатной руды уксусной кислотой;
- разработка принципиальной технологической схемы по переработке алюмосиликатной руды спеканием с NaOH и дальнейшей обработкой спека реагентами.

Методы исследования. Физико-химические исследования сырья и продуктового переработки проведены с применением современных методов и оборудования, рентгенофазового анализа (РФА), дифференциально-термический анализ (ДТА). Применялся механохимический метод с использованием шаровой мельницы и химические методы анализа. Расчёт материального баланса аргиллитов и зелёных глин, термодинамическая оценка разложения каолиновых (зелёных) месторождения Чашма-Санг соляной кислотой.

Отрасль исследования относится к задачам комплексной переработки алюмосиликатных руд Таджикистана.

Этапы исследования включают изучение литературных источников по теме комплексной переработки минерального сырья, отходов алюминиевой промышленности, разработку методов анализа, постановку эксперимента по переработке алюмосиликатных руд кислотными методами и спеканием, обработку спеков кислотным разложением. Разработку принципиальных технологических схем переработки алюмосиликатных руд.

Основная информационная и экспериментальная база охватывает поиск исследовательских работ через научные журналы с использованием международных информационных систем. Особое внимание уделено электронным научным материалам, использованию компьютерных сетей. Работа выполнена в основном на базе лаборатории переработки минерального сырья и промышленных отходов Института химии им В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана. Экспериментальная база института позволяет проводить исследования по анализу руд и изучению физико-химических свойств алюмосиликатных руд. В институте имеются приборы для РФА и ДТА анализа. Разработаны эффективные методы переработки бор- и алюмосиликатных руд.

Достоверность диссертационных результатов. Подтверждается параллельными экспериментами и химическими анализами нескольких образцов и контролируемых методом физико-химического анализа.

Научная новизна исследования. Изучена переработка алюмосиликатных руд кислотными методами и спеканием, выявлены механизмы, которые происходят при переработке руд, с привлечением современных методов. Проведена разработка принципиальной технологической схемы для переработки алюмосиликатных руд различными методами.

Теоретическая ценность исследования. Теоретическая ценность работы - это раскрытие механизмов кислотного разложения и спекания аргиллитов и каолиновых (зелёных) глин Таджикистана, термодинамическая оценка протекающих процессов кислотными методами и спеканием аргиллитов и каолиновых (зелёных) глин.

Практическая ценность исследования заключается в том, что на основе проведенных исследований разработана малоотходная технология переработки аргиллитов и каолиновых глин Таджикистана кислотными методами и спеканием, которая обеспечивает их комплексную переработку. При внедрении разработанные способы могут дать определенный экономический эффект.

Положения, выносимые на защиту:

- итоги изучения аргиллитов и каолинового сырья – зелёных глин различными методами (химическими физико-химическими и минералогическими), включая продукты их разложения;
- результаты кислотного и спекательного методов разложения исходного и обожжённого алюмосодержащего сырья с минеральными кислотами, а также с NaOH;
- оптимальные параметры, найденные для процесса кислотного разложения и спекательного метода в зависимости от различных характеристик проведения процесса (температуры, времени проведения и соотношения руд и реагентов);
- результаты изучения кинетики процессов, которые происходят при кислотном и спекательном разложении алюмосиликатных руд;
- результаты предложенной технологической схемы переработки минерального сырья кислотным методом и спеканием.

Личный вклад соискателя. Охватывает постановку задач исследования, анализ литературных источников по теме диссертации, определение методов решения поставленных задач и обработку экспериментальных данных.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на: Респ. науч.-практ. конф. «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посв. Дню химика и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., академика МИА А.В. Вахобова. Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); VIII Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования», посв. 25-летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и 60-летию Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими (Душанбе, 2016); XIII Нумановских чтениях «Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан. Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); Межд. науч. конф. «Роль молодых учёных в

развитии науки, инноваций и технологий», посв. 20-летию Дня примирения Республики Таджикистан (Душанбе, 2017); Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов, устойчивых к коррозии, в промышленности Республики Таджикистан». Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2018); IV Межд. науч. конф. «Вопросы физической и координационной химии», посв. памяти д.х.н., проф. Х.М. Якубова и З.Н. Юсуфова. Таджикский национальный университет (Душанбе, 2019); XV Нумановских чтениях «Современное состояние химической науки и использование её достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан». Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2019).

Опубликование результатов диссертации. По теме диссертации опубликованы 21 работ, в том числе 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, а также 13 в материалах международных и республиканских конференций. Получены 3 малых патента Республики Таджикистан.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из трёх глав, включает введение, литературный обзор, представляет собой рукопись, изложенную на 108 страницах компьютерного набора, включает 46 рисунков, 16 таблиц, 129 литературных источников и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассматриваются физико-химические и технологические основы процессов на основе трёх- и многокомпонентных систем с участием соединений алюминия. Рассмотренные изотермы растворимости с участием соединений алюминия являются основанием для разработки отдельных стадий технологического процесса переработки алюминийсодержащих руд.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛОЖЕНИЯ АРГИЛЛИТОВ И КАОЛИНОВЫХ (ЗЕЛЁНЫХ) ГЛИН

Алюминийсодержащие руды широко представлены в месторождениях Таджикистана – это месторождения руд с высокими содержаниями алюминия – аргиллитами, цеолитами, каолинами, нефелиновыми сиенитами и др., отличающиеся между собой кристаллическими, минералогическими и химическими характеристиками.

Исследования аргиллитовых руд проводились химическим, РФА, спектральным, фотометрическим и объёмным методами. Так, определение химического состава указанных аргиллитовых руд Зиддинского месторождения показало следующие количества компонентов в составе указанных руд (мас.%): Al_2O_3 – 19,75; Fe_2O_3 – 4,99; SiO_2 – 60,; Na_2O – 0,1; K_2O – 1,2; CaO – 1,0; MgO – 1,0; п.п.п. – 10.

По данным РФА, в составе аргиллитовых руд Зиддинского месторождения имеются минералы кварц, каолинит, иллит, монтмориллонит, гематит.

Определение химического состава каолиновых (зелёных) глин Чашма-

Сангского месторождения показало следующие количества компонентов в составе указанных руд (мас.%): Al_2O_3 – 24,84; Fe_2O_3 – 10,98; SiO_2 – 50; Na_2O – 0,3; K_2O – 2,65; CaO – 1,0; MgO – 1,0; п.п.п. – 6,3.

В составе каолиновых (зелёных) глин Чашма-Сангского месторождения имеются минералы монтмориллонита, гематита, кварца, каолинита, иллита, гётита, гидраргиллита, гидрослюда.

Методы физико-химических исследований. В настоящей работе фазовые превращения аргиллитов и каолиновых (зелёных) глин изучены методом ДТА на дериватографе Q-1000 системы Паулик-Эрдей. Важным фактором при ДТА является скорость нагрева образца. В нашем случае скорость нагрева алюмосодержащих руд составляла $\pm 10^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Как известно, рентгенофазовый анализ – метод качественного или количественного определения содержания различных фаз в образцах. РФА основан на индивидуальности картины дифракции рентгеновских лучей от каждой фазы твёрдого гетерогенного образца, которая аддитивным образом проявляется на рентгенограмме. РФА почти исключительно выполняется с помощью метода порошка.

Рентгенограммы (дифрактограммы порошков) получают на рентгеновской установке ДРОН-3 с программным обеспечением. Выбор излучения проводили по рекомендациям, которые рекомендуют для минеральных руд CuK_α -излучение с никелевым фильтром, как наилучшее сочетание.

Нами сняты рентгенограммы всех исходных и обожжённых каолиновых (зеленых) глин и аргиллитов (рисунки 1 и 2).

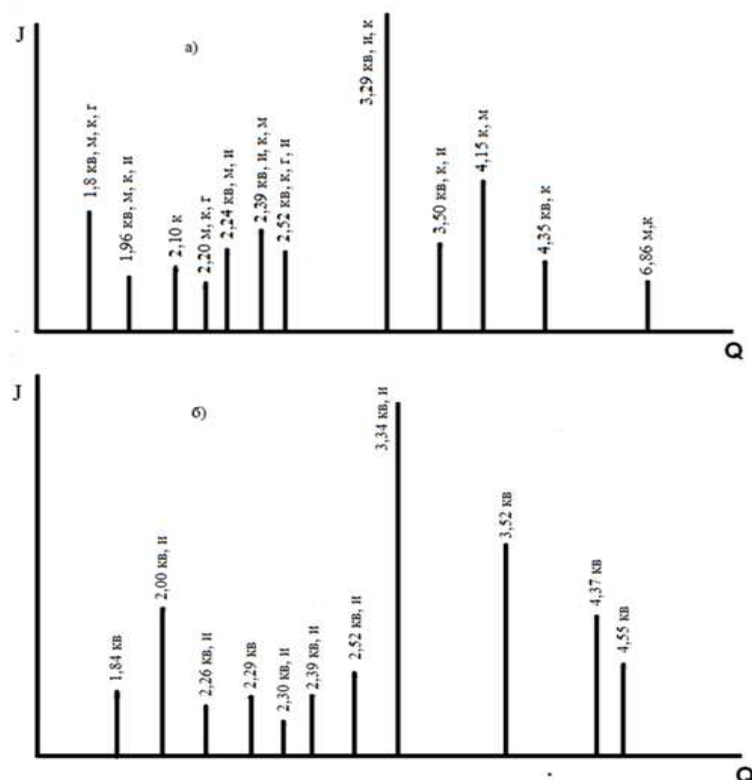


Рисунок 1 – Рентгенограмма исходного аргиллитового сырья Зиддинского месторождения (а) и после его термообработки при $t=500-550^\circ\text{C}$ (б) (минералы: кв – кварц, к – каолинит, и – иллит, м – монтмориллонит, г – гематит)

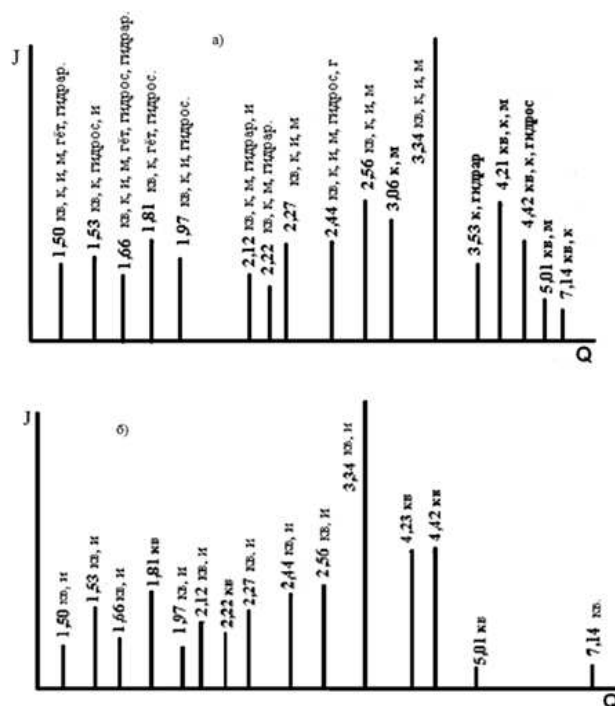


Рисунок 2 – Рентгенограмма исходного каолинового сырья – зелёной глины Чашма-Сангского месторождения (а) и после его термообработки при $t=500-550^{\circ}\text{C}$ (б) (минералы: кв – кварц, к – каолинит, и – иллит, м – монтмориллонит, гёт - гётит, гидрос – гидрослюда, г – гематит)

Термодинамическая оценка разложения каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения соляной и уксусной кислотой. В настоящем подразделе дана термодинамическая оценка кислотного разложения каолинового сырья- зелёной глины соляной и уксусной кислотами. При изучении процесса разложения минералов, составляющих каолиновые глины, необходим термодинамический анализ возможности протекания процесса с участием HCl и CH_3COOH .

Как известно, каолиновое сырьё-зелёная глина Чашма-Сангского месторождения состоит из следующих минералов: каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), гематит (Fe_2O_3), гётит ($\text{FeO}(\text{OH})$), кварц (SiO_2), монтмориллонит ($(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$), иллит ($\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$), гидрагиллит ($\text{Al}(\text{OH})_3$), гидрослюда ($3\text{NaAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$).

Результаты термодинамической оценки по солянокислотному разложению каолинового сырья –зелёной глины приводятся в таблице 1.

С соляной кислотой возможно протекание следующих реакций:

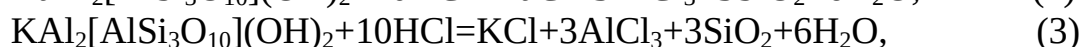
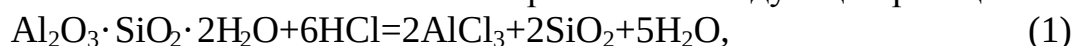


Таблица 1 – Термодинамические характеристики рассматриваемых реакций с участием соляной кислоты (схемы (1)-(6))

№ схемы	ΔH°_{298} , кДж/моль	ΔS°_{298} , Дж/моль·град	ΔG°_{298} , кДж/моль
(1)	456.2	233.8	386.53
(2)	657.3	325.5	560.301
(3)	695.8	216.72	631.21
(4)	-119	-450.6	15.279
(5)	-127	-487.4	18.245
(6)	262.1	141.3	219.99

Результаты термодинамической оценки по уксуснокислотному разложению каолинового сырья –зелёной глины приводятся в таблице 2.

При взаимодействии уксусной кислоты с минералами зелёных глин возможны следующие реакции:

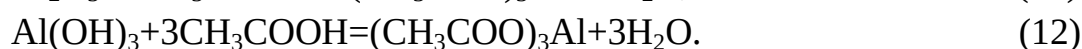
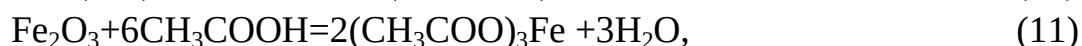
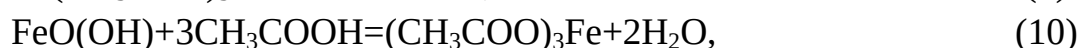
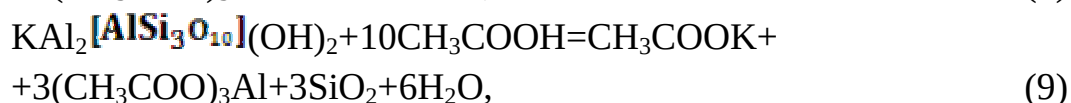
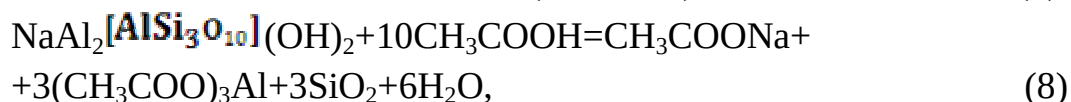
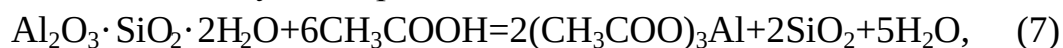


Таблица 2 – Расчёт термодинамических характеристик реакций с участием уксусной кислоты (согласно схем (7)-(12))

№ схемы	ΔH°_{298} , кДж/моль	ΔS°_{298} , Дж/моль·град	ΔG°_{298} , кДж/моль
(7)	-228.4	-804.8	11.43
(8)	-372.54	-1305.5	16.499
(9)	-334.4	-1285.4	48.649
(10)	-68.3	-445.9	64.578
(11)	-144.6	-928.6	132.12
(12)	-80.6	-378	32.044

Таким образом, разложение каолинового сырья - зелёных глин Чашма-Сангского месторождения Таджикистан соляной и уксусной кислотами зависит от изменения термодинамических величин при влиянии различных факторов

внешних условий и кинетических параметров. Низкотемпературный режим благоприятствует протеканию процесса, так как во всех случаях ΔH и ΔS имеют отрицательные значения.

ГЛАВА 3. КИСЛОТНОЕ И СПЕКАТЕЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ РУД

Физико-химические основы уксуснокислотного разложения каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения. Разложение каолинового сырья - зелёных глин месторождения Чашма-Санг уксусной кислотой проводили в гидростатированном сосуде с рубашкой ёмкостью 0,2-0,5 л, снабжённом мешалкой и обратным холодильником. При заданных температурах пробу каолинового сырья - зелёных глин помещали в реактор с добавлением уксусной кислоты в определённых соотношениях.

После окончания процесса уксуснокислотного разложения пульпу отфильтровывали и определяли химический состав твёрдой и жидкой фазы.

Изучены условия разложения каолинового сырья - зелёных глин уксусной кислотой в зависимости от температуры, концентрации CH_3COOH и продолжительности процесса (рисунок 3). Обжиг образцов проводили при температуре 500-550°C. Уксусную кислоту дозировали из расчёта стехиометрического количества.

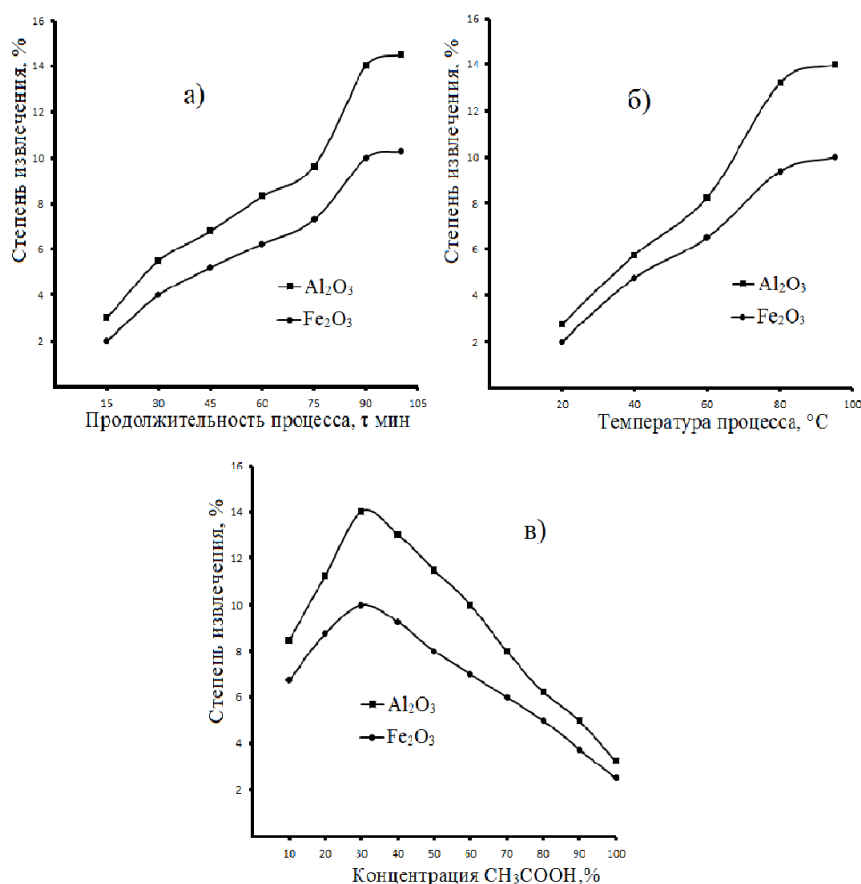


Рисунок 3 - Зависимость степени извлечения Al_2O_3 (1) и Fe_2O_3 (2) в раствор от: температуры (а), продолжительности процесса (б) и концентрации CH_3COOH (в) при уксуснокислотном разложении каолинового сырья - зелёной глины месторождения Чашма-Санг

Как видно из рисунка 3, при уксуснокислотном разложении степень извлечения оксидов незначительна, однако учитывая доступность уксусной кислоты и получение ацетатных солей алюминия и железа, которые широко используются в различных отраслях медицины и промышленности, этот метод имеет определённое значение и вполне может быть использован для разложения алюмосиликатных руд

Таким образом, при уксуснокислотном разложении каолинового сырья - зелёных глин можно рекомендовать следующие оптимальные параметры процесса: температура разложения 95-98°C, длительность процесса 90 минут, концентрация кислоты 30%, при которых извлечение Al_2O_3 составляет 14%, Fe_2O_3 10%.

Изучение кинетики разложения каолиновых (зелёных) глин уксусной кислотой. Характер кинетических кривых (рисунок 4а) разложения каолинового сырья - зелёных глин уксусной кислотой при извлечении в раствор оксида алюминия указывает на то, что разложение руды при температуре 95°C и продолжительности 90 мин протекает быстро и извлечение Al_2O_3 составляет 13-14%. При 80°C переход в раствор Al_2O_3 составляет 8-10%.

Скорости разложения каолинового сырья - зелёных глин рассчитали, используя кинетическое уравнение первого порядка.

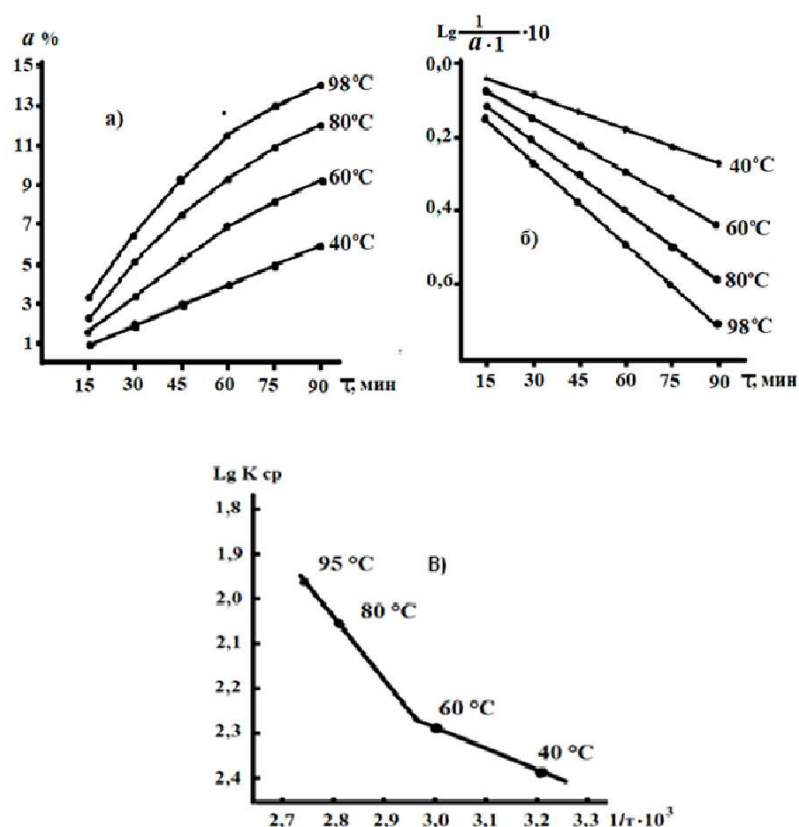


Рисунок 4 - Зависимость степени извлечения Al_2O_3 от продолжительности процесса (а), $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (б) и зависимости $\lg K_{cp}$ от обратной абсолютной температуры - $1/T + 10^3$ (в) при извлечении в раствор Al_2O_3 после обработки 30% уксусной кислотой каолинового сырья - зелёной глины месторождения Чашма-Санг

Кинетические кривые процесса разложения при температуре 40°C имеют прямолинейный характер, а выше 60°C – параболический.

При температуре выше 60°C глинозёмсодержащие минералы каолинового сырья - зелёной глины разлагаются.

На графике зависимости $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (рисунок 4б) полученные кривые имеют отрицательный наклон, равный – $K/2,303$. Кажущаяся энергия активации (E) и предэкспоненциальный множитель K_0 определяли графическим методом.

Зависимости степени извлечения Fe_2O_3 от указанных показателей определялись аналогично, как и для оксида алюминия. При температуре от 40 до 60°C энергия активация процесса составляет для Al_2O_3 – 7,63 кДж/моль, а при температурах от 80 до 95°C – 19,685 кДж/моль, для Fe_2O_3 при температуре от 40 до 60°C энергия активация процесса равна 7,619 кДж/моль, а при температурах от 80 до 95°C – 6,5126 кДж/моль, что свидетельствует о протекании процессов в диффузионной области.

Водно-солянокислотное разложение каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения Таджикистана с предварительным спеканием с гидроксидом натрия. На первой стадии при спекании каолинового сырья - зелёной глины с гидроксидом натрия при температуре 800-850°C и продолжительности 1 час, с дальнейшим растворением в воде, в раствор переходит 10-12% Al_2O_3 , а Fe_2O_3 в раствор не переходит. На второй стадии при солянокислотном разложении в раствор переходит 82-85% Al_2O_3 и 55-57% Fe_2O_3 (рисунок 5).

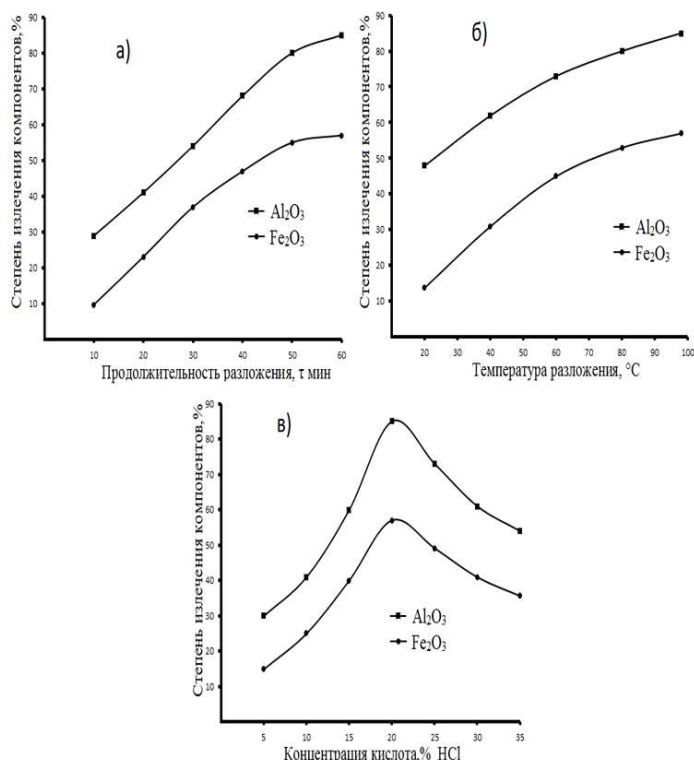


Рисунок 5 - Зависимость степени извлечения оксидов алюминия и железа в раствор от: температуры (а), продолжительности процесса (б) и концентрации соляной кислоты (в) (1 - Al_2O_3 , 2 - Fe_2O_3)

Как видно из рисунка 5, максимальная степень извлечения компонентов достигается при температуре 98°C и составляет: для Al_2O_3 85%, для Fe_2O_3 57%.

Таким образом, можно рекомендовать следующие условия разложения каолинового сырья - зелёной глины месторождения Чашма-Санг: спекание при температуре 800-850°C, соотношение руды и гидроксида натрия = 1:0,75, продолжительность спекания 1 час, температура водно-и солянокислотного разложения 98°C, продолжительность обработки водой 50 мин, соляной кислотой 60 мин, концентрация соляной кислоты 20%, размер частиц 0,1мм. При этих условиях извлечение Al_2O_3 составляет 85%, Fe_2O_3 - 57%.

Проведен стехиометрический расчет соляной кислоты при разложении исходной зелёной глины месторождения Чашма-Санг, который показал, что для разложения 1000 г исходной зелёной глины потребуется 646 г соляной кислоты.

Кинетика солянокислотного разложения каолинового сырья - зелёной глины месторождения Чашма-Санг с предварительным спеканием с гидроксидом натрия. Характер кинетических кривых (рисунок 6а) разложения каолинового сырья - зелёной глины соляной кислотой при извлечении в раствор Al_2O_3 указывают на то, что разложение зелёной глины при температуре 98°C и продолжительности 1 час протекает значительно быстрее, достигая 83-85%, а при 80°C за это же время извлечение оксида алюминия составляет 82%.

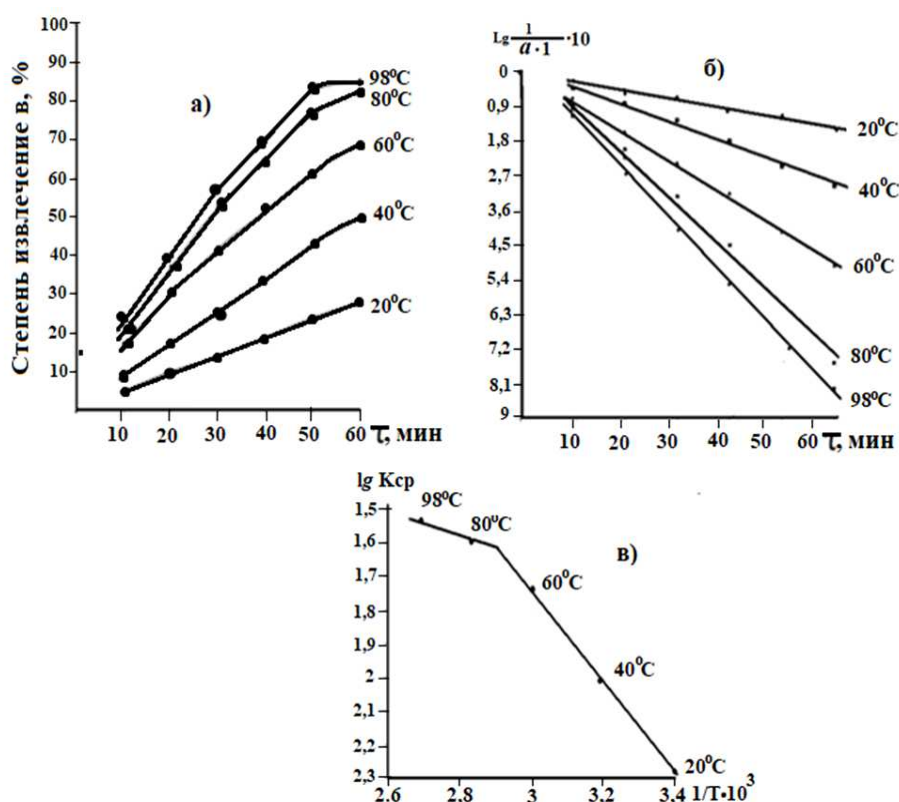


Рисунок 6 - Зависимость степени извлечения Al_2O_3 от: продолжительности процесса разложения (а), зависимости $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (б) и зависимость $\lg K_{sp}$ от обратной абсолютной температуры ($1/T \cdot 10^3$) (в) при извлечении Al_2O_3 в раствор в результате обработки 20% соляной кислотой каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Санга с предварительным спеканием с гидроксидом натрия

Константы скорости разложения зелёной глины рассчитывали, используя кинетическое уравнение первого порядка. Построенный график зависимости $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (рисунок 6б) представляет прямые линии, имеющие наклон, равный 46-48 градусов. Изменение константы скорости разложения зелёной глины соляной кислотой от температуры процесса подчиняются закону Аррениуса, что подтверждается линиями, преломляющимися между 60 и 80°C при зависимости $\lg K_{\text{ср}}$ от $1/T \cdot 10^3$ (рисунок 6в).

Кажущуюся энергию активации процесса разложения зелёной глины соляной кислотой рассчитывали по уравнению Аррениуса, которая при температурах от 20 до 60°C составила 25,46 кДж/моль. Численное значение энергии активации свидетельствует о протекании процесса в смешанной области, при температурах 80-98°C составила 8,006 кДж/моль, что свидетельствуют о протекании процесса в диффузионной области.

Характер кинетических кривых (рисунок 7а) разложения зелёной глины соляной кислотой при извлечении в раствор оксида железа указывает на то, что при разложении зелёной глины при температуре 98°C в течение часа достигается извлечение Fe_2O_3 , равно 55-57%. При 80°C за это время достигается 51% извлечение Fe_2O_3 .

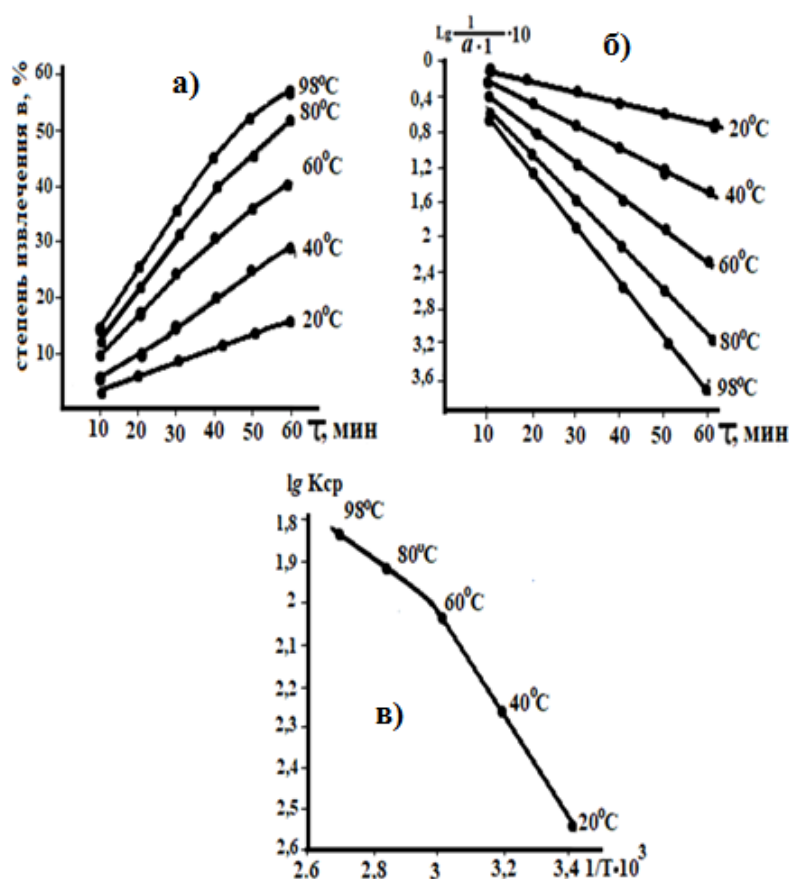


Рисунок 7- Зависимость степени извлечения Fe_2O_3 от: продолжительности процесса разложения (а), зависимости $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (б) и зависимости $\lg K_{\text{ср}}$ от обратной абсолютной температуры ($1/T \cdot 10^3$) (в) при извлечении Fe_2O_3 в раствор в результате обработки 20% соляной кислотой каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Санга с предварительным спеканием с NaOH

Константы скорости разложения зелёной глины рассчитывали, используя кинетическое уравнение первого порядка.

Построенный график зависимости $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (рисунок 7б) представляет прямые линии, имеющие наклон, равный 48-50 градусов.

Изменение константы скорости разложения зелёной глины соляной кислотой от температуры процесса подчиняются закону Аррениуса, что подтверждается линиями, преломляющимися между 60 и 80°C при зависимости $\lg K_{cp}$ от $1/T \cdot 10^3$ (рисунок 7в).

Кажущуюся энергию активации процесса разложения зелёной глины соляной кислотой рассчитывали по уравнению Аррениуса, которая при температурах от 20 до 60°C составила 47,04 кДж/моль. Численное значение энергии активации свидетельствуют о протекании процесса в кинетической, близкой к смешанной области, при температурах 80-98°C составила 12,8 кДж/моль, что свидетельствуют о протекании процесса в диффузионной области.

Сернокислотное разложение аргиллитов Зиддинского месторождения с предварительным спеканием с NaOH. Результаты РФА исходного аргиллита приведены на рисунке 8а, а результаты РФА после спекания аргиллита при температуре 800-850°C с NaOH и с последующим водным и кислотным разложением (40% H₂SO₄) при 98°C с продолжительностью процесса 1 час приведены на рисунке 8б.

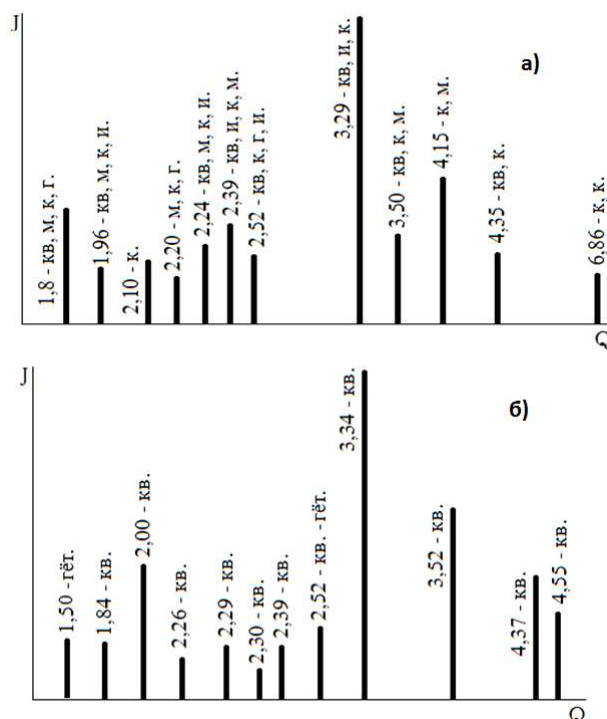


Рисунок 8 - Рентгенограмма исходного аргиллита месторождения Зидды (а) и спека при температуре 800-850°C с последующим разложением 40% H₂SO₄ (б): кв – кварц; к – каолинит; и – иллит; м – монтмориллонит; г – гематит

Для изучения технологии переработки аргиллитов использовали серную кислоту, которая является отходом производственного объединения «Таджикхимпром» (г.Яван). Эта кислота используется в процессе сушки

газообразного хлора: отработанная кислота нейтрализуется известняком и выбрасывается в шламонакопители. Порода аргиллита измельчалась в лабораторной шаровой мельнице до размера частиц 0,1 мм и менее. Измельченная проба подвергалась спеканию с гидроксидом натрия при температуре 800-850°C в течение 60 мин. Спёк подвергали водной обработке при температуре 80°C в течение 30-50 мин, затем сернокислотной обработке (концентрация серной кислоты 40%) в течение 60 мин при 90-98°C. Опыты проводили в термостате с обратным холодильником, после чего фильтровали пульпу, промывали полученный нерастворимый осадок водой и проводили анализ по общепринятой методике. Таким образом, в результате выполненных исследований можно рекомендовать следующие условия разложения аргиллитов месторождения Зидды: температура спекание – 800-850°C; температура водной обработки 80°C в течение 30-50 мин и с последующим кислотным разложением при температуре 90-98°C; продолжительность сернокислотной обработки 60 мин; концентрация H_2SO_4 40% и размер частиц 0,1 мм и менее.

Кинетика сернокислотного разложения аргиллитовой руды Зиддинского месторождения. Характер кинетических кривых (рисунок 9а) разложения аргиллитов месторождения Зидды серной кислотой при извлечении в раствор оксида алюминия указывает на то, что разложение аргиллита происходит очень быстро, и в течение 1 часа достигается 88-92% извлечение при температуре 98°C. При 80°C за это же время достигается 83% извлечение.

Константы скорости разложения аргиллитов рассчитывали, используя кинетическое уравнение первого порядка.

Построенный график зависимости (рисунок 9б) $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени представляет собой прямые линии, имеющие наклон, равный 55-60 градусов. Изменение константы скорости разложения аргиллитов серной кислотой от температуры процесса подчиняется закону Аррениуса, что подтверждается прямолинейной зависимостью $\lg K_{cp}$ от $1/T \cdot 10^3$ (рисунок 9в).

Кажущуюся энергию активации процесса разложения аргиллитов серной кислотой рассчитывали по уравнению Аррениуса, которая составила 45,65 кДж/моль. Численное значение энергии активации свидетельствует о протекании процесса в смешанной, близко к кинетической области.

Характер кинетических кривых (рисунок 10а) при извлечении в раствор оксида железа указывает на то, что разложение аргиллита происходит также быстро в течение 1 часа, и достигается 48-56% извлечение при температуре 98°C. При 80°C за это время достигается 48% извлечение.

Константы скорости разложения аргиллитов рассчитывали по кинетическому уравнению первого порядка. Построенный график зависимости (рисунок 10б) $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени представляют собой прямые линии, имеющие наклон 45-55 градусов.

Изменение константы скорости разложения аргиллитов Зиддинского месторождения серной кислотой от температуры процесса подчиняется закону Аррениуса, что подтверждается прямолинейной зависимостью $\lg K_{cp}$ от $1/T \cdot 10^3$ (рисунок 10в).

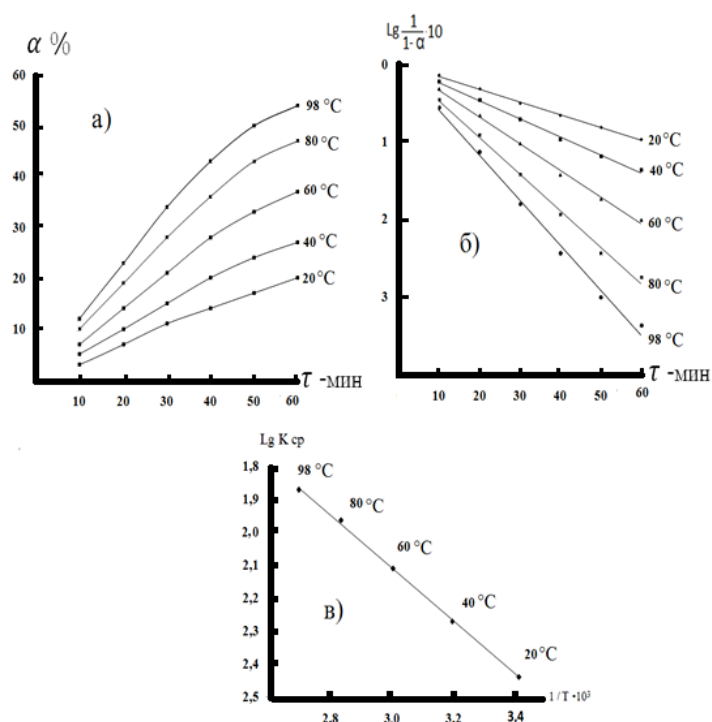


Рисунок 9 - Зависимость степени извлечения Al_2O_3 от: продолжительности процесса разложения (а), зависимости $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (б) и зависимости $\lg K_{cp}$ от обратной абсолютной температуры ($1/T \cdot 10^3$) (в) в результате спекания аргиллитов месторождения Зидды с гидроксидом натрия и водно-сернокислотной обработки 40% H_2SO_4

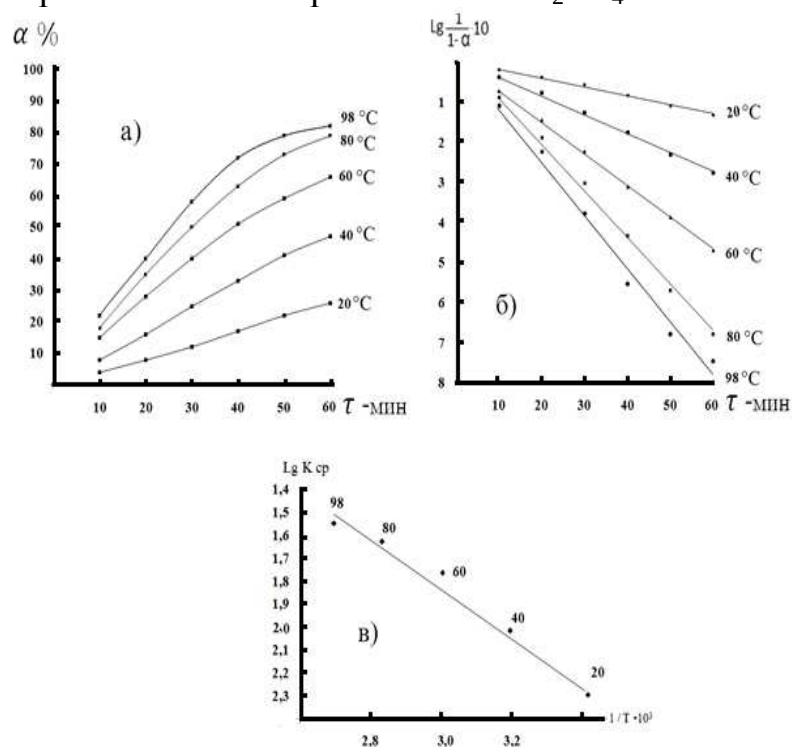


Рисунок 10 - Зависимость степени извлечения Fe_2O_3 от: продолжительности процесса разложения (а), зависимости $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ от времени (б) и зависимости $\lg K_{cp}$ от обратной абсолютной температуры ($1/T \cdot 10^3$) (в) в результате спекания аргиллитов месторождения Зидды с гидроксидом натрия и водно-сернокислотной обработки 40% H_2SO_4

Кажущуюся энергию активации процесса разложения аргиллитов серной кислотой рассчитывали по уравнению Аррениуса, она составила 39,57 кДж/моль. Численное значение энергии активации свидетельствует о протекании процесса в смешанной области.

Спекание каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения с гидроксидом натрия с последующим водно-сернокислотным разложением. Каолиновое сырьё - зелёные глины содержат незначительные количества следующих минералов: кварц, каолинит, иллит, монтмориillonит, гётит, гематит, гидрослюда, гидраргиллит.

Было проведено изучение каолинового сырья - зелёной глины после спекания при температуре 800-850°C и водно-сернокислотной обработки. Показано, что спёк послеводно-кислотного разложения состоит в основном из минералов: кварца и незначительного количества гематита.

В результате выполненных исследований можно рекомендовать следующие условия спекания: спекание при 800-850°C в течение 60 мин, водная обработка при 80°C в течение 30-50 мин и кислотное разложение при 98°C в течение 60 мин; концентрация H₂SO₄ 40%; размер частиц 0,1 мм и менее.

Принципиальная технологическая схема для комплексной переработки аргиллитов Зиддинского месторождения и каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения серной кислотой. Разработана принципиальная технологическая схема переработки каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Санга спеканием с гидроксидом натрия и последующим водно-сернокислотным разложением (рисунок 11).

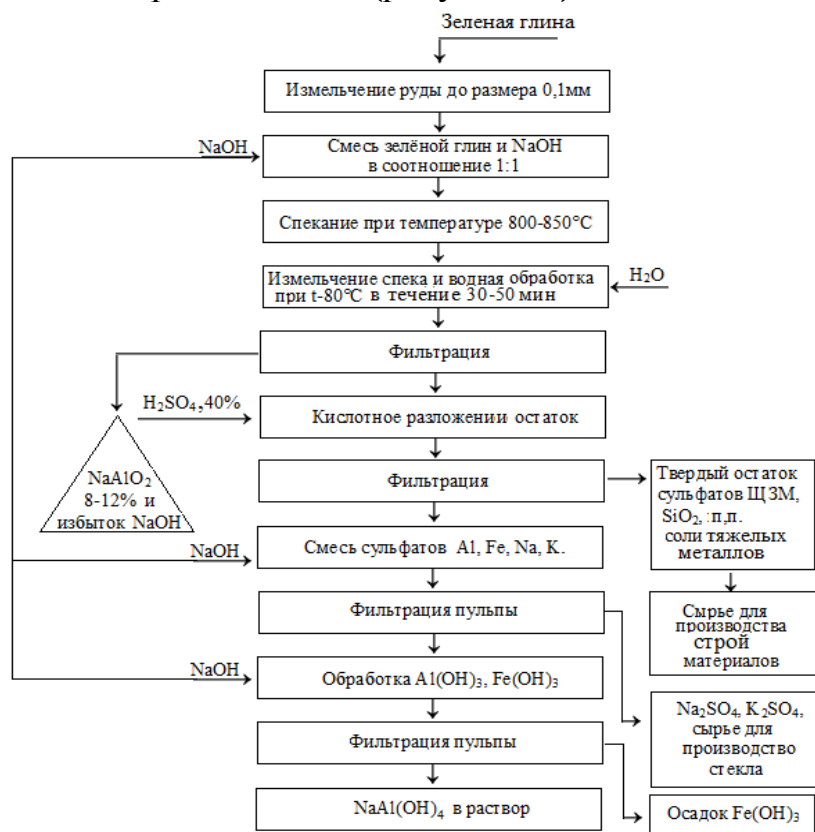


Рисунок 11 – Принципиальная технологическая схема переработки каолинового сырья - зелёных гли Чашма-Санга спеканием и сернокислотным разложением

Способ переработки включает в себя следующие основные стадии: - измельчение сырья до размера частиц 0,1 мм; смешение зелёной глины с гидроксидом натрия в соотношении 1:1; спекание при температуре 800-850°C; измельчение спёка и водная обработка при температуре 80°C в течение 30-50 мин; фильтрация, разделение алюмината натрия 8-12% гидроксидом натрия от твёрдого остатка; кислотное разложение 40% H_2SO_4 ; разделение пульпы отстаиванием и фильтрованием.

Таким образом, можно рекомендовать следующие условия разложения каолинового сырья - зелёной глины месторождения Чашма-Санг: спекание при температуре 800-850°C, соотношение руды и гидроксида натрия = 1:1, продолжительность спекания 1 час, температура водного и сернокислотного разложения 98°C, продолжительность обработки водой 30-50 мин, а обработки серной кислотой 60 мин, концентрация серной кислоты 40%, размер частиц 0,1 мм. При этих условиях извлечение Al_2O_3 составляет 83%, Fe_2O_3 - 57%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации:

1. Изучены физико-химические свойства аргиллитов и каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения дифференциально-термическим и рентгенофазовым методами анализа. Проведён расчёт материального баланса разложения указанных алюмосиликатов [1, 6-А].
2. Дан термодинамический анализ протекающих процессов при разложении каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения уксусной и соляной кислотами [7, 21-А].
3. Найдены оптимальные параметры разложения каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения уксусной кислотой: предварительная термическая обработка при $t=500-550^\circ\text{C}$ в течение одного часа; разложение уксусной кислотой (30%) при $t=98^\circ\text{C}$ один час [13, 15-А].
4. Изучены кинетические характеристики уксуснокислотного разложения каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения. Определены кажущиеся энергии активации данного процесса - для оксида алюминия 7,63 кДж/моль и оксида железа 6,50 кДж/моль, процесс происходит в диффузионной области значений [15, 22-А].
5. Изучено спекание каолинового сырья - зелёной глины и аргиллитов месторождения Чашма-Санг с NaOH и последующим водно-кислотным разложением спёка соляной и серной кислотами. Найдены оптимальные параметры выделения полезных компонентов из указанных алюмосиликатных руд [2-6, 8, 10, 11, 17-А].
6. Изучена кинетика серно- и солянокислотного разложения каолинового сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения и аргиллитов Зиддинского месторождения с предварительным спеканием с гидроксидом натрия. Найдена энергия активации процесса, свидетельствующая о его протекании в кинетической области [14, 16, 18-А].
7. Проведена разработка обобщённых технологических схем по комплексной переработке аргиллитовых руд Зиддинского месторождения и каолинового

сырья - зелёной глины Чашма-Сангского месторождения сернокислотным методом [9, 12, 20, 21-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов:

- разработанную технологию переработки алюмосиликатных руд Таджикистана рекомендовано использовать для получения соединений алюминия и железа;
- также разработанную технологию рекомендовано использовать при переработке руд минеральными кислотами (H_2SO_4 , HCl) с целью получения сульфатов алюминия и железа, которые используются в качестве коагулянтов для очистки питьевой воды;
- соединения сульфаты натрия и калия используются при производстве стекла, а остальная часть кремнезема используется в строительных материалах;
- рекомендовано разложение каолинового сырья – зелёной глины с применением уксусной кислоты. Показано получение ацетатов алюминия и ацетатов железа, используемых, как сырьё в текстильной промышленности и в медицине в качестве гомеопатических препаратов.

**СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

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

[1-А]. Мирзоев, Д.Х. Влияние продолжительности процесса и концентрации минеральных кислот на степень извлечения глинозёма из алюмосиликатных руд / Д.Х. Мирзоев, А.М. Каюмов, С.М. Гафорзода, **Ш.О. Аъзамов** // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2016.- Т.59.- №3-4.- С. 1124-1127.

[2-А]. Мирзоев, Д.Х. Влияние продолжительности процесса и концентрации минеральных кислот на степень извлечения глинозема из алюмосиликатных руд / Д.Х. Мирзоев, А.М. Каюмов, С.М. Гафорзода, **Ш.О. Аъзамов** // Известия АН Республики Таджикистан.- 2016.- Т.59.- №3-4.- С. 146-150.

[3-А]. Мирзоев, Д.Х. Водно-солянокислотное разложение зеленых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана с предварительным спеканием с гидроксидом натрия / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Ш.Д. Отаев // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2018.- Т.61.- №5.- С. 467-469.

[4-А]. **Аъзамов, Ш.О.** Водно-сернокислотное разложение аргиллитов Зидды с предварительным спеканием с гидроксидом натрия / Ш.О. Аъзамов, Д.Х. Мирзоев, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2019.-Т.62.- №5-6.- С. 317-319.

[5-А]. Мирсаидов, У.М. Извлечение глинозема из алюмосиликатных руд Таджикистана солянокислотным разложением / У.М. Мирсаидов, Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, Н.М. Джамолов // Известия АН Республики Таджикистан.- 2019.- № 2(175).- С. 65-70.

[6-А]. Мирзоев, Д.Х. Особенности переработки аргиллитов месторождения Зидды Таджикистана спеканием с гидроксидом натрия / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.- 2020.- №3.- С. 38-42.

[7-А]. Мирзоев, Д.Х. Термодинамическая оценка разложения зелёных глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана соляной кислотой / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О.**

Аъзамов, Н.М. Джамолов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.- 2020.- №3(180).- С. 171-174.

[8-А]. Мирзоев, Д.Х. Физико-химические основы сернокислотного разложения зелёных глин с предварительным спеканием с гидроксидом натрия / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, А.М. Каюмов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.- 2020.- №2(179).- С. 81-88.

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

[9-А]. Мирзоев, Д.Х. Разработка технологии переработки каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Республики Таджикистан минеральными кислотами / Д.Х. Мирзоев, М.М. Худойкулов, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорова, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов // Межд. науч. конф. «Роль молодых учёных в развитии науки, инноваций и технологий», посвящ. 25-летию государственной Независимости Республики Таджикистан.- Душанбе, 2016.- С. 152-155.

[10-А]. Мирзоев, Д.Х. Солянокислотное разложение каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Республики Таджикистан / Д.Х. Мирзоев, М.М. Худойкулов, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорова, У.М. Мирсаидов // Респ. науч.-практ. конф. «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посвящ. Дню химика и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., академика МИА А.В. Вахобова.- Душанбе, 2016.- С. 118-120.

[11-А]. Мирзоев, Д.Х. Хлорное и кислотное разложение алюмосиликатных руд Таджикистана / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорова, С.А. Бахронов, У.М. Мирсаидов // VIII Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования», посвящ. 25-летию государственной Независимости Республики Таджикистан и 60-летию Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими.- 2 часть.- Душанбе, 2016.- С. 34-35.

[12-А]. Мирзоев, Д.Х. Переработка аргиллитов месторождения Чашма-Санг минеральными кислотами / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорова, С.М. Бахронов, У.М. Мирсаидов // XIII Нумановские чтения «Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан», посвящ. 70-летию образования Института химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан.- Душанбе, 2016.- С. 87-90.

[13-А]. Мирзоев, Д.Х. Выщелачивание каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Республики Таджикистан уксусной кислотой / Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорова // Межд. науч. конф. «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий», посвящ. 20-летию Дня примирения Республики Таджикистан.- Душанбе, 2017.- С. 40-43.

[14-А]. Отаев, Ш.Д. Оценка процесса разложения каолиновых глин минеральными кислотами / Ш.Д. Отаев, С.М. Гафорова, **Ш.О. Аъзамов**, Д.Х. Мирзоев // Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов, устойчивых к коррозии, в промышленности Республики Таджикистан».-Душанбе, 2018.- С. 126-128.

[15-А]. Мирзоев, Д.Х. Оценка процесса разложения каолиновых глин минеральными кислотами и уксусной кислотой / Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, С.М. Гафорова, **Ш.О. Аъзамов** // Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов, устойчивых к коррозии, в промышленности Республики

Таджикистан».- Душанбе, 2018.– С. 24-25.

[16-А]. Мирзоев, Д.Х. Изучение кинетики солянокислотного разложения зеленой глины месторождения Чашма-Санг с предварительным спеканием с гидроксидом натрия / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Ш.Д. Отаев // IV Межд. науч. конф. «Вопросы физической и координационной химии», посвящ. памяти д.х.н., проф. Х.М. Якубова и З.Н. Юсуфова.- Душанбе, 2019.- С. 145-149.

[17-А]. Мирзоев, Д.Х. Спекание каолиновых глин с хлоридом кальция / Д.Х. Мирзоев, С.М. Гафорода, Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, С.Д. Махмаднабиев // XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан». - 2019.- С. 22-24.

[18-А]. Мирзоев, Д.Х. Кинетика разложения зеленых глин соляной кислотой с предварительным спеканием с хлористым кальцием / Д.Х. Мирзоев, С.М. Гафорода, Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, А.М. Каюмов // XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан».- 2019.- С. 24-26.

[19-А]. Отаев, Ш.Д. Получение комплексных удобрений из аргиллитов и каолиновых глин / Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, Г.У. Бахридинова, Д.Х. Мирзоев, У.М. Мирсаидов / XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан». - 2019.- С. 27-28.

[20-А]. Мирзоев, Д.Х. Получение эфиратов хлористого алюминия из аргиллитов и каолиновых глин / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Ш.Д. Отаев, О.А. Азизов, Д.Х. Джураев // XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан».- 2019.- С. 29-30.

[21-А]. Мирзоев, Д.Х. Термодинамический анализ протекающих процессов при разложении каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана уксусной кислотой / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Н.М. Джамолов, Ш.Д. Отаев // Респ. науч.-теор. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвящ. 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., проф., акад. АН РТ И.У. Нуманова.– Душанбе, 2020.– С. 295.

Изобретений:

[22-А]. Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1073. Способ получения хлористого алюминия в диэтиловом эфире / **Ш.О. Аъзамов**, Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, П.М. Ятимов, У.М. Мирсаидов.- Дата подачи 12.12.2018г. –Зарег. 03.04.2020г.

[23-А]. Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1100. Способ переработки алюмосиликатов методом активации / **Ш.О. Аъзамов**, Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, А.М. Каюмов, О.А. Азизов, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов.– Дата подачи 23.04.2020г.– Зарег. 26.06.2020г.

[24-А]. Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1109. Способ получения алюмогидридов металлов из алюмосиликатных руд / **Ш.О. Аъзамов**, У.М. Мирсаидов, Д.Х. Мирзоев, А.М. Каюмов, Ш.Д. Отаев, О.А. Азизов, А. Бадалов.– Дата подачи 24.04.2020г.– Зарег. 19.08.2020г.

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

Бо ҳуқуқи дастнавис

УДК 546.621



АЪЗАМОВ Шохрон Охонович

**АСОСҲОИ ФИЗИКАВӢ-ХИМИЯВИИ КОРКАРДИ
АРГИЛЛИТҲОИ ЗИДӢ ВА ГИЛҲОКҲОИ КАОЛИНИ (САБЗ)-И
КОНИ ЧАШМА-САНГИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
БО КИСЛОТАҲО ВА ГУДОХТАКУНӢ БО NaOH**

АВТОРЕФЕРАТИ

**диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмӣ
номзади илмҳои техникӣ аз рӯйи ихтисоси
05.17.01 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ**

Душанбе – 2021

Диссертатсия дар озмоишгоҳи коркарди комплекси ашё ва партовҳои саноати Институти кимиё ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон иҷро шудааст.

Роҳбари илмӣ:

доктори илмҳои химия, профессор,
академики АМИТ, сарҳодими илми Институти
кимиё ба номи В.И. Никитини Академияи
миллии илмҳои Тоҷикистон
Мирсаидов Улмас Мирсаидович

Муқарризони расмӣ:

доктори илмҳои техникӣ, дотсент, мудири
кафедраи «Химия ва биология»-и Донишгоҳи
Россияву (Славянию) Тоҷикистон
Бердиев Асадқул Эгамович

номзади илмҳои химия, дотсент, мудири
кафедраи «Химияи ғайриорганикӣ ва умумӣ»-и
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи
академик М.С. Осимӣ
Зоиров Хусайн Абдурахмонович

Муассисаи пешбар:

кафедраи химияи амалии Донишгоҳи миллии
Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия 5 майи соли 2021, соати 11⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-007 назди Институти кимиё ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон баргузор мегардад.
Суроға: 734063, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2,
E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи Институти химия ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон шинос шавед:
www.chemistry.tj

Автореферат санаи «___» _____ соли 2021 тавзеъ шудааст.

Котиби илмӣ
Шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои химия

Маҳкамов Х.Қ.

МУҚАДДИМА

Мубрамӣ ва зарурати баргузори таҳқиқот. Дар ин кор масъалаи коркарди комплекси маъданҳои гилхокдори гилҳои каолинӣ (сабз) ва аргиллитҳои конҳои Тоҷикистон бо усули кислотагӣ ва ғудохтакунии баррасӣ шудааст. Ин нави ашёҳо дар робита бо камшавии захираҳои ашёи муқаррари бокситҳои сифатӣ аҳамияти муайяни авлият дорад ва дар шароитҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон арзиши масрафи нақлиётро барои интиқоли гилхокҳо кам мекунад.

Истифодаи бурдани гилҳои каолинӣ (сабз) ва аргиллитҳо пеш аз ҳама зимни набудани тариқаҳои самараноки коркарди онҳо нигоҳ дошта мешаванд. Ин намуди ашё сифати паст дошта, миқдори зиёди кремнезём ва миқдори ками глинезёмро дар қиёс бо бокситҳо дорад. Дар қори пешниҳодшаванда усулҳои коркарди кислотагӣ ғудохтакунии гилҳои каолинӣ (сабз) ва аргиллитҳо оварда шудаанд. Дар усули кислотагӣ аллакай дар ибтидои раванди технологӣ ҷудокунӣ селективнокии кремнезёмро бо кам кардани ҷараёни маводӣ (материальный поток) гузаронидан лозим аст. Аммо тариқаи кислотагии таҷзияи маъдани мазкур масъалаҳои худро дорад: ҷудокунӣ ва шустани силикати кремнезёмӣ тозакунии маҳлулҳои алюминий аз оҳан.

Усули ғудохтакунии низ тариқаи ояндадор буда, зимни ғудохтани қолаб (каркас)–ҳои минералҳои маъдан вайрон шуда, ба дараҷаи баланди компонентҳои ғоиданок расиданаш мумкин аст.

Равандҳои таҷзияи маъданҳои алюминий дар таҳқиқоти аргиллитҳо ва гилҳои каолинӣ (сабз)-и конҳои Тоҷикистон бо кислотаҳои минералӣ ва бо усули ғудохтакунии бо NaOH ҷиҳати дарёфти маҳсулоти арзишманд, ки ин масъалаи муфид мебошад.

Дараҷаи омӯхташудаи масъалаи илмӣ. Коркарди ашёҳои алюминийдор қаблан бо методҳои кислотагӣ ва хлорронӣ омӯхта шуданд. Ин маъданҳо манбаи ашёи хоми саноати алюминий дар соҳаи кимиёвӣ ва фарфорӣ ғаянсиро васеъ мегардонанд. Дар таҳқиқоти нишондодашуда, раванди коркарди комплекси маъданҳо, бокситҳои сифати пастдошта, алунитҳо, гилҳои каолинӣ омӯхта шудаанд. Ин маъданҳо дар таркибашон миқдори ками оксиди алюминийро доранд ва таркиби онҳо дигар компонентҳои ғоидаварро дар бар мегиранд. Коркарди аргиллит ва гилҳои каолини сабз дар Тоҷикистон ба таври нокифоя ба назар мерасад.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот ин омӯختани равандҳои таҷзияи маъданҳои алюминийдор бо усулҳои коркарди кислотагӣ ва ғудохтакунии барои муайян кардани параметрҳои оптималии омӯзиши коркарди равандҳои кинетикӣ, ки ҳангоми таҷзия ва ҷустҷӯӣ равандҳои самаранокии коркард мебошад.

Объекти таҳқиқот ин ҳосил кардани оксидҳои алюминий ва оҳан мебошад. Бо усули ғудохтакунии аргиллитҳои қони Зиддӣ ва гилхокҳои каолинии (сабз) қони Чашма-Санг аст.

Мавзӯи таҳқиқот. Коркарди аргиллитҳои қони Зиддӣ ва гилхокҳои каолини (сабз)-и қони Чашма-Санг барои ба даст овардани оксидҳои алюминий

ва оҳан истифода бурда мешаванд. Барои ҳосил кардани ин пайвастагиҳо аз усулҳои ғоидаовари коркард истифода меkunанд.

Масъалаҳои таҳқиқот:

- омӯхтани таркиби химиявӣ минералогии маъданҳои алюмосиликатӣ (аргилитҳо ва гилҳоҳои каолинӣ (сабз))-и конҳои Тоҷикистон;
- омӯзиши раванди таъзияи аргиллит ва гилҳои каолинӣ (сабз) бо кислотаҳои минералӣ ва ғудохтакуни бо NaOH;
- омӯхтани рафтори ашё ҳангоми сӯзонидан дар ҳарорати баланд;
- омӯзиши кинетикаи раванди таъзияи маъдан бо усули кислотагӣ ва бо тарзи ғудохтакуни бо NaOH, коркарди ғудохта бо усули кислотагӣ;
- коркарди асосҳои технологияи азнавкоркарди маъданҳои алюмосиликатӣ бо кислотаи атсетат (сирко);
- коркарди нақшаи принципалии технологияи азнавкоркарди маъданҳои алюмосиликатӣ бо усули ғудохтакуни бо NaOH ва коркарди минбаъдаи ғудохта.

Усулҳои таҳқиқот. Таҳқиқоти физикавӣ химиявӣ ашёи хом ва маҳсули коркарди он бо истифода аз усулҳо ва таҳҳизотҳои муосир: таҳлили рентенофазаӣ (ТРФ), таҳлили ҳароратии дифференциалӣ (ТХД), усули механикӣ химиявӣ бо истифода аз осеҳои саққочагӣ ва усулҳои химиявӣ таҳлилӣ (комплексметрия ва планофотометрия). Тарзи моддӣ (материальный баланс)-и аргиллитҳо ва гилҳоҳои сабз тартиб дода шуда, ба таъзияи гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо кислотаи гидрогенхлорид баҳои термодинамикӣ дода шуд, истифода мебаранд.

Соҳаи таҳқиқот. Ин ба масъалаҳои коркарди комплекси маъданҳои алюмосиликати Тоҷикистон ба ҳисоб меравад.

Марҳилаҳои таҳқиқот омӯзиши сарчашмаҳои адабиётӣ аз рӯи мавзӯи коркарди комплекси ашёи хоми минералӣ ва партовҳои саноатӣ, инчунин коркарди усулҳои таҳлилӣ бо роҳи таҷрибавӣ гузаронида шуд. Мувофиқи коркарди ашиҳои алюмосиликатӣ бо усулҳои кислотагӣ ва ғудозиш, коркарди ғудохтакунии таъзияи яккислотагиро дар бар мегирад. Коркарди нақшаи принципалии технологӣ ва азнавкоркардунии маъданҳои алюмосиликатӣ.

Пойгоҳи асосии иттилоотӣ ва озмоишӣ таҳқиқот. Ҷустуҷӯи корҳои таҳқиқотӣ ба воситаи маҷаллаҳои илмӣ истифодаи системаҳои байналхалқӣ ва иттилоотӣ дар бар мегирад. Диққати махсус ба маводи илмӣ электронӣ, истифодаи шабакаҳои компютерӣ дода шудааст. Кор асосан дар базаи озмоишгоҳи коркарди ашёи хом ва партовҳои саноатии Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон иҷро карда шудааст. Базаи таҷрибавӣ институт имкон медиҳад, ки таҳқиқот оид ба таҳлили маъданҳои алюмосиликатӣ гузаронида шавад. Дар институт асбобҳои барои таҳлили рентенофазаӣ (ТРФ) ва барои таҳлили ҳарорати дифференциалӣ (ТХД) мавҷуд мебошанд. Усулҳои самарабахши коркарди маъданҳои бор ва алюмосиликатӣ пешниҳод карда шуданд.

Эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсионӣ. Диссертатсия бо таҷрибаҳои мавзӯҳои параллелӣ ва таҳлили химиявӣ якҷанд намунаҳо иҷро карда шуда, бо усулҳои таҳлилии физикавӣ химиявӣ тасдиқ карда мешавад.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқот. Коркарди маъданҳои алюмосиликатӣ ба тариқаҳои (усулҳои) кислотагӣ ва ғудохтакунии омӯхта шуда, механизмҳое, ки зимни коркарди маъданҳо ба воситаи усулҳои муосир ҷой доранд, ошкор карда шудаанд. Коркарди нақшаҳои принципалии технологӣ барои азнавкоркард намудани ашёҳои алюмосиликатӣ бо усулҳои мухталиф гузаронида шудаанд.

Аҳамияти назарии таҳқиқот. Аҳамияти таҳқиқот ин ошкор кардани механизмҳои таъзияи кислотагӣ ва ғудохтакунии аргиллитҳо ва гилхокҳои каолинӣ (сабз)-и конҳои Тоҷикистон мебошад. Инчунин баҳодиҳии термодинамикии равандҳои гузаранда бо усулҳои кислотагӣ ва ғудохтакунии аргиллитҳо ва гилхокҳои каолинӣ (сабз) аст.

Аҳамияти амалии таҳқиқот. Ин кор бо он асос карда мешавад, ки дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда, технологияи пастсифати аз нав коркард намудани аргиллитҳо ва гилхокҳои Тоҷикистонро бо усулҳои кислотагӣ ва ғудохтакунии, ки коркарди комплекси ашёро таъмин мекунанд, пешниҳод шудаанд. Зимни дар амал ҷорӣ намудани ин таҳқиқот усулҳое, ки метавонанд самарайи муайяни иқтисодӣ дошта бошанд, коркард карда шудаанд.

Нуктаҳои ҷумлашавандаи диссертатсия:

- натиҷаи таҳқиқоти физикавӣ химиявӣ ва минералогии аргиллитҳо, гилхокҳои каолинӣ (сабз) ва маҳсулоти таъзияи онҳо;
- натиҷаи усули кислотагӣ ва ғудохтаи таъзияи ашёи алюмосиликати аввала ва сӯзонидашуда бо кислотаҳои минералӣ ва бо ишқори натрий;
- шароитҳои оптималӣ барои раванди таъзияи кислотагӣ ва усули ғудохтан вобаста аз рӯзи ҳарорати давомнокии раванд ва таносуби реактивҳо ёфта шудааст;
- натиҷаҳои омӯзиши равандҳои кинетикӣ, ки ҳангоми таъзияи кислотагӣ ва ғудохтаи маъданҳои алюмосиликатӣ мегузаранд;
- натиҷаҳои нақшаи технологияи тавсияшавандаи коркарди ашёи минералӣ бо усули кислотагӣ ва ғудохта.

Саҳми шахсии доктара аз гузоштани вазифаи таҳқиқот, таҳлил намудани маълумоти адабиётҳои диссертатсия, муайян кардани усулҳои ҳалли масъалаҳои гузошташуда ва коркарди маълумоти таҷрибавӣ иборат аст.

Таъйиди диссертатсия ва иттилоот оид ба истифодаи натиҷаҳои он. Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар конференсияҳои зерин маъруза ва муҳокима шудаанд: Респ. науч.-практ. конф. «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посв. Дню химика и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., академика МИА А.В. Вахобова. Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); VIII Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования», посв. 25-летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и 60-летию Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими (Душанбе, 2016); XIII Нумановских чтениях «Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан. Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); Межд. науч. конф. «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий», посв. 20-летию Дня примирения

Республики Таджикистан (Душанбе, 2017); Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов, устойчивых к коррозии, в промышленности Республики Таджикистан». Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2018); IV Межд. науч. конф. «Вопросы физической и координационной химии», посв. памяти д.х.н., проф. Х.М. Якубова и З.Н. Юсуфова. Таджикский национальный университет (Душанбе, 2019); XV Нумановских чтениях «Современное состояние химической науки и использование её достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан». Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2019).

Интишори натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои таҳқиқот дар 21 мақола нашр шудаанд, ки аз ҷумла 8 мақола дар маҷаллаҳои ба феҳристи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон воридшуда, 13 мақола дар маҷаллаҳои конференсияҳои сатҳи байнамиллалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашр мешуда ва 3 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дарёфт шудааст.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз муқаддима, се боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замима иборат аст. Диссертатсия дар 108 саҳифаи компютерӣ хуруфчини шуда, 16 ҷадвал, 46 расм ва 129 номгуӣ адабиётҳо иборат аст.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ТАҲҚИҚОТ

Дар боби якум асосҳои раванди физикавӣю химиявӣ ва технологӣ дар асоси системаҳои се- ва бисёркомпонента бо иштироки пайвастагиҳои алюминий таҳқиқ мешаванд. Изотермияҳои омӯхташудаи ҳалшавандагӣ бо иштироки пайвастагиҳои алюминий барои коркарди зинаҳои алоҳидаи раванди технологии азнавкоркардкунии маъданҳои алюминийдор изотермаҳои асосӣ махсуб мешаванд.

БОБИ 2. УСУЛҲОИ ФИЗИКАВӢ-ХИМИЯВИИ ТАҲЛИЛ ВА БАҲОДИҲИИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ТАҶЗИИ АРГИЛЛИТҲО ВА ГИЛҲОҚҲОИ КАОЛИНӢ (САБЗ)

Усулҳои физикавӣю химиявии таҳлилӣ ва баҳогузориҳои термодинамикии таҷзиӣ аргиллитҳо ва гилҳоқҳои каолинӣ (сабз) дар таҳқиқот истифода шуданд.

Маъданҳои алюминийдор дар конҳои Тоҷикистон бо миқдори зиёд дида мешаванд. Ин конҳои алюминий бо аргиллитҳо, сеолитҳо, каолинитҳо, нефелинҳои сианитӣ ва дигар, ки аз ҷиҳати хосиятҳои кристалӣ, минералогӣ ва кимиёвӣ аз якдигар фарқ мекунанд.

Таҳқиқ намудани маъданҳои аргиллитӣ бо усулҳои химиявӣ, таҳлилӣ рентгенофазаӣ (ТРФ), спектралӣ, фотометрӣ ва ҳаҷмӣ амалӣ карда шудааст.

Ҳамин тавр, таркиби химиявии компонентҳои зерини маъданҳои аргиллити кони Зиддӣ бо миқдори ғоизӣ муайян карда шуданд: Al_2O_3 – 19,75; Fe_2O_3 – 4,99; SiO_2 – 60; Na_2O – 0,1; K_2O – 1,2; CaO – 1,0; MgO – 1,0; п.п.п. – 10.

Тибқи маълумоти ТРФ (таҳлили рентгенофазаӣ) таркиби маъданҳои аргиллити кони Зиддӣ минералҳои кварс, каолинит, иллит, монтмориллонит ва гематитро доранд.

Муайян кардани таркиби химиявии гилхокҳои каолини кони Чашма-Санг миқдори зерини компонентҳоро бо фоиз (%-масса) нишон медиҳад:

Al_2O_3 – 24,84; Fe_2O_3 – 10,98; SiO_2 – 50; Na_2O – 0,3; K_2O – 2,65; CaO – 1,0; MgO – 1,0; п.п.п. – 6,3. Al_2O_3 – 20,38; Fe_2O_3 – 11,97; SiO_2 – 51,3; Na_2O – 1,0; K_2O – 2,45; CaO – 0,5; MgO – 1,0; п.п.п. – 8,4.

Ба таркиби гилҳои каолинӣ (сабз)-и кони Чашма-Санг минералҳои монтмориллонит, гематит, кварс, каолинит, иллит, гиётит, гидраргиллит ва гидрослюда дохил мешаванд.

Усулҳои физикавӣ-химиявии таҳқиқот. Дар айни замон тағйирёбии фазавии аргиллитҳо ва гилхокҳои каолинӣ бо истифода аз системаи Паулик – Эрдей бо истифодаи ТХД дериватогрфи Q-1000 омӯхта мешавад.

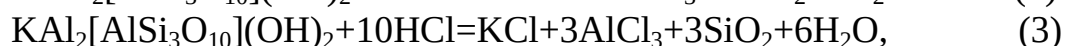
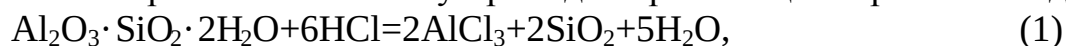
Омили муҳим дар ТХД сатҳи намунавии гармидиҳӣ мебошад. Дар ин ҳолат сатҳи гармии маъданҳои алюминийдор $\pm 10^\circ \text{C/мин}$ буд.

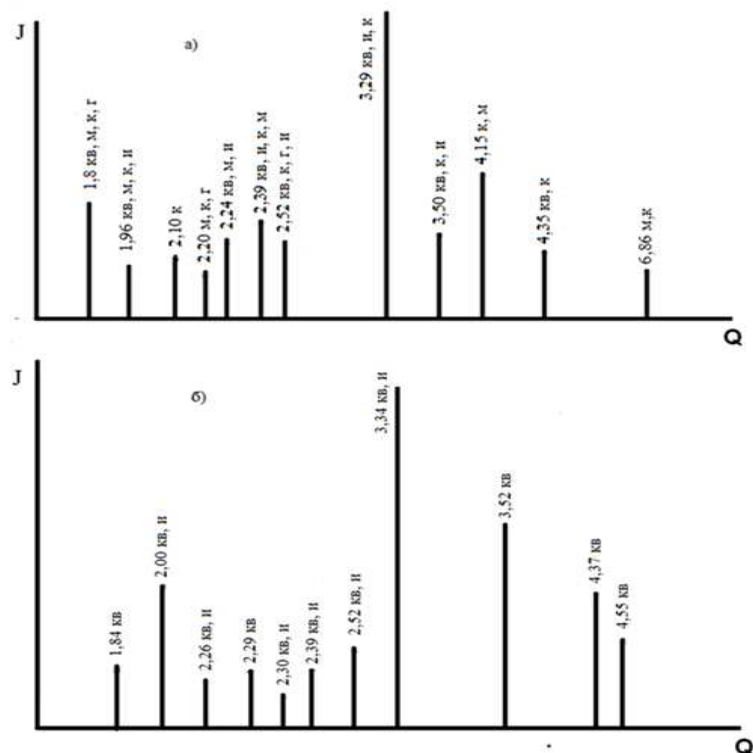
Чи тавре, ки маълум аст, таҳлили фазавии рентгении усули миқдорӣ, ё миқдори муайян кардани таркиби фазаҳои гуногун мебошад. ТФР (таҳлили фазавии рентгенӣ) ба фардияти намунаи дифраксияи рентгенӣ аз ҳар як фазаи намунаи саҳти гетерогенӣ асос ёфтааст, ки дар шакли дифраксияи рентгенӣ ба таври иловагӣ пайдо мешавад. Таҳлили фазавии рентгенӣ танҳо бо усули ҳокӣ иҷро карда мешавад. Намунаҳои дифраксияи рентгенӣ (дифракторҳои хока) дар дастгоҳи рентгении ДРОН-3 бо нармафзор ба даст оварда шудаанд. Интихоби радиатсия мувофиқи тафсияҳои сурат гирифт, ки $\text{CuK}\alpha$ - радиатсияро бо филтри никел ҳамчун омезиши беҳтарин барои маъданҳои минералӣ тавсия медиҳанд. Рентгенограммаи гилхокҳои каолинӣ сабз ва аргиллитҳоро, ки ҳам дар намуди аслӣ ва ҳам дар намуди сухта буданд, чудо намудем (расми 1 ва 2).

Баҳодиҳии термодинамикии таҷзияи гилхокҳои каолинӣ (сабз)-и кони Чашма-Санг бо кислотаи хлорид ва сирко. Дар ин қисми баҳодиҳии термодинамикӣ раванди таҷзияи кислотагии ашӯи хоми каолинӣ гилҳои сабз бо кислотаи хлорид ва сирко оварда шудааст. Ҳангоми омӯзиши равандҳои таҷзия минералҳои, ки дорои гилхокҳои каолинӣ мебошанд, таҳлили термодинамикӣ имконияти гузариши раванд бо иштироки HCl ва CH_3COOH зарур мешуморанд.

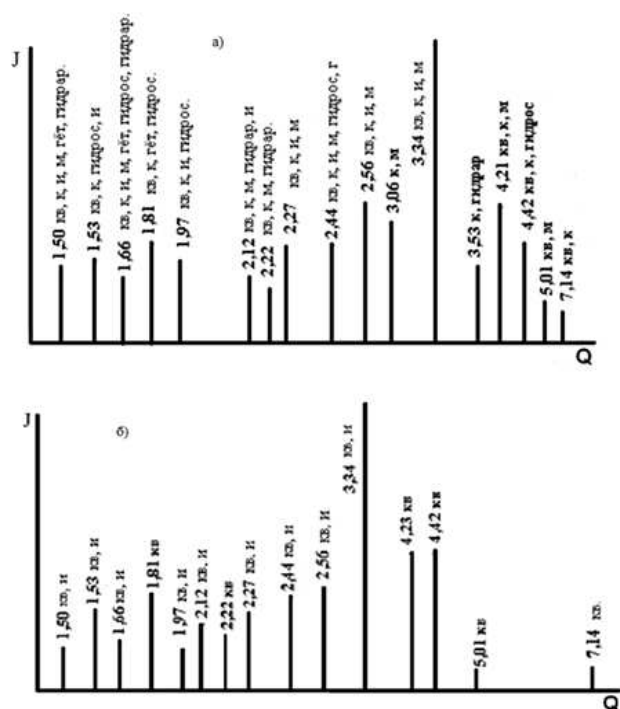
Чи тавре, ки маълум аст, ашӯи хоми каолинӣ гилҳои сабзи кони Чашма-Санг аз минералҳои зерин иборат мебошад: каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), гематит (Fe_2O_3), гётит $\text{FeO}(\text{OH})$, кварс (SiO_2), монтмориллонит ($(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$), иллит $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, гидраргиллит ($\text{Al}(\text{OH})_3$), гидрослюда ($3\text{NaAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$).

Бо таъсири кислотаи HCl гузаронидани реаксияҳои зерин имкон дорад:





Расми 1 - Рентгенограммаи аргилити аввалаи кони Зиддӣ (а) ва баъди гудозиш дар ҳарорати $t=500-550^{\circ}\text{C}$ (б): (кв-кварц ; к-каолинит; и- иллит; м-монтморллионит; г-гематит).



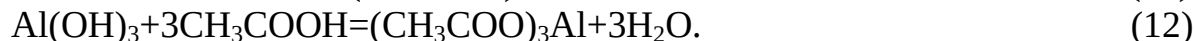
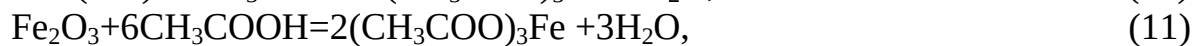
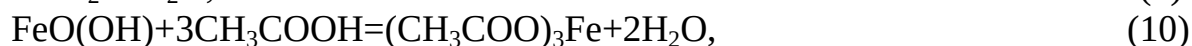
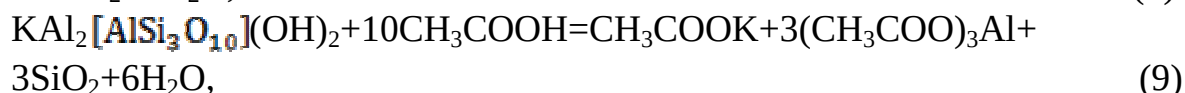
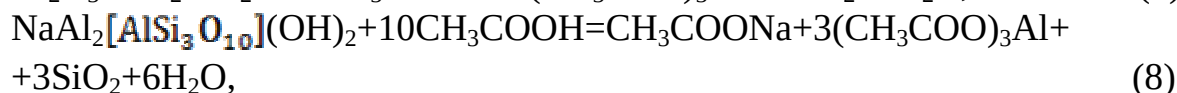
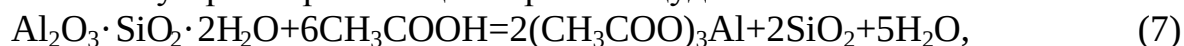
Расми 2 - Рентгенограммаи гилхокҳои каолинӣ (сабз)-и аввала (а) ва баъд аз гудохтани гилхокҳои каолини кони Чашма-Санг дар ҳарорати $t=500-550^{\circ}\text{C}$ (б) (кв- кварц; к-каолинит; и- иллит; м-монтморллионит; г-гиотит; - гематит; гидрос- гидрослюда; гидрар- гидрааргилит)

Ҷадвали 1. Хусусиятҳои термодинамикии реаксияҳои таҳқиқшаванда бо иштироки кислотаи гидрогенхлорид (нақшаҳои (1)–(6))

№ схемаҳо	ΔH°_{298} , кҶ/мол	ΔS°_{298} , Ҷ/мол·град	ΔG°_{298} , кҶ/мол
(1)	456.2	233.8	386.53
(2)	657.3	325.5	560.301
(3)	695.8	216.72	631.21
(4)	-119	-450.6	15.279
(5)	-127	-487.4	18.245
(6)	262.1	141.3	219.99

Натиҷаҳои баҳодиҳии термодинамикӣ аз рӯи таҷзияи кислотаи сирко ашёи каолинӣ ва гилҳои сабз дар ҷадвали 2 оварда шудааст.

Зимни таъсири кислотаи сирко бо минералҳои ашёи каолинӣ гилҳои сабз имкони гузариши реаксияҳои зерин мавҷуд аст:



Ҷадвали 2 - Ҳисобкунии бузургҳои термодинамикии реаксияҳо бо иштироки кислотаи сирко мувофиқи нақшаҳои (7)–(12)

№ схемаҳо	ΔH°_{298} , кҶ/мол	ΔS°_{298} , Ҷ/мол·град	ΔG°_{298} , кҶ/мол
(7)	-228.4	-804.8	11.43
(8)	-372.54	-1305.5	16.499
(9)	-334.4	-1285.4	48.649
(10)	-68.3	-445.9	64.578
(11)	-144.6	-928.6	132.12
(12)	-80.6	-378	32.044

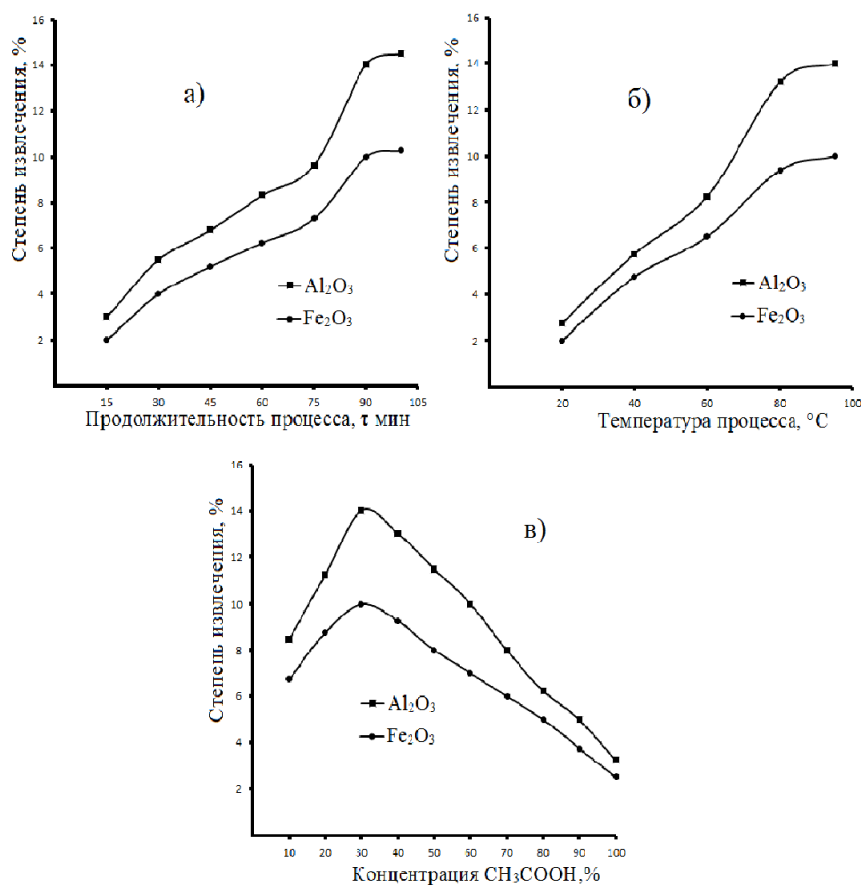
Ҳамин тавр, таҷзияи ашёи хоми гилҳои каолинӣ (сабзи) кони Чашма-Санги Тоҷикистон ба воситаи кислотаи гидрогенхлорид ва кислотаи сирко аз тағйирёбии бузургҳои термодинамикӣ ҳангоми таъсири омилҳои гуногуни беруна ва аломатҳои кинетикӣ вобастагӣ дорад. Дар речаи ҳароратӣ паст

гузаштани ҷараён хело хуб аст. Барои он, ки дар ҳамаи ҳолатҳо ΔH ва ΔS нишондоди манфӣ доранд.

БОБИ 3. ТАҶЗИИ МАЪДАНҲОИ АЛЮМОСИЛИКАТӢ БО КИСЛОТА ВА ГУДОХТАН

Асосҳои физикавӣ-химиявии таҷзияи кислотаи сирко аз ашёи хоми каолинӣ гилҳоки (сабз)-и кони Чашма-Санг. Таҷзияи ашёи хоми каолинӣ гилҳоки (сабз)-и кони Чашма-Санг бо кислотаи сирко дар зарфи гидростатикии бо ҳаҷми 0,2-0,5л, ки бо омехтакунак ва яхдони баргарданда таъмин аст, гузаронида шуд.

Дар ҳароратҳои додашуда намунаи ашёи хоми каолинӣ гилҳоки (сабз) бо реактор ва бо иловакунии кислотаи сирко бо таносубҳои муайян ҷойгир карда мешаванд, пас аз анҷомёбии раванди таҷзияи атсетати лойоба (пулпа) филтр карда шуда, таркиби химиявии фазаҳои моеъ ва сахт муайян карда шуданд. Шароити таҷзияи ашёи хоми каолинӣ гилҳоки (сабз) бо кислотаи сирко вобаста аз ҳарорат консентратсияи кислотаи CH_3COOH ва давомнокии раванд омӯхта шуданд (расми 3).



Расми 3 - Вобастагии дараҷаи ҷудошавии Al_2O_3 (1) ва Fe_2O_3 (2). Дар маҳлул, аз ҳарорат (а), давомнокии раванд (б) ва консентратсияи кислотаи CH_3COOH (в)

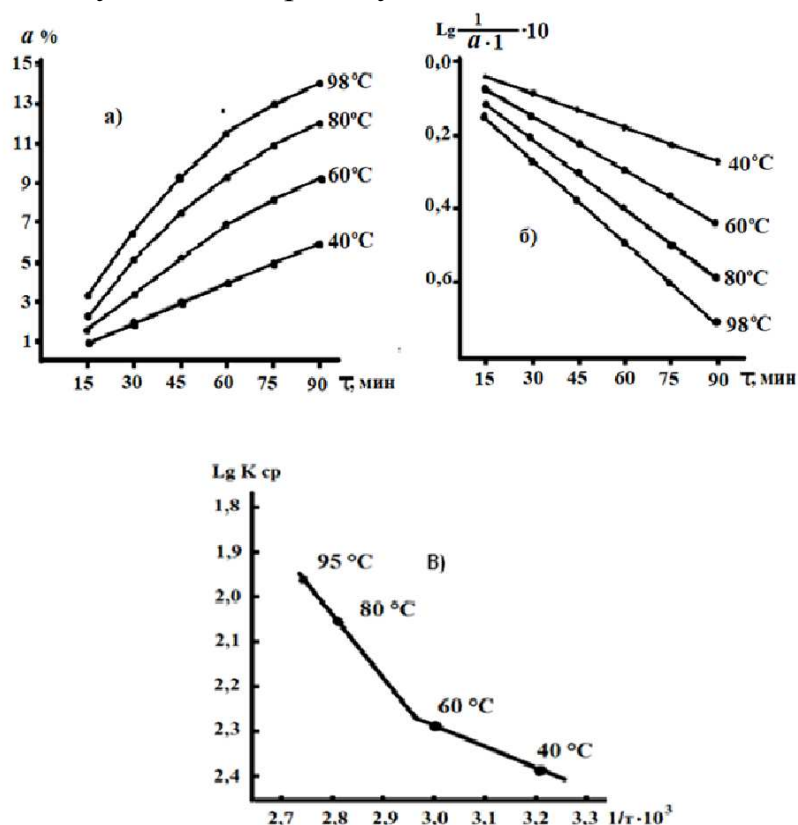
Сӯзонидани намунаҳо дар ҳарорати 500-550 $^{\circ}\text{C}$ амалӣ карда шудаанд. Кислотаи сирко бо истифодаи ҳисобкуниҳои стехиометрӣ илова карда шуд. Чи тавре, ки аз расми 3 бармеояд, ки зимни таҷзияи кислотаи сирко дараҷаи ҷудокунии оксидҳо кам аст, аммо дастрас будани кислотаи сирко ва ҳосилкунии

намакҳои атсетати алюминий ва оҳан, ки дар соҳаҳои гуногуни тиб ва саноат истифодаи васеъ доранд, ба назар гирифтани мумкин аст. Ин усул аҳамияти муайян дошта, онро пурра барои таҷзияи маъданҳои алюмосиликатӣ истифода бурдан мумкин аст.

Таҷзиякунии ашёи хоми гилҳои каолинӣ (сабз)-и кони Чашма-Санг ба воситаи кислотаи сирко анҷом дода шуд.

Ҳамин тавр, ҳангоми таҷзияи ашёи хоми гилҳои каолинии сабз ба воситаи кислотаи сирко, параметрҳои зерини оптималии тавсияшавандаро тавсия додан мумкин аст: ҳарорати таҷзия $95-98^{\circ}\text{C}$, давомнокии раванд 90 дақиқа, консентратсияи кислота 30%, ки дар он ҷудошавии Al_2O_3 14% ва Fe_2O_3 10% –ро ташкил медиҳад.

Омузиши кинетикии таҷзияи ашёи хоми каолинӣ гилҳои (сабз) бо кислотаи сирко. Намуди қачхатаи кинетикӣ (расми 4а) аз таҷзияи ашёи хоми каолинии гилҳои (сабз) бо кислотаи сирко ҳангоми ба маҳлули ҷудокунии оксиди алюминий нишон медиҳад, ки таҷзияи маъдан дар ҳарорати 95°C ва давомнокии 90 дақиқа зуд идома меёбад ва ҷудошавии Al_2O_3 13-14% -ро ташкил медиҳад. Дар ҳарорати 80°C гузариши Al_2O_3 ба маҳлул 8-10% баробар аст. Суръати таҷзияи ашёи хоми каолинии гилҳои (сабз) бо истифодаи муодилаи кинетикии тартиби якум ҳисоб карда шудааст.



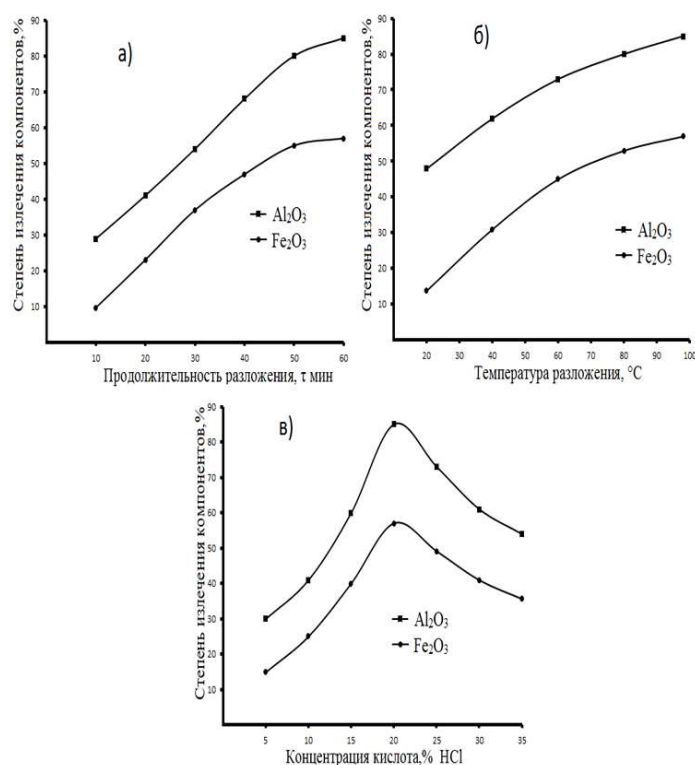
Расми 4 - Вобастагии дараҷаи ҷудошавии Al_2O_3 аз давомнокии раванд (а); $\text{Lg} 1/(1-\alpha) \cdot 10$ аз вақт ва вобастагии $\text{Lg } K_{\text{миёна}}$ аз ҳарорати баракси мутлақ – $1/\tau \cdot 10^{-3}$ (в) зимни дар маҳлул ҷудошавии оксиди алюминий баъди бо маҳлули 30%-и кислотаи CH_3COOH коркардкунии ашёи хоми каолини гилҳои (сабз)-и кони Чашма-Санг

Қаҷхатаи кинетикии раванди таҷзия дар 40°C хати рост дошта, дар ҳарорати зиёда аз 60°C хусусияти параболиро дорад. Дар ҳарорати зиёда аз 60°C минералҳои глинозёмдори ашёи хоми каолини гилҳои (сабз) таҷзия мешавад. Дар графикҳои вобастагии $\text{Lg } 1/(1-\alpha) \cdot 10$ аз вақт (расми 4б), қаҷхатаҳои ҳосилшуда қимати манфӣ баробар ба $-K/2.303$ -ро дорад.

Энергияи эҳтимолии фаъолшавӣ (E) ва зарбкунанди пеш аз экспоненсиалӣ K_0 бо усули графикӣ муайян карда шуданд.

Вобастагии дараҷаи ҳосилшавии Fe_2O_3 ба нишондиҳандаҳои зикршудае, ки оксиди алюминийро муайян мекунанд. Дар ҳарорати 40 то 60°C энергияи фаъолшавии раванд барои Al_2O_3 -7,63 кҶ/мол ва дар ҳарорати аз 80 то 95°C 19,685 кҶ/мол мебошад. Барои Fe_2O_3 энергияи фаъолшавии раванд 7,619 кҶ/мол, ва дар ҳарорати аз 80 то 95°C 6,5126 кҶ/мол хос буда, гузариши равандҳо дар сатҳи диффузияро нишон медиҳад.

Таҷзияи обӣ- гидрогенхлоридии ашёи хоми каолини гилҳои (сабз) –и кони Чашма-Санги Тоҷикистон бо усули қаблан ғудохтакунӣ бо ишқори натрий. Дар зинаи якум ғудозиши ашёи хоми каолини гилҳои (сабз) бо ишқори натрий дар ҳароратҳои $800-850^{\circ}\text{C}$ дар муддати як соат ва бо минбаъд ҳалшавӣ дар об ба маҳлул 10-12% оксиди алюминий гузашта, оксиди оҳан ба маҳлул намегузарад. Дар зинаи дуюм зимни таҷзияи бо кислотаи гидрогенхлоридӣ ба маҳлул 82-85% Al_2O_3 ва 55-57% Fe_2O_3 мегузарад (расми 5).



Расми 5 - Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксидҳои оҳан ва алюминий дар маҳлул аз ҳарорат (а), давомнокии раванд (б), консентратсияи кислотаи гидрогенхлорид (в) (1- Al_2O_3 ; 2- Fe_2O_3)

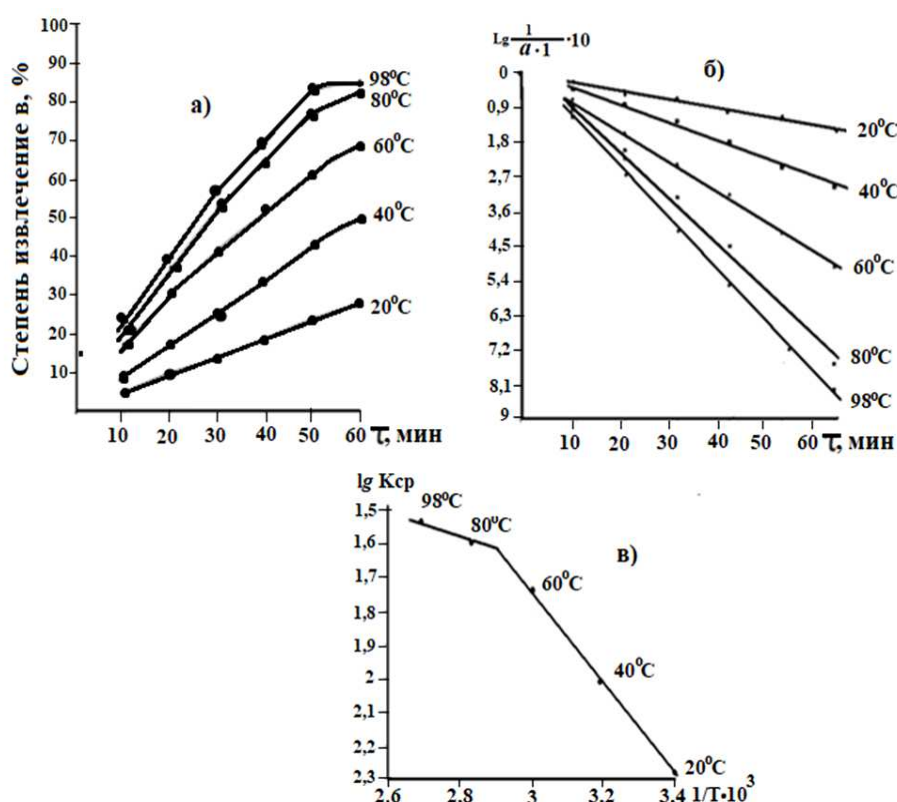
Аз расми 5 маълум аст, ки дараҷаи максималии ҷудошавии компонент дар ҳарорати 98°C барои Al_2O_3 85% ва барои Fe_2O_3 ба 57% мерасад.

Ҳамин тавр, шароити зерини таҷзияи гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Сангро тавсия намудан лозим аст: гудозиш дар ҳарорати 800-850°C; таносуби маъдан ва гидроксидаи натрий =1:0,75; давомнокии раванди гудозиш 60 дақиқа дар ҳарорати таҷзияи оби гидрогенхлорид 98°C давомнокии коркард бо об 50 дақиқа, давомнокии коркарди бо кислотаи гидрогенхлорид 60-дақиқа, концентратсияи кислотаи гидрогенхлорид 20%, андозаи зарраҳо 0.1мм дар шароитҳо дараҷаи ҷудошавии Al_2O_3 85%, ва аз - Fe_2O_3 57% мебошад.

Омӯхтани кинетикаи гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо роҳи қаблан гудохтакуни дар якҷоягӣ бо ишқори натрий ва кислотаи гидрогенхлорид. Намуди қачхатаҳои кинетикии (расми 6а) таҷзияи гилҳои каолини (сабз) бо кислотаи гидрогенхлорид ҳангоми дар маҳлул ҷудошавӣ Al_2O_3 нишон медиҳад, ки раванди таҷзияи гилҳои каолини (сабз) дар ҳарорати 98°C ва муддати як соат зуд ба амал омада, ҷудошавии Al_2O_3 83-85% ва дар 80°C дар ҳамин вақт бошад, ҷудошавии ин оксид 82%-ро ташкил медиҳад.

Бо истифодаи муодилаи кинетикии тартиби якум константаҳои суръати реаксияи таҷзияи гилҳои каолини (сабз) ҳисоб карда шуданд.

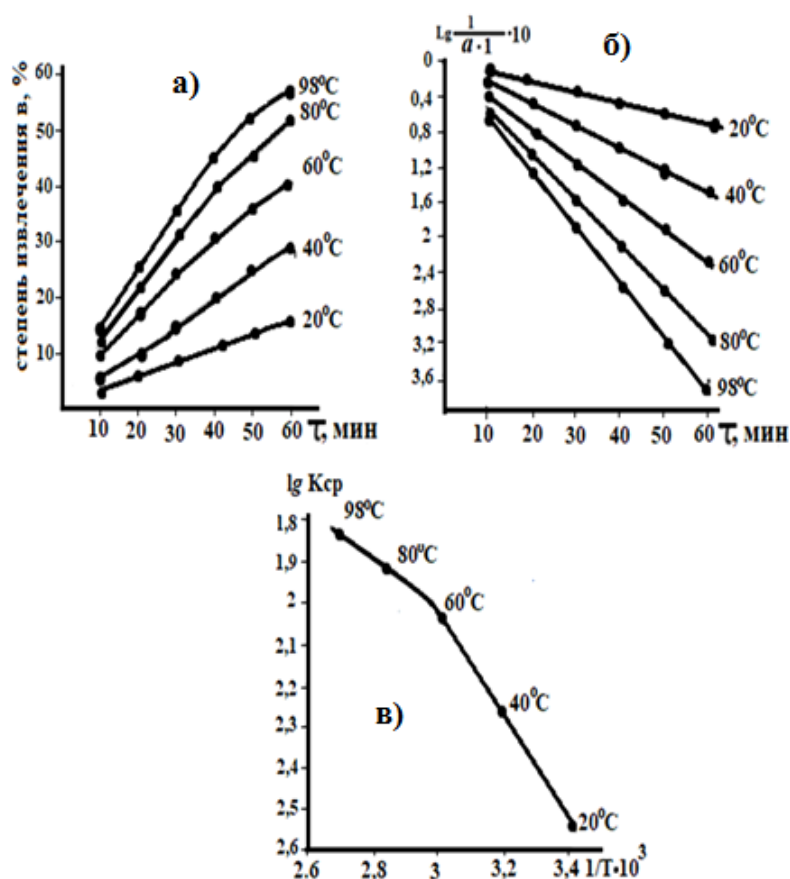
Графики вобастагии $Lg1/(1-\alpha)*10$ аз вақт (расми 6б) хатҳои рост буда, ҳамин баробар ба 46-48 дараҷаи дорад.



Расми 6 - Вобастагии дараҷаи ҷудошавии Al_2O_3 аз давомнокии раванди таҷзия (а); вобастагии $Lg1/(1-\alpha)*10$; вақт (б) ва вобастагии LgK миёна аз ҳарорати баръакси мутлақ ($1/t*10^3$) (в) ҳангоми дар маҳлул ҷудошавии Al_2O_3 дар натиҷаи коркарди гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо кислотаи гидрогенхлорид бо роҳи қаблан гудохтакуни бо гидроксидаи натрий

Тағирёбии константи (собит)-и реаксияи таҷзияи гилҳои каолинӣ (сабз) бо кислотаи гидрогенхлорид аз ҳарорати раванд ба муодилаи Аррениус мутобиқ меояд. Ин мутобиқатро хатҳое, ки дар байни ҳароратҳои 60 ва 80°C (дар графики вобастагӣ $\lg K$ миёна аз $(1/T \cdot 10^3)$) (расми 6в) шикаста шуданд, тақсим мекунанд. Энергияи эҳтимолии ғаёлшавии раванди таҷзияи гилҳои каолинӣ (сабз) бо кислотаи гидрогенхлорид аз рӯи муодилаи Аррениус ҳисоб карда шуда, қимати ин энергия дар ҳароратҳои аз 20 то 60°C 25,46 кҶ/мол мебошад. Қимати ададии энергияи ғаёлшавӣ аз он шаҳодат медиҳад, ки ин раванд дар сатҳи омехта мегузарад. Дар ҳарорати 80-98°C қимати энергияи ғаёлшавӣ ба 8,006 кҶ/мол баробар буда, аз гузариши раванд дар соҳаҳои диффузионӣ шаҳодат медиҳад.

Хусусияти қачхатаҳои кинетикӣ (расми 7а) таҷзияи гилҳои каолинӣ (сабз) бо кислотаи гидрогенхлориди заминавӣ дар маҳлул ҷудошавии оксиди оҳан нишон медиҳад, ки ҳангоми дар ҳарорати 98°C дар муддати як соат таҷзияшавии гилҳои каолинӣ (сабз) ҷудошавии Fe_2O_3 55-57% буда, дар ҳарорати 80 °C дар ҳмин вақт ба 51% ҷудошавии Fe_2O_3 баробар аст. Бо истифодаи муодилаи кинетикии тартиби якум константаи суръати реаксияи таҷзияи гилҳои каолинӣ (сабз) ҳисоб карда шуд.



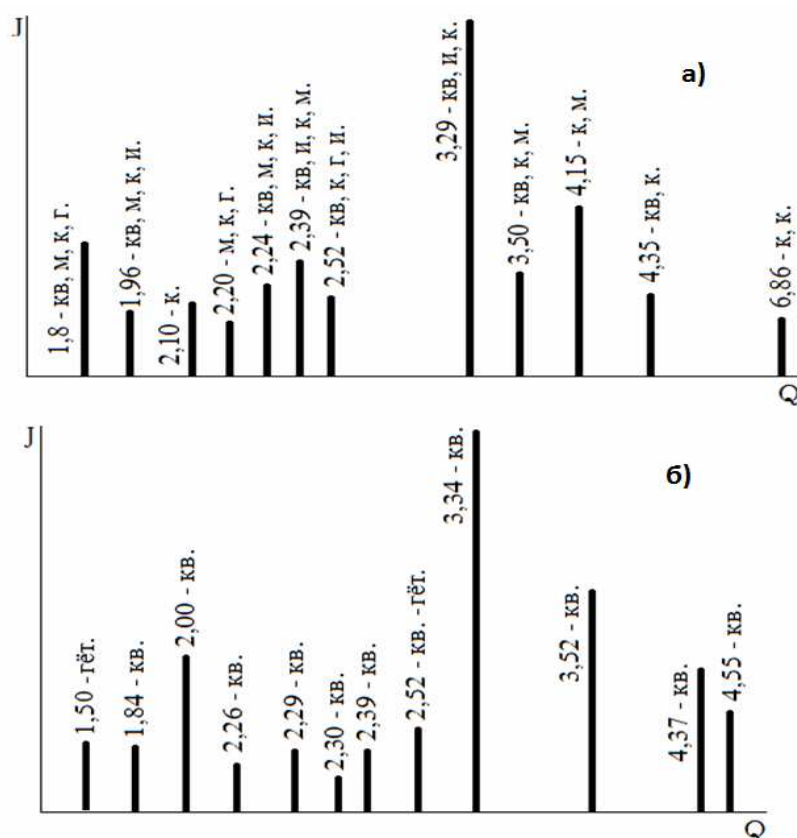
Расми 7 - Вобастагии дараҷаи ҷудошавии Fe_2O_3 аз давомноки раванди таҷзия (а) вобастагии $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ аз вақт (б) ва вобастагии $\lg K$ миёна аз ҳарорати баръакси $(1/T \cdot 10^3)$ (в) ҳангоми ҷудошавии Fe_2O_3 дар маҳлул дар натиҷаи гилҳои каолинӣ (сабз)-и кони Чашма-Санг бо маҳлули 20% кислота гидрогенхлорид бо роҳи қаблан ғудохтан бо ишқорӣ натрий

Графики вобастагии $Lg1/(1-\alpha)*10$ аз вақт (расми 8) хатҳои рост буда, ин хатҳо ҳамии 48-50 дараҷаро доранд.

Тағйирёбии константаи суръати реаксияи таҷзияи гилҳои каолини (сабз) бо кислотаи гидрогенхлорид аз раванди ҳарорат ба қонуни Аррениус итоат мекунад. Инро бо хатҳое, ки дар байни ҳароратҳо 60 ва 80°C дар графики вобастагии LgK миёна аз $(1/T*10^3)$ (расми 7в) мешикананд, тасдиқ кардан мумкин аст.

Энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванди таҷзияи гилҳои каолини бо кислотаи гидрогенхлорид аз рӯи муодилаи Аррениус ҳисоб карда мешавад. Дар ҳароратҳои 20 то 60°C ин қимат ба 47,04 кҶ/мол баробар аст. Қимати адабии энергияи фаъолшавӣ оид ба гузариши ин раванд дар речаи диффузиони наздик ба фазои омехта шаҳодат медиҳад. Дар ҳарорати 80-98°C қимати энергияи фаъолшавӣ ба 12,8 кҶ/мол баробар аст, ки он аз гузариши ин раванд сатҳи диффузиони шаҳодат медиҳад.

Таҷзияи аргилити кони Зиддӣ ба воситаи кислотаи сулфат ва бо усули ғудохтанӣ бо ишқори натрий. Натиҷаҳои таҳлили рентенофазавӣ (ТРФ)-и аргилити аввала дар (расми 8а) оварда шуда, натиҷаҳои ТРФ аз ғудохтани аргилит дар ҳарорати 800-850°C бо гидроксиди натрий ва бо усули таҷзияи минбаъдаи обӣ ва кислотагӣ (H_2SO_4 40%-а) дар ҳарорати 98°C ба давомнокии як соат дар расми 8 оварда шудааст (расми 8б).



Расми 8 - Рентенограммаи аргилити аввалаи кони Зиддӣ (а) ва ғудохтан дар ҳароратҳои 800-850°C бо таҷзияи минбаъдаи кислотаи H_2SO_4 (б); кв-кварс; к каолинит; и-иллит; м-монтморолонит; г-гематит

Дар омӯзиши технологияи коркарди аргиллитҳо кислотаи сулфате, ки партови иттиҳодияи истеҳсолии «Тоҷикхимсаноат» (ш. Ёвон) мебошад истифода шуд. Ин кислота дар раванди хушккунии хлор-газшакл истифода мешавад. Кислотаи коркардшуда бо оҳақ нейтрал карда шуда, бо шлам ҷамкунандаҳо партофта мешавад.

Чинси аргиллит дар осиеби курравӣ (щаровой мельнице) то андозаи 0,1 мм ва хурдтар аз ин майда карда мешавад. Намунаи майдакардашуда дар ҳарорати 800-850°C дар муддати 60 дақиқа бо ишқори натрий гудохта мешавад.

Сипас гудохта дар ҳарорати 80°C дар давоми 30-35 дақиқа бо об коркардашуда, таркиби химиявии он бо усули ба таври умумӣ қабул шуда, баъдан бо маҳлули кислотаи сулфати 40%-и дар 90-98°C дар муддати 60 дақиқа коркард мешавад. Таҷрибаҳои дар термостате, ки бо яхдони баръақс васл аст, гузаронида шуда, лойоба (пулпа) филтр карда мешавад. Сипас таҳшини ҳалнашавандаи ҳосилшуда, таркиби химиявии он бо усули маъмулӣ қабулшуда, муайян карда мешавад. Ҳамин тавр, дар натиҷаи таҳқиқоти анҷомёфта, чунин шароити таҷзияи аргиллитҳои кони Зиддӣ тавсия дода мешавад: Ҳарорати гудозиш 800-850°C, ҳарорат ҳангоми коркард бо об 80°C дар муддати 30-35 дақиқа ва таҷзияи минбаъдаи кислотагӣ дар ҳарорати 90-98 °C дар муддати 60 дақиқа, концентратсияи H_2SO_4 40% ва андозаи зарраҳои аргиллити 0,1 мм ва хурдтар аз ин мебошанд.

Кинетикаи таҷзияи кислотаи сулфати аргиллитҳои кони Зиддӣ. Намуди қачхатаҳои кислотагӣ (расми 9а)-и таҷзияи аргиллитҳои кони Зиддӣ бо кислотаи сулфат зимни дар маҳлул ҷудошавии оксиди алюминий аз он шаҳодат медиҳад, ки таҷзияи аргиллит хело зуд ба амал меояд ва дар давоми як соат ҷудошавии Al_2O_3 дар ҳарорати 98 °C ба 88-92% баробар мешавад. Дар ҳарорати 80 °C дар муддати як соат ба 83% баробар аст.

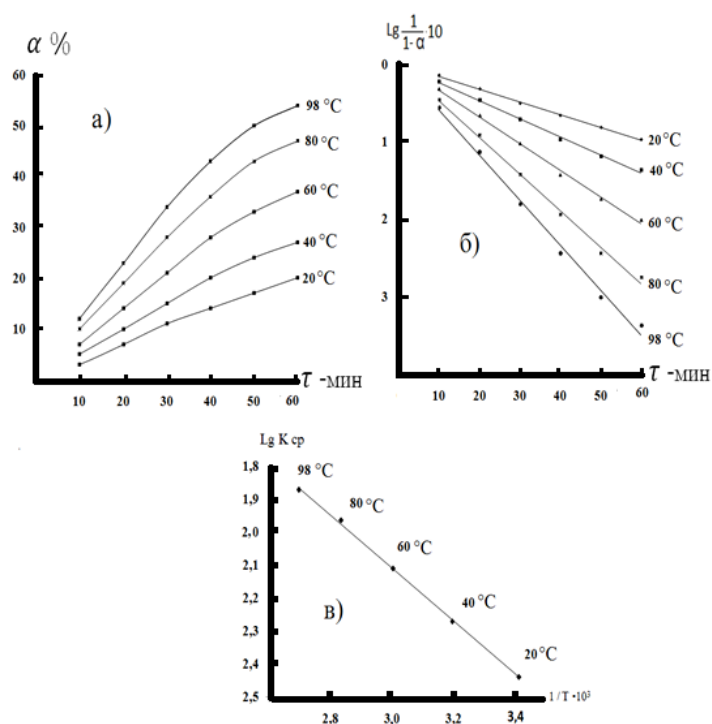
Константаи суръати таҷзияи аргиллитҳо бо истифодаи муодилаи кинетикии тартиби якум ҳисоб карда шуд.

Графики вобастагии $Lg1/(1-\alpha)*10$ аз вақт (реаксия 9б) хатҳои рост бо ҳамии 55-60 дараҷаро дорад. Тағирёбии константаи суръати таҷзияи аргиллитҳо бо кислотаи сулфат аз ҳарорати раванд ба қонуни Аррениус итоат мекунад. Ва инро вобастагии хати рости $Lg K_{миёна}$ аз $1/T*10^3$ (расми 9 в) тасдиқ мекунад.

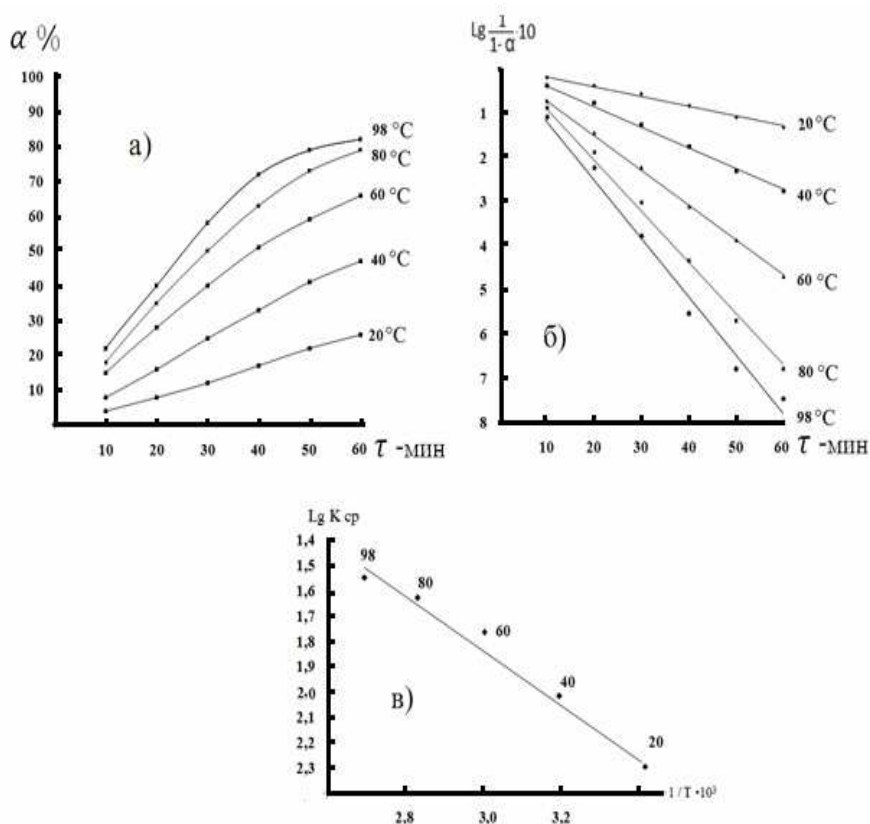
Энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванди таҷзияи аргиллитҳо бо кислотаи сулфат аз рӯйи муодилаи Аррениус ҳисоб карда шуд. Қимати он ба 45,65 кҶ/мол баробар аст. Қимати адабии энергияи фаъолшавӣ шаҳодат аз он медиҳад, ки раванди таҷзия дар фазои омехтаи наздик ба речаи кинетикӣ мегузарад.

Намуди қачхатаҳои кинетикӣ (расми 10а) зимни дар маҳлул ҷудошавии оксиди оҳан нишон медиҳанд, ки таҷзияи аргиллит дар давоми як соат зуд ба амал меояд ва ҷудошавии оксиди оҳан 48-56%-ро дар ҳарорати 98°C –ро ташкил медиҳад. Дар ҳарорати 80 °C дар муддати як соат он ба 48% баробар мебошад.

Дар натиҷаи гудохтани аргиллитҳои кони Чашма-Санг бо ишқори натрий ва коркарди обию кислотагӣ бо маҳлули 40 % H_2SO_4 раванди таҷзияи он муайян карда шуд.



Расми 9 - Вобастагии дараҷаи ҷудошавии Al_2O_3 аз давомнокии раванди таҷзия (а), вобастагии $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ аз вақт (б) ва вобастагии $\lg K$ миёна аз ҳарорати баръакси мутлақ ($1/T \cdot 10^3$) (в) дар натиҷаи ғудохтани аргиллитҳои кони Зиддӣ бо гидроксиди натрий ва коркарди обии сулфати маҳлули 40%-и H_2SO_4



Расми 10 - Вобастагии дараҷаи ҷудошавии Fe_2O_3 аз давомнокии раванди таҷзия (а); вобастагии $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$ аз вақт (б); вобастагии $\lg K_{миёна}$ аз ҳарорати баръакси мутлақ $1/T \cdot 10^3$ (в)

Константаи суръати таъзияи аргиллитҳо бо истифодаи муодилаи кинетикӣ тартиби якум ҳисоб карда шуд. Графики вобастагии $Lg1/(1-\alpha)*10$ аз вақт (расми 10б) хатҳои ростро ба ҳамии кунҷи 45-55 дараҷа дорад. Тағйирёбии константаи суръати таъзияи аргиллитҳои кони Зиддӣ аз ҳарорати раванд бо қонуни Аррениус иттиҳод карда, он бо хатҳои рост дар вобастагии $Lg1/(1-\alpha)*10$ (расми 10в) тасдиқ карда мешавад. Энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванди таъзияи сульфатии аргиллит бо муодилаи Аррениус ҳисоб карда шуд, ки он ба 39,57 кҶ/мол баробар аст. Қимати адабии энергияи фаъолшавии шаҳодати онро медиҳад, ки ин раванд дар фазои омехта мегузарад.

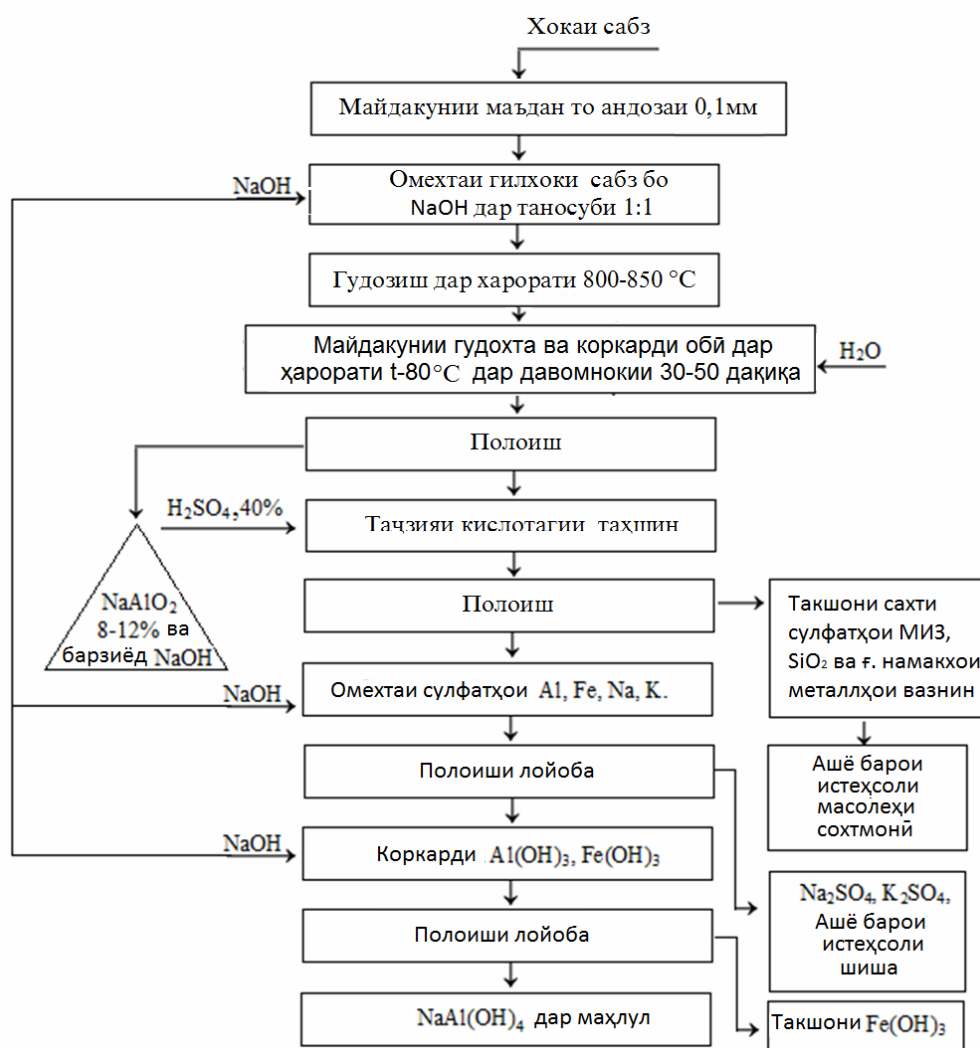
Дар натиҷаи ғудохтани ашёи каолинӣ ва гилҳои сабзи кони Чашма-Санг бо NaOH ва коркарди обию кислотагӣ бо маҳлули 40% H₂SO₄. Ғудохтани гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо NaOH ва таъзияи минбаъдаи обӣ ва кислотаи сулфат амалӣ карда шуд.

Ҳоҳаҳои гилҳои каолини (сабз) миқдори ками минералҳои зеринро доранд: кварс, каолинит, иллит, монтмориллонит, гётит, гематит, гидрослюда, гидроаргиллит.

Ғудохтани гилҳои каолини (сабз) бо ишқори натрий дар ҳарорати 800-850⁰С гузаронида шуда, баъди коркарди обӣ – кислотаи сулфат. Нишон дода шуд, ки баъди ғудохтакунии ва таъзияи обию - кислотаи сулфати маъданҳои кварс ва миқдори ками гематит дида мешавад.

Дар натиҷаи таҳқиқоти гузаронидашуда мо метавонем шароити зерини коркардро тавсия намоем: ғудохтакунии дар ҳарорати 800-850⁰С дар муддати 60 дақиқа, ҳарорати таъзияи обӣ 80⁰С дар муддати 30-35 дақиқа, таъзиякунии бо кислотаи сулфат дар ҳарорати 98⁰С давомнокии вақт 60 дақиқа, консентратсияи кислотаи H₂SO₄ 40%, андозаи зарраҳо 0,1 мм.

Нақшаи принципиалии технологияи коркарди аргиллитҳои кони Зиддӣ ва гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо усули кислотагӣ. Нақшаи принципиалии коркарди гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо усули ғудозиш бо гидроксиди натрий ва таъзияи баъдии обию кислотагӣ (расми 11). Тарзи коркард зинаҳои асосии зеринро дар бар мегирад: - майдакунии маъдан то ба андозаи 0.1 мм; омехтакунии гилҳои сабз бо гидроксиди натрий дар таносуби 1:1; ғудозиш дар ҳарорати 800-850⁰С; майдакунии ғудохтаи коркарди обӣ дар ҳарорати 80⁰С дар давомнокии 30-50 дақиқа; полоиш; ҷудокунии алюминати натрий 8-12% аз тақшони саҳт бо маҳлули гидроксиди натрий; таъзияи кислотагӣ бо маҳлули 40%-и H₂SO₄; ҷудокунии лойоба бо роҳи софкунии (отстаивание) ва филтронӣ. Ҳамин тавр, шароити зерини таъзияи гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Сангро тавсия намудан лозим аст: ғудохтан дар ҳарорати 800-850⁰С, таносуби маъдан ва гидрохлориди натрий 1:1, давомнокии раванди ғудозиш як соат, ҳарорати коркарди обию кислотагӣ 98⁰С, давомнокии вақти коркарди обӣ 30-35 дақиқа, давомнокии вақти коркарди кислотагӣ 60 дақиқа, консентратсияи кислотаи сулфат 40%, андозаи зарраҳо 0,1мм. Дар ин шароитҳо ҷудошавии оксиди алюминий 83%, ҷудошавии оксиди оҳан 57% аст.



Расми 11 - Нақшаи принципаии технологияи коркарди гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо усули гудозиш бо ишқори гидроксиди натрий ва таҷзияи обӣ-кислотаи сульфат

ХУЛОСАҶО

Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия:

1. Хосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ аргиллитҳо ва гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо усулҳои дифференсиалии ҳароратӣ ва рентгенофазавӣ омӯхта шудаанд [1, 6-М].
2. Таҳлили термодинамикии равандҳои гузаранда ҳангоми таҷзияи гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо кислотаҳои сирко ва гидрогенхлорид [7, 21-М].
3. Нишондиҳандаҳои оптималии раванди таҷзияи гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо кислотаи сирко муайян карда шуданд: дар муддати 1 соат дар ҳарорати 500-550° С қаблан сӯзонидани маъдан. Дар муддати як соат дар 98 °С бо маҳлули 30% кислотаи сирко маъдан таҷзия карда шуд [13, 15-М].
4. Кинетикаи таҷзияи атсетати гилҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг омӯхта шуда, барои оксиди алюминий ва оҳан қиматҳои энергияи эҳтимолии фаъолшавӣ мувофиқан ба 7,63 ва 6,5 кҶ/мол баробар аст. Ин раванд дар речаҳои

диффузионӣ мегузарад [15, 22-М].

5. Гудозиши гилхокҳои каолинӣ (сабз) –и кони Сашма-Санг ва аргиллитҳои кони Зиддӣ бо гидроксидаи натрий ва таъзияи минбаъдаи обию кислотагӣ сульфатию ва гидрогенхлоридии гудохта омӯхта шуд. Нишондиҳандаҳои оптималии ҷудокунӣ компонентҳои ғоиданок аз маъданҳои алюмосиликатию дар боло қайд шуда, муайян карда шуданд [2–6, 8, 10, 11, 17-М].

6. Кинетикаи таъзияи кислотаҳои сулфат ва гидрогенхлориди гилхокҳои каолинӣ (сабз)-и кони Чашма-Санг ва аргиллитҳои кони Зиддӣ бо гудозиши қаблӣ бо гидроксидаи натрий омӯхта шуд. Энергияи ғайолшавии дарёфтшуда оид ба гузариши раванд дар речаи кинетикӣ шаҳодат медиҳад [14, 16, 18-М].

7. Нақшаи принципаи технологияи коркарди комплекси аргиллитҳои кони Зиддӣ ва гилхокҳои каолинӣ (сабз)-и кони Чашма-Санг бо кислотаи сулфат коркард шуданд [9, 12, 20, 21-М].

Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо:

- технологияҳои таҳияшудаи маъданҳои алюминий ва оҳандор ва алюмосиликатҳои Тоҷикистонро барои ҳосилкунии алюминий ва оҳан истифода бурдан мумкин аст. Инчунин дар вақти коркард бо кислотаҳои минералӣ (H_2SO_4 , HCl) сульфатҳои алюминий ва оҳан ҳосил мешаванд, ки ҳамчун коагулянтҳо барои тоза кардани обҳои нушакӣ истифода бурда мешаванд;
- пайвастагиҳои Na_2SO_4 , K_2SO_4 барои истеҳсоли шиша истифода шуда, боқимонда SiO_2 барои масолеҳи сохтмон истифода бурдан мумкин аст;
- таъзияи ашёи хоми гилҳои каолини сабз бо истифода аз кислотаи сирко амалӣ мешавад;
- истеҳсоли атсетати алюминий ва оҳанро, ки ҳамчун ашёи хом дар саноати бофандагӣ ва дар тиб ҳамчун омодагии омеопатикӣ истифода мешаванд, нишон медиҳад.

**ҶЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ
ДАРАҶАИ ИЛМӢ АЗ РӢӢИ МАВЗӢИ ДИССЕРТАТСИЯ**

Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ тавсиянамудаи КОА-и назди

Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашршуда:

[1-М]. Мирзоев, Д.Х. Влияние продолжительности процесса и концентрации минеральных кислот на степень извлечения глинозёма из алюмосиликатных руд / Д.Х. Мирзоев, А.М. Каюмов, С.М. Гафорова, **Ш.О. Аъзамов** // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2016.- Т.59.- №3-4.- С. 1124-1127.

[2-М]. Мирзоев, Д.Х. Влияние продолжительности процесса и концентрации минеральных кислот на степень извлечения глинозема из алюмосиликатных руд / Д.Х. Мирзоев, А.М. Каюмов, С.М. Гафорова, **Ш.О. Аъзамов** // Известия АН Республики Таджикистан.- 2016.- Т.59.- №3-4.- С. 146-150.

[3-М]. Мирзоев, Д.Х. Водно-солянокислотное разложение зеленых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана с предварительным спеканием с гидроксидом натрия / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Ш.Д. Отаев // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2018.- Т.61.- №5.- С. 467-469.

[4-М]. **Аъзамов, Ш.О.** Водно-сернокислотное разложение аргиллитов Зидды с предварительным спеканием с гидроксидом натрия / Ш.О.Аъзамов, Д.Х.Мирзоев, У.М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2019.- Т.62.- №5-6.- С. 317-319.

[5-М]. Мирсаидов, У.М. Извлечение глинозема из алюмосиликатных руд Таджикистана солянокислотным разложением / У.М. Мирсаидов, Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, Н.М. Джамолов // Известия АН Республики Таджикистан.- 2019.- № 2(175).- С. 65-70.

[6-М]. Мирзоев, Д.Х. Особенности переработки аргиллитов месторождения Зидды Таджикистана спеканием с гидроксидом натрия / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.- 2020.- №3.- С. 38-42.

[7-М]. Мирзоев, Д.Х. Термодинамическая оценка разложения зелёных глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана соляной кислотой / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Н.М. Джамолов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.- 2020.- №3(180).- С. 171-174.

[8-М]. Мирзоев, Д.Х. Физико-химические основы сернокислотного разложения зелёных глин с предварительным спеканием с гидроксидом натрия / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, А.М. Каюмов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан.- 2020.- №2(179).- С. 81-88.

Мақолаҳои дар маводи конференсиҳои илмӣ, симпозиумҳо ва семинарҳо нашришуда:

[9-М]. Мирзоев, Д.Х. Разработка технологии переработки каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Республики Таджикистан минеральными кислотами / Д.Х. Мирзоев, М.М. Худойкулов, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорода, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов // Межд. науч. конф. «Роль молодых учёных в развитии науки, инноваций и технологий», посвящ. 25-летию государственной Независимости Республики Таджикистан.– Душанбе, 2016.– С. 152-155.

[10-М]. Мирзоев, Д.Х. Солянокислотное разложение каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Республики Таджикистан / Д.Х. Мирзоев, М.М. Худойкулов, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорода, У.М. Мирсаидов // Респ. науч.-практ. конф. «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посвящ. Дню химика и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., академика МИА А.В. Вахобова.– Душанбе, 2016.– С. 118-120.

[11-М]. Мирзоев, Д.Х. Хлорное и кислотное разложение алюмосиликатных руд Таджикистана / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорода, С.А. Бахронов, У.М. Мирсаидов // VIII Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования», посвящ. 25-летию государственной Независимости Республики Таджикистан и 60-летию Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими.- 2 часть.- Душанбе, 2016.- С. 34-35.

[12-М]. Мирзоев, Д.Х. Переработка аргиллитов месторождения Чашма-Санг минеральными кислотами / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорода, С.М. Бахронов, У.М. Мирсаидов // XIII Нумановские чтения «Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан», посвящ. 70-летию образования Института химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан.- Душанбе, 2016.- С. 87-90.

[13-М]. Мирзоев, Д.Х. Выщелачивание каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Республики Таджикистан уксусной кислотой / Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, С.М. Гафорода // Межд. науч. конф. «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий», посвящ. 20-летию Дня примирения Республики Таджикистан.– Душанбе, 2017.– С. 40-43.

[14-М]. Отаев, Ш.Д. Оценка процесса разложения каолиновых глин минеральными кислотами / Ш.Д. Отаев, С.М. Гафорода, **Ш.О. Аъзамов**, Д.Х.

Мирзоев // Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов, устойчивых к коррозии, в промышленности Республики Таджикистан».-Душанбе, 2018.– С. 126-128.

[15-М]. Мирзоев, Д.Х. Оценка процесса разложения каолиновых глин минеральными кислотами и уксусной кислотой / Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, С.М. Гафурзода, **Ш.О. Аъзамов** // Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов, устойчивых к коррозии, в промышленности Республики Таджикистан».- Душанбе, 2018.– С. 24-25.

[16-М]. Мирзоев, Д.Х. Изучение кинетики солянокислотного разложения зеленой глины месторождения Чашма-Санг с предварительным спеканием с гидроксидом натрия / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Ш.Д. Отаев // IV Межд. науч. конф. «Вопросы физической и координационной химии», посвящ. памяти д.х.н., проф. Х.М. Якубова и З.Н. Юсуфова.- Душанбе, 2019.- С. 145-149.

[17-М]. Мирзоев, Д.Х. Спекание каолиновых глин с хлоридом кальция / Д.Х. Мирзоев, С.М. Гафурзода, Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, С.Д. Махмаднабиев // XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан». - 2019.- С. 22-24.

[18-М]. Мирзоев, Д.Х. Кинетика разложения зеленых глин соляной кислотой с предварительным спеканием с хлористым кальцием / Д.Х. Мирзоев, С.М. Гафурзода, Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, А.М. Каюмов // XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан».- 2019.- С. 24-26.

[19-М]. Отаев, Ш.Д. Получение комплексных удобрений из аргиллитов и каолиновых глин / Ш.Д. Отаев, **Ш.О. Аъзамов**, Г.У. Бахридинова, Д.Х. Мирзоев, У.М. Мирсаидов / XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан». - 2019.- С. 27-28.

[20-М]. Мирзоев, Д.Х. Получение эфиратов хлористого алюминия из аргиллитов и каолиновых глин / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Ш.Д. Отаев, О.А. Азизов, Д.Х. Джураев // XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан».- 2019.- С. 29-30.

[21-М]. Мирзоев, Д.Х. Термодинамический анализ протекающих процессов при разложении каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана уксусной кислотой / Д.Х. Мирзоев, **Ш.О. Аъзамов**, Н.М. Джамолов, Ш.Д. Отаев // Респ. науч.-теор. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвящ. 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., проф., акад. АН РТ И.У. Нуманова.– Душанбе, 2020.– С. 295.

Ихтироот:

[22-М]. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1073. Способ получения хлористого алюминия в диэтиловом эфире / **Ш.О. Аъзамов**, Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, П.М. Ятимов, У.М. Мирсаидов.- Дата подачи 12.12.2018г. –Зарег. 03.04.2020г.

[23-М]. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1100. Способ переработки алюмосиликатов методом активации / **Ш.О. Аъзамов**, Д.Х. Мирзоев, Ш.Д. Отаев, А.М. Каюмов, О.А. Азизов, Ж.А. Мисратов, У.М. Мирсаидов.– Дата подачи 23.04.2020г.– Зарег. 26.06.2020г.

[24-М]. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1109. Способ получения алюмогидридов металлов из алюмосиликатных руд / **Ш.О. Аъзамов**, У.М. Мирсаидов, Д.Х. Мирзоев, А.М. Каюмов, Ш.Д. Отаев, О.А. Азизов, А. Бадалов.– Дата подачи 24.04.2020г.– Зарег. 19.08.2020г.

АННОТАТСИЯИ

диссертатсияи Аъзамов Шохрон Охонович дар мавзӯи: «Асосҳои физикавӣ-химиявии коркарди Аргиллитҳои Зиддӣ ва гилхокҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санги Ҷумҳурии Тоҷикистон бо кислотаҳо ва ғудохтакуни бо NaOH» барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯйи ихтисоси 05.17.01 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ

Калимаҳои асосӣ: таҷзияи аргиллитҳо, гилхокҳои каолини ва маъданҳои алюмосиликатӣ, таҷзиякуни бо кислота ва ғудохтан, нақшаҳои технологӣ, хусусиятҳои термодинамикӣ, асосҳои физикавӣ-химиявӣ.

Объект ва усулҳои таҳқиқот, дастгоҳҳои истифодашуда. Объекти таҳқиқот ин ҳосил кардани оксидҳои алюминий ва оҳан мебошад. Бо усули ғудохтакунии аргиллитҳои кони Зиддӣ ва гилхокҳои каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг аст. Таҳқиқоти физикавӣю химиявӣ ашӯи хом ва маҳсули коркарди он бо истифода аз усулҳо ва таҷҳизоти муосир: таҳлили рентгенофазавӣ (ТРФ), таҳлили ҳароратии дифференсиалӣ (ТХД), усули механикию химиявӣ бо истифода аз осӣҳои саққочагӣ ва усулҳои химиявӣ таҳлилӣ (комплексметрия ва планофотометрия). Тарзи маводӣ (материальный баланс)-и аргиллитҳо ва гилхокҳои сабз тартиб дода шуда, ба таҷзияи гилҳоки каолини (сабз)-и кони Чашма-Санг бо кислотаи гидрогенхлорид баҳои термодинамикӣ дода шуд.

Мақсади таҳқиқот ин омӯхтани равандҳои таҷзияи маъдаҳои алюменидор бо усулҳои коркарди кислотагӣ ва ғудохтакуни барои муайян кардани параметрҳои оптималии, омӯзиши коркарди равандҳои кинетикӣ, ки ҳангоми таҷзия ва ҷустҷӯии равандҳои самаранокии коркард мебошад.

Натиҷаҳои ҳосилшуда ва нағзониҳои онҳо. Коркарди маъданҳои алюмосиликатӣ ба тариқаҳои (усулҳои) кислотагӣ ва ғудохтакуни омӯхта шуда, механизмҳои, ки зимни коркарди маъданҳо ба воситаи усулҳои муосир ҷой доранд, ошкор карда шудаанд. Коркарди нақшаҳои принципаи технологӣ барои аз нағз коркард намудани ашӯҳои алюмосиликатӣ бо усулҳои мухталиф гузаронида шудаанд. Арзишҳои ин кор ошкор кардани механизмҳои таҷзияи кислотагӣ ва ғудохтакунии аргиллитҳо ва гилхокҳои каолини (сабз)-и конҳои Тоҷикистон мебошад. Инчунин баҳодиҳии термодинамики равандҳои гузаранда бо усулҳои кислотагӣ ва ғудохтакунии аргиллитҳо ва гилхокҳои каолини сабз аст. Ин кор бо он асос карда мешавад, ки дар асоси тадқиқотҳои гузаронидашуда технологияи пастсифат аз нағз коркард намудани аргиллитҳо ва гилхокҳои Тоҷикистонро бо усулҳои кислотагӣ ва ғудохтакуни, ки коркарди комплекси ашӯҳоро таъмин мекунанд, пешниҳод шудаанд. Зимни дар амал ҷорӣ намудани ин тадқиқот усулҳои, ки метавонанд самарани муайяни иқтисодӣ дошта бошанд, коркард карда шудаанд.

Тағсияҳои онд ба истифодаи амалии натиҷаҳо:

- технологияҳои тағияшудаи маъданҳои алюминий ва оҳандор ва алюмосиликатҳои Тоҷикистонро барои ҳосилкунии алюминий ва оҳан истифода бурдан мумкин аст. Инчунин дар вақти коркард бо кислотаҳои менералӣ (H_2SO_4 , HCl) сульфатҳои алюминий ва оҳан ҳосил мешаванд, ки ҳамчун коагулянтҳо барои тоза кардани обҳои нушакӣ истифода бурда мешаванд;

- пайвастагҳои Na_2SO_4 , K_2SO_4 барои истеҳсоли шиша истифода шуда, боқимонда SiO_2 барои масолеҳи сохтмон истифода бурдан мумкин аст;

- таҷзияи ашӯи хоми гилҳоки каолини сабз бо истифода аз кислотаи сирко амалӣ мешавад;

- истеҳсоли атсетати алюминий ва оҳанро, ки ҳамчун ашӯи хом дар саноати бофандагӣ ва дар тиб ҳамчун омодагии омеопатикӣ истифода мешаванд, нишон медиҳад.

Соҳаи истифодабарӣ: саноати химиявӣ.

АННОТАЦИЯ

диссертации Аъзамова Шохрона Охоновича на тему: «Физико-химические основы переработки аргиллитов Зидды и каолиновых (зелёных) глин месторождения Чашма-Санг Республики Таджикистан кислотами и спеканием с NaOH», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ

Ключевые слова: разложение аргиллитов, каолиновых глин и алюмосиликатных руд, кислотное и спекательное разложение, технологическая схема, термодинамические характеристики, физико-химические основы.

Объекты и методы исследования, использованная аппаратура: Объектом исследования является получение оксидов алюминия и железа путем спекания аргиллитов Зидды и каолиновых (зелёных) глин месторождения Чашма-Санг. Физико-химические исследования сырья и продуктового переработки проведены с применением современных методов и оборудования, рентгенофазового анализа (РФА), дифференциально-термический анализ (ДТА). Применялся механохимический метод с использованием шаровой мельницы и химические методы анализа. Расчёт материального баланса аргиллитов и зелёных глин, термодинамическая оценка разложения каолиновых (зелёных) месторождения Чашма-Санг соляной кислотой.

Целью исследования является разложение алюмосиликатных руд кислотами и спекательными методами с установлением оптимальных параметров переработки, изучение кинетических процессов, происходящих при разложении, а также поиск рациональных путей для переработки.

Полученные результаты и их новизна. Изучена переработка алюмосиликатных руд кислотными методами и спеканием, выявлены механизмы, которые происходят при переработке руд, с привлечением современных методов. Проведена разработка принципиальной технологической схемы для переработки алюмосиликатных руд различными методами. Теоретическая ценность работы -это раскрытие механизмов кислотного разложения и спекания аргиллитов и каолиновых (зелёных) глин Таджикистана, термодинамических оценка протекающих процессов кислотными методами и спеканием аргиллитов и каолиновых (зелёных) глин. Практическая ценность исследования заключается в том, что на основе проведенных исследований разработана малоотходная технология переработки аргиллитов и каолиновых глин Таджикистана кислотными методами и спеканием, которая обеспечивает их комплексную переработку. При внедрении разработанные способы могут дать определенный экономический эффект.

Рекомендации по практическому использованию результатов:

- разработанную технологию переработки алюмосиликатных руд Таджикистана рекомендовано использовать для получения соединений алюминия и железа;
- также разработанную технологию рекомендовано использовать при переработке руд минеральными кислотами (H_2SO_4 , HCl) с целью получения сульфатов алюминия и железа, которые используются в качестве коагулянтов для очистки питьевой воды;
- соединения сульфаты натрия и калия используются при производстве стекла, а остальная часть кремнезема используется в строительных материалах;
- рекомендовано разложение каолинового сырья – зелёной глины с применением уксусной кислоты. Показано получение ацетатов алюминия и ацетатов железа, используемых, как сырьё в текстильной промышленности и в медицине в качестве гомеопатических препаратов.

Область применения: химическая промышленность.

ANNOTATION

on dissertation of Azamov Shokhron Okhonovich on the topic: " Physical and chemical bases of processing argillite Ziddi and caolins (green) glin deposits of Republic Tajikistan Chashma-Sang acids and sintering with NaOH"
presented for the degree of candidate of technical sciences, specialty
05.17.01 - Technology of inorganic substances

Key words: decomposition argillites, caolines glin and aluminosilicate ores, acid and speciation decomposition, the technological scheme, thermodynamic characteristics, physical and chemical bases.

Objects and methods of research, equipment used. Object of research is reception oxides aluminium and iron by sintering argillites Ziddi and caolines (green) glin deposits Chashma-Sang. Physical and chemical researches of raw materials and product processings are spent with application of modern methods and the equipment, X-Ray the analysis (RFA), the differentialno-thermal analysis (DTA). It was applied mechanochemical a method with use of a spherical mill and chemical methods of the analysis. Calculation of material balance argillites and green glin, a thermodynamic estimation of decomposition caolines (green) deposits Chashma-Sang hydrochloric acid.

The aim of this work is decomposition aluminosilicate ores acids and speciation methods with an establishment of optimum parameters of processing, studying of the kinetic processes occurring at decomposition, and also search of rational ways for processing.

The results obtained and their novelty. Processing aluminosilicate ores is studied by acid methods and sintering, mechanisms which occur at processing of ores, with attraction of modern methods are revealed. Working out of the basic technological scheme for processing aluminosilicate ores is spent by various methods. Theoretical value of work-it disclosing of mechanisms of acid decomposition and sintering argillites and caolines (green) glin Tajikistan, thermodynamic an estimation of proceeding processes by acid methods and sintering argillites and caolines (green) glin. Practical value of research consists that on the basis of the spent researches the technology of processing argillites and caolines (green) glin Tajikistan is developed by acid methods and sintering which provides their complex processing. At introduction the developed ways can give certain economic benefit.

Recommendations for the practical use of the results:

- the developed technology of processing aluminosilicate ores of Tajikistan is recommended for using for reception of connections of aluminium and iron;
- also the developed technology is recommended for using at processing of ores by mineral acids (H_2SO_4 , HCl) for the purpose of reception of sulphates of aluminium and iron which are used in quality coagulants for potable water clearing;
- connections sulphates of sodium and potassium are used by glass manufacture, and other part cremnozem is used in building materials;
- decomposition caolines raw materials – green clay with application of acetic acid is recommended. Reception of acetates of aluminium and the acetates of iron used, as raw materials in the textile industry and in medicine as homoeopathic preparations is shown.

Application: chemical industry.

Разрешено в печать 25.01.2021 г., подписано в печать 01.02.2021 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура литературная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,0. Тираж 100 экз.
