

**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИLMҲОИ ТОЧИКИСТОН
ИНСТИТУТИ ХИМИЯИ ба номи В.И. НИКИТИНА**

ВБД: 544+546
ТКБ: 24.5 (2Т)
X - 71

Бо ҳуқуқи дастнавис



ХОЛМАТЗОДА ТУЙЧИ БУРИХОН

**АСОСҲОИ ФИЗИКАВИЮ ХИМИЯВИИ КОРКАРДИ МАЪДАНҲОИ
АЛЮМИНИЙДОРИ ТОЧИКИСТОН БО ИСТИФОДА АЗ КИСЛОТАШОИ
МИНЕРАЛӢ ВА УСУЛИ ГУДОҲТАН, БАРОИ БА ДАСТ ОВАРДАНИ
ПАЙВАСТАҲОИ АЛЮМИНИЙ, ОҲАН, КОАГУЛЯТҲО ВА МАССАҲОИ
ФАРФОРӢ**

АВТОРЕФЕРАТ

**барои дарёфти дараҷаи доктори илмҳои фалсафа (PhD),
доктор аз руи ихтисоси 6D072000 – Технологияи химиявии моддаҳои
ғайриорганикӣ (6D072001 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ)**

Роҳбари илмӣ:

доктори илмҳои химия,
профессор, академики АМИТ
Улмас Мирсаидов

Кори диссертатсионӣ дар озмоишгоҳи «Коркарди комплекси ашёи минералӣ ва партовҳои саноатӣ»-и Институти химияи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон (АМИТ) иҷро карда шудааст.

Рохбари илмӣ:

Мирсаидов Улмас - доктори илмҳои химия, профессор, академики АМИТ, сарҳодими илмии Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Муқарризони расмӣ:

Розиқов Зафар Абдуқаҳорович

- доктори илмҳои техникаӣ, профессори кафедраи «Экология»-и Донишкадаи куҳию металлургии Тоҷикистон.

Рафиев Рустам Сафаралиевич

- номзади илмҳои химия, мудирӣ кафедраи “Химияи татбиқӣ” факултети “Химия”-и Донишгоҳи миллии Тоҷикистон.

Муассисаи пешбар:

Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Ҳимояи диссертатсия «25» феввали соли 2026, соати 9-⁰⁰ дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии муштараки 6D.ҚОА-042 назди Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ ва Агентии амнияти ХБРЯ-и АМИТ баргузор мегардад. Суроға: 734063, ш. Душанбе, куч. Айнӣ 299/2, E-mail: f.khamidov@cbrn.tj, +992934366463

Бо мӯҳтавои диссертатсия дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ www.chemistry.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «_____» _____2025с. аз рӯи феҳристи пешниҳод шуда, фиристода шуд.

Котиби илмии
шурои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои химия

Ҳамидов Ф.А.

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Коркарди ашёи хоми минералӣ, яке аз самтҳои асосии рушди истеҳсолоти саноатӣ дар ҷумҳурӣ ба ҳисоб меравад ва бо мақсади ба даст овардани маҳсулоти пураризиш амалӣ карда мешавад. Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, Пешвои муаззами миллат, мухтарам Эмомалӣ Раҳмон солҳои 2022–2026-ро “Солҳои рушди саноат” эълон намуданд.

Тоҷикистон ба бозори ҷаҳонӣ ворид шуда, дорои захираҳои гуногуни маъданӣ, аз ҷумла алюминий, оҳан, бор ва дигар маводи гаронбаҳо мебошад.

Мавҷуд будани захираҳои зиёди ашёи хоми гилхокдор (новобаста аз он ки миқдори Al_2O_3 аз 20 то 30 фоизро ташкил медиҳад), дар назди муҳаққиқон барои коркарди ҳамачонибаи маъданҳо ва таҳияи нақшаҳои самарабахши коркарди технологӣ вазифаҳои муҳимро мегузорад.

Ба ғайр аз ин, аз ҳисоби дар истеҳсолот ҷорӣ намудани дигар навъҳои ашёи хом, аз ҷумла гилхок базаи ашёи хоми саноати мамлакат хеле васеъ мебошад. Дар байни ин навъҳои ашёи хом - нефелинҳои сиенитӣ, гилҳои каолинӣ ва дигар маъданҳои алюминийдори пастсифатро қайд кардан мумкин аст. Новобаста аз он ки дар таркиби маъданҳо миқдори ками гилхок мавҷуд аст, онҳо дорои алюминий ва як қатор унсурҳои муҳим ва гаронбаҳо мебошанд, ки бо усулҳои мураккаби технологӣ ҷудо ва коркард карда мешаванд. Барои истеҳсоли маҳсулоти ниҳии тайёр, истифодаи методҳои комплекси коркарди маъдан муҳим аст.

Бо мақсади ба даст овардани ҳади аксари самаранокӣ дар ҷудо кардани ҷузъҳои арзишманд, аз ҷумла гилхок ва дигар унсурҳои зарурӣ, татбиқи равишҳои муосири технологӣ зарур аст. Дар ин замина, муҳаққиқон роҳҳои гуногуни коркарди ашёи хоми дорои алюминийро таҳқиқ намуда, усулҳои самаранокӣ зеринро пешниҳод кардаанд:

- хлорронӣ – истифодаи хлор барои ҷудо кардани алюминий ва дигар ҷузъҳои маъдан.
- ишқоркунӣ – коркарди маъдан бо маҳлулҳои ишқорӣ, ки ба ҳалшавии алюминий мусоидат мекунад.
- кислотагӣ – татбиқи кислотаҳо барои ҷудо кардани алюминий ва дигар унсурҳои муҳим аз маъдан.
- омехта – якҷоя кардани чанд усул барои баланд бардоштани самаранокии коркарди ашёи хом новобаста аз он, ки дар таркиби маъданҳо миқдори ками гилхок мавҷуд аст.

Бо истифода аз кислотаҳои минералии HCl , H_2SO_4 ва HNO_3 ашёи хоми пастсифатро коркард менамоянд. Усули кислотагӣ барои осон кардани марҳилаи коркарди ҷудокунии селективии кремнезём ва гилхок истифода мешавад. Истифодаи усули кор бо кислота метавонад ашёи хоми пастсифатро аз ҷиҳати химиявӣ ғанӣ гардонад.

Ҳамин тариқ, коркарди комплекси ашёи хоми дорои миқдори зиёди силитсӣ бо истифода аз усулҳои самарабахш, инчунин таҷзияи он тавассути моддаҳои гуногуни фаъолкунанда ва ба даст овардани маҳсулоти ниҳии арзишманд, бахусус моддаҳои энергияи зиёд дошта, яке аз вазифаҳои асосии саноати муосири коркарди маъданҳо ба шумор меравад.

Дар ин рисола натиҷаҳои ҷамъбаст шудаанд, ки дар асоси омӯзиши таҷзияи маъданҳои дорои алюминий дар Тоҷикистон ва равандҳои химиявӣ ҳангоми таҷзия бо кислотаҳои минералӣ ва ғудохтан бо реагентҳои гуногун ба даст омадаанд.

Дарачаи коркарди илмӣ проблемаи мавриди омӯзиш. Дар тадқиқотҳои амалии коркарди маъданҳои алюминийдор бо усули кислотагӣ ва ғудохтан, саҳми олимони машҳур: С.И. Кузнецов [1], М.Н. Смирнов [2], М.Ф. Малышев [3], В.А. Мазель [4], А.И. Лайнер [5], Н.Н. Тихонов [6], П.И. Вольпин [7], Ю.Г. Хавкин [8], И.Н. Китлер [9], Л.П. Ни [10], А.К. Запольский [11], Л.П. Коннов [12], А.И. Лайнер [13], Б. Х. Шварцман [14], П. В. Дыбина [15], Л. А. Трифонова [16], А. К. Запольский [17] ва дигарон бузург аст.

Аз ҳисоби олимони тоҷик дар таҳқиқи амалии коркарди маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон: У.М. Мирсаидов [18-22, 23-25], Ш.Б. Назаров [21,25,26], Б. Мирзоев [27], Х.Э. Бобоев [28], Т.С. Мачидов [29], С. С.Тураев [30], Д.Х. Мирзоев [31, 32, 33], А. М. Қаюмов [34,35], Х. Сафиев [18, 36], А. Ш. Аҳмадов [37] ва дигарон корҳои зиёди илмӣ анҷом додаанд.

Аз ҷониби муҳаққиқон хеле тадқиқотҳои зиёде оид ба даст овардани алюминий ва дигар пайвастиҳои арзишманд гузаронидаанд, аммо, таҷзияи ашёи хоми дорои алюминий бо

истифода аз усулҳои кислотагӣ, бо пешакӣ фаъл намудани маъдан, иловаи реактивҳои гуногун ва татбиқи омехтаи кислотаҳои минералӣ буда, то ҳол ба таври пурра ва ҳамаҷониба мавриди омӯзиш қарор нагирифтааст.

Ин норасоӣ зарурати таҳқиқоти иловагӣ ва таҳияи равишҳои навро барои баланд бардоштани самаранокии ҷудокунии алюминий ва дигар унсурҳои арзишманд тақозо менамояд. Илова бар ин, дар ин таҳқиқот истеҳсоли коагулянтҳо барои тоза кардани об ва маҳсулоти фарфорӣ аз ашёи хоми маҳаллӣ нишон дода шудааст.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоихаҳо), мавзӯҳои илмӣ. Кори диссертатсионӣ дар Лабораторияи коркарди комплекси ашё ва партовҳои саноати Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон дар асоси ду лоихаи илмӣ иҷро шудааст. Ҳар яке аз ин лоихаҳо ба таҳқиқ ва тақмили равишҳои коркарди маъданҳои алюминийдор ва истифодаи самараноки захираҳои табиӣ равона шудаанд:

1. “Таҳияи усулҳои селективии таҷзияи маъданҳои аз силитсий бой ва дорои бор ва алюминийи Тоҷикистон” (рақами давлатии бақайдгирӣ 0116 ТҶ 00541).

2. “Асосҳои физикавӣю химиявӣ ва технологияи истеҳсоли пайвастагҳои бор, алюминий, нуриҳои минералӣ, коагулянтҳо, фарфор ва масолеҳи сохтмонӣ” (рақами давлатии бақайдгирӣ 0121 ТҶ 1147).

Дар адабиёти илмӣ чунин маъданҳои дорои алюминий номбар карда шудаанд: гилҳокдор, алюмосиликатҳо ё маъданҳои алюминийдор. Дар ин таҳқиқот ҳамаи ин номҳои зикршуда истифода шудаанд.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот – таҳқиқ ва таҳияи усулҳои самаранок барои коркарди маъданҳои гилҳокдор, махсусан нефелинҳои сиенитӣ ва гилҳои каолинӣ, бо истифода аз кислотаҳои минералӣ – фосфат (H_3PO_4), нитрат (HNO_3), хлорид (HCl), сулфат (H_2SO_4) ва гудохтан бо хлориди калсий ($CaCl_2$). Инчунин омӯзиши механизм ва кинетикаи равандҳои мазкур мебошад.

Вазифаҳои асосии таҳқиқот:

- коркарди нефелинҳои сиенитӣ ва гилҳои каолинии конҳои Тоҷикистон бо истифода аз кислотаҳои фосфат ва нитрат;
- таҳлили ҷудошавии ин маъданҳо тавассути фаългардонӣ бо $CaCl_2$ барои ба даст овардани маҳсулоти ниҳони арзишманд;
- тартиб додани нақшаҳои самараноки технологӣ, ки имкон медиҳанд аз маъданҳои Тоҷикистон омехтаи алюминий ва оҳан гирифта шавад;
- истеҳсоли маҳсулоти пурарзиш, аз ҷумла фарфор ва коагулянтҳо.

Объекти таҳқиқот – маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон бо мақсади ба даст овардани коагулянтҳо барои тоза кардани об ва истеҳсоли масолеҳи фарфорӣ мебошад.

Мавзӯи (предмети) таҳқиқот – таҳияи усулҳои самараноки коркарди маъданҳои дорои гилҳок бо мақсади истеҳсоли масолеҳи фарфорӣ, коагулянтҳо ва моддаҳои ибтидоӣ барои ба даст овардани моддаҳои энергияи зиёд дошта мебошад. Ин таҳқиқот ба тақмили технологияҳои коркарди маъдан, баланд бардоштани самаранокии ҷудокунии ҷузъҳои арзишманд ва истифодаи устувори захираҳои табиӣ равона шудааст.

Ҳамчунин, механизми гузариши раванди ҷудошавии маъданҳо бо истифода аз усулҳои кислотагӣ ва гудохтан муайян карда шудааст.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқот:

- механизмҳои равандҳои химиявӣ ҳангоми коркарди маъданҳои дорои алюминий бо истифода аз кислотаҳои минералӣ таҳқиқ ва муайян карда шуданд;
- равандҳои фаълшавии химиявӣ ашёи хоми дорои гилҳок бо истифода аз реагентҳои гуногун таҳлил ва мушаххас карда шуданд;
- давомнокии раванди химиявӣ, таъсири ҳарорат ва консентратсияи кислотаҳои минералӣ ба ҳаҷм ва самаранокии истеҳсоли ҷузъҳои арзишманд аз ашёи хоми гилҳокдор таҳлил ва муайян карда шуд;

- барои коркарди ашёи хоми дорои алюминий бо усулҳои кислотагӣ ва таъсири кислотаҳои минералӣ нақшаҳои асосии технологӣ таҳия гардиданд.

Аҳамияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот. Мувоффиқи таҳқиқотҳои гузаронидашуда ва бо истифода аз технологияҳои самарабахш маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон аз ҷумла гилҳои каолинӣ ва нефелинҳои сиенитӣ, бо кислотаҳои минералӣ коркард карда шуданд.

Механизмҳои ҷудошавии маъданҳои алюминийдор дар конҳои Тоҷикистон бо истифода аз кислотаҳои фосфат ва нитрат таҳқиқ шуда, инчунин равандҳои ғудохта кардани маъданҳо бо хлориди калсий омӯзиш ёфтаанд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

- таҳқиқи таркиб ва ҳосиятҳои ашёи хоми дорои алюминийдор бо методҳои рентгенофазавӣ ва таҳлилҳои диференсиалии термикӣ, инчунин муайян кардани ҳолатҳои термодинамикӣ ҳангоми таҷзияи онҳо бо усулҳои кислотагӣ ва ғудохта;

- натиҷаҳои кинетикии раванди таҷзияи маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон, аз ҷумла нефелинҳои сиенитӣ ва гилҳои каолинӣ, бо истифода аз кислотаҳои минералӣ;

- тартиб додани нақшаҳои асосии технологияи истеҳсоли фарфор ва коагулянтҳои омехта барои тоза кардани об аз нефелинҳои сиенитӣ ва гилҳои каолинии конҳои Тоҷикистон.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо – бо гузаронидани таҷрибаҳои параллелӣ ва таҳлили химиявии чандин намунаи маъданҳо мавриди омӯзиш, ки бо усулҳои физикавӣю химиявӣ таҳлил ҳамоҳанг буда ва натиҷаҳои яхела ба даст омадаанд, исбот карда шудааст. Ин усул кафолати дурустии натиҷаҳо ва мувофиқати онҳо бо маълумоти пешакии илмиро таъмин мекунад.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Рисола ба ихтисоси илмии 6D072000 – Технологияи химиявии моддаҳои ғайриорганикӣ (6D072001 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ):

1. Равандҳои истеҳсоли барои ба даст овардани маҳсулоти ғайриорганикӣ: намакҳо, кислотаҳо ва ишқорҳо, нуриҳои минералӣ, изотопҳо ва маҳсулоти ғайриорганикии тоза, катализаторҳо, сорбентҳо, маводҳои ғайриорганикӣ;

2. Равандҳои технологияи (химиявӣ, физикӣ ва механикӣ) тағйирёбии таркиб, ҳолат, ҳосиятҳо, шакли ашёи хом, мавод дар истеҳсоли маҳсулоти ғайриорганикӣ;

4. Усулҳо ва воситаҳои таҳияи технология, ҳисобҳои технологӣ, лоиҳакашӣ, идоракунии равандҳои технологӣ ва сифати маҳсулот нисбат ба равандҳои истеҳсоли ба даст овардани маҳсулоти ғайриорганикӣ;

5. Асосҳои химиявӣ ва физикавӣю химиявӣ равандҳои технологӣ: таркиби химиявӣ ва ҳосиятҳои моддаҳо, термодинамика ва кинетикаи табдилшавиҳои химиявӣ ва байнимарҳилавӣ;

9. Усулҳо ва пайдарҳамии амалиёти технологӣ ва равандҳои коркарди ашёи хом, маҳсулоти мобайнӣ ва ғайриасосӣ, захираҳои моддии сонавӣ дар маҳсулоти ғайриорганикӣ.

Саҳми шахсии довталаб. Довталаб бо гузаронидани таҳқиқотҳо, ҷамъовариҳои маълумоти лозима аз адабиётҳои илмӣ, таҳия ва ҳалли масъалаҳои муҳими илмӣ, инчунин таҳқиқ ва коркарди натиҷаҳои таҷрибавӣ дар чараёни таҳқиқот, саҳми назаррас гузоштааст. Натиҷаҳои ба даст овардашуда барои рушди соҳаи коркарди маъданҳои алюминий ва дигар моддаҳои ғайриорганикӣ муҳим мебошанд.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия.

Муқаррароти асосии рисола дар чорабиниҳои илмии оммавии зерин пешниҳод ва муҳокима гардиданд: Хониши XVII Нӯмонов “Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI веке” (Душанбе, 2022); Маҷмӯаи мақолаҳо ва рисолаҳои конфронси VII байналмилалии илмӣ-амалии “Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий” (Душанбе, 2022);

Хониши XVIII Нӯмонов “Развитие современной химии и её теоретические и практические аспекты” (Душанбе, 2023); Конфронси байналмилалии илмию техникӣ “Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана” (Тошкент 2023); Конфронси илмӣ-амалии

ҷумҳуриявии олимони ҷавон, ки ба эълони соли 2024 "Соли таҳсилоти ҳуқуқӣ" бахшида шудааст (Душанбе, 2024).

Интишороти аз рӯи мавзӯи диссертатсия. Вобаста ба натиҷаҳои таҳқиқотҳои гузаронидашуда 16 мақола дар маҷаллаҳои тавсиянамудаи Комиссияи олии аттестатсионии Ҷумҳурии Тоҷикистон, 9 фишурдаи мақолаҳо (тезис) оид ба маърузаҳо дар маводи конфронси байналмиллалӣ ва ҷумҳуриявӣ, 1 акти татбиқ ва 1 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон амалӣ гардидаанд.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Рисола аз чор боб, муқаддима, шарҳи адабиёт ва дастнависи 150 саҳифа иборат буда, дорои 35 расм, 33 ҷадвал ва 175 номгӯи адабиёт мебошад. Дар рисола замимаҳои иловагӣ барои дастгирии натиҷаҳои таҳқиқотӣ низ мавҷуданд.

МУНДАРИҶАИ АСОСИИ ҚОР

Дар *муқаддима* мубрами ва зарурияти масъалаи соҳа ва аҳамияти амалии мавзӯи интихобшуда дарҷ ёфтааст. Мақсад ва ҳадафҳои қори диссертатсионӣ муайян карда шуда, аҳамияти илмӣ ва амалии онҳо инъикос карда шудааст.

Дар *боби якум* рисола шарҳи муҳтасари адабиётҳои илмӣ оиди манбаъҳои ашъи хоми саноати алюминийдори Тоҷикистон бо истифода аз кислотаҳои минералии гуногун, ҳолати масъала, ҳосил намудани оксидҳои алюминий ва оҳан, ба ғайр аз ин ҳосилкунии дигар моддаҳои муҳиме, ки дар таркиби маъданҳои алюминийдор мавҷуданд.

Дар *боби дувум* таснифи объектҳои таҳқиқотӣ, хосиятҳои физико-химиявии маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон бо истифода аз кислотаҳои минералӣ, усулҳои гузаронидани таҷрибаҳо, усулҳои таҳлили физико-химиявӣ ва спектрометрӣ оварда шудаанд. Инчунин дар ин боб таҳлили термодинамикии равандҳое, ки ҳангоми таҷзияи маъданҳои алюминийдор бо кислотаҳои минералӣ (фосфат, сулфат, нитрат ва омехтаи кислотаҳо) мегузаранд, нишон дода шудааст.

Дар *боби сеюм* асосҳои физико-химиявии ҳосилкунии оксидҳои алюминий ва оҳан аз таркиби маъданҳои алюминийдори қонҳои Тоҷикистони бо истифодаи кислотаҳои минералӣ таҷзия карда шуда, мавриди омӯзиш қарор гирифтааст. Натиҷаҳои таҷзияи маъданҳои алюминийдор бо истифодаи кислотаҳои минералӣ ва кинетикаи раванди таҷзияи маъданҳои алюминийдор оварда шудааст.

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

МЕТОДҲОИ ТАҶРИБА, ТАҲЛИЛИ ХИМИЯВӢ, ХУСУСИЯТҲОИ ФИЗИКАВИЮ ХИМИЯВИИ МАЪДАНҲОИ АЛЮМИНОСИЛИКАТИИ ТОҶИКИСТОН

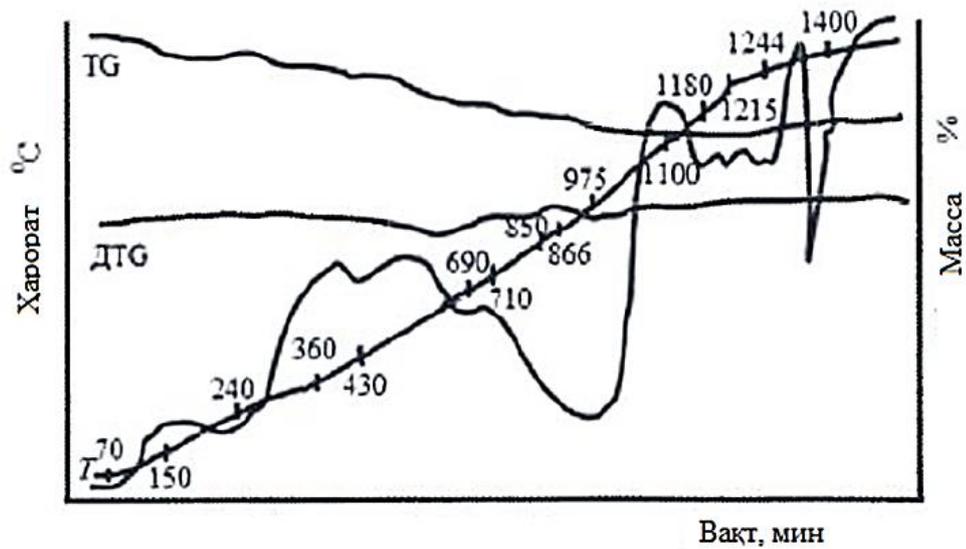
Таҳлили дифференсиалии термикӣ ва марҳилаи рентгени маъданҳои алюминийдор

Дар расми 1, термограммаи алюмосиликат – нефелинҳои сиенитии Турпӣ оварда шудааст. Сабти термограмма бо суръати гармкунии $7^{\circ}\text{K}/\text{дақ}$ иҷро гардида, дар фосилаи $690\text{-}850^{\circ}\text{C}$ эндоэфекти васеъ мушоҳида мешавад, ки ба табдили фазавии каолинит ва эҳтимолан ба раванди дегидроксилюнии он вобаста аст.

Ин таъсироти метавонанд бо раванди таҷзияи моддаҳои гидратшуда ва табдили минбаъдаи онҳо ба шаклҳои устувори минералӣ алоқаманд бошанд.

Натиҷаҳои таҳқиқот собит месозанд, ки усули таҳлили дифференсиалии ҳароратӣ (DTA) метавонад ҳангоми интихоби шароити оптималии гудозиши ашъи хом бо дигар реагентҳо самаранок истифода шавад. Ин таҳлил нишон дод, ки дар ҳамаи намунаҳо дар ҳарорати паст хориҷшавии оби кристаллизатсионӣ ба назар мерасад, ки ин раванд ба нестшавии пайвастагиҳои обӣ дар соҳтори минералҳо ишора мекунад. Дар чунин шароит, эндоэфектҳо (тағйироти ё ҷаббиши энергия) дар ҳарорати баланд нишон медиҳанд, ки табдили фазавии моддаҳо ва таъсири мутақобила байни минералҳо рӯй медиҳанд. Ин равандҳо барои фаҳмидани равандҳои физикавию ва химиявӣ дар мавод дар шароити гармидиҳӣ аҳамияти муҳим доранд,

чунки онҳо кӯмак мекунад, ки таъсирҳои гуногуни гармидиҳӣ ва табдили фазавии маводро дарк кунем.



Расми 1. - Таҳлили термографии нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ

Дар таҳқиқоти лабораторӣ асбобҳои рентгени навъи ДРОН бо таъминоти барномавӣ ба таври васеъ мавриди истифода қарор гирифтанд. Ин асбобҳо имконият медиҳанд, ки таҳлили рентгенофазавӣ бо дақиқии баланд барои муайян кардани таркиби минералогии мавод анҷом дода шавад.

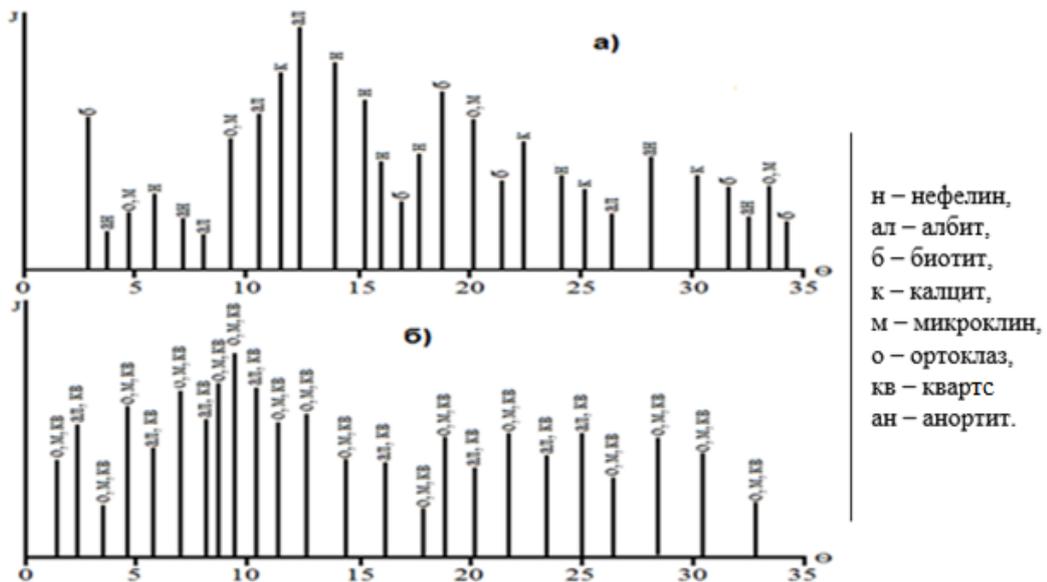
Намунаҳои дифраксияи рентгенӣ барои маъданҳои дорои алюминий, ки тавассути дифрактографи ДРОН-3 ба даст оварда шудаанд, дар расми 2 оварда шудаанд.

Диаграммаи мазкур ду ҳолати маводро инъикос мекунад:

(а) – Нефелинҳои сиенитии аввала, ки таркиби табиӣ онҳоро нишон медиҳанд.

(б) – Пасмондаҳо пас аз калсироникунӣ дар ҳарорати 500–600°C ва таъзия бо кислотаи фосфат (H_3PO_4)-и 30%-а, ки нишон медиҳад, баъзе ҷузъҳои минералогӣ тағйир ёфтаанд ё нест шудаанд.

Дар диаграммаи рентгенофазавӣ нишонаҳои асосии минералҳои зерин мушоҳида мешаванд: н – нефелин, ал – албит, б – биотит, к – калсит, м – микроклин, о – ортоклаз, кв – кварс, ан – анортит.



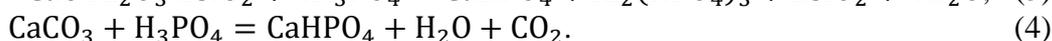
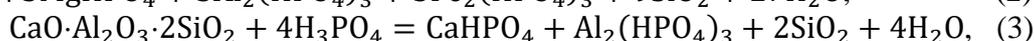
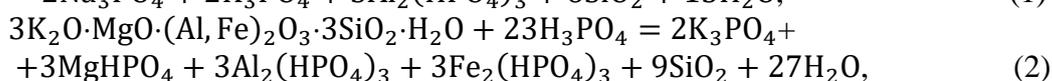
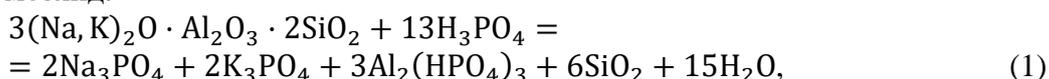
Расми 2. - Диаграммаи хаттии таҳлили рентгенофазавии нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ

Муқоисаи фазавии спектрҳо нишон медиҳад, ки баъзе чузӯҳои минерали дар натиҷаи коркарди термикӣ ва химиявӣ тағйир ёфта, дигар минералҳо устувории худро нигоҳ доштаанд. Ин таҳлил барои дарки беҳтари равандҳои кристаллохимиявии нефелинҳои сиенитӣ ҳангоми коркарди саноатӣ кӯмак мекунад.

Таҳлили термодинамикии равандҳо ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитии Турпи бо иштироки кислотаи ортофосфат

Таҳлили рентгенофазавӣ муайян кард, ки нефелинҳои сиенитӣ дорои маъданҳои зерин мебошанд: албит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2$, нефелин $(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, анортит $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, биотит $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot (\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, калсит CaCO_3 , ортоклаз – микроклин $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.

Дар вақти баҳамтаъсирии кислотаи фосфат ва нефелинҳои сиенитӣ реаксияҳои зерин ба амал меоянд:

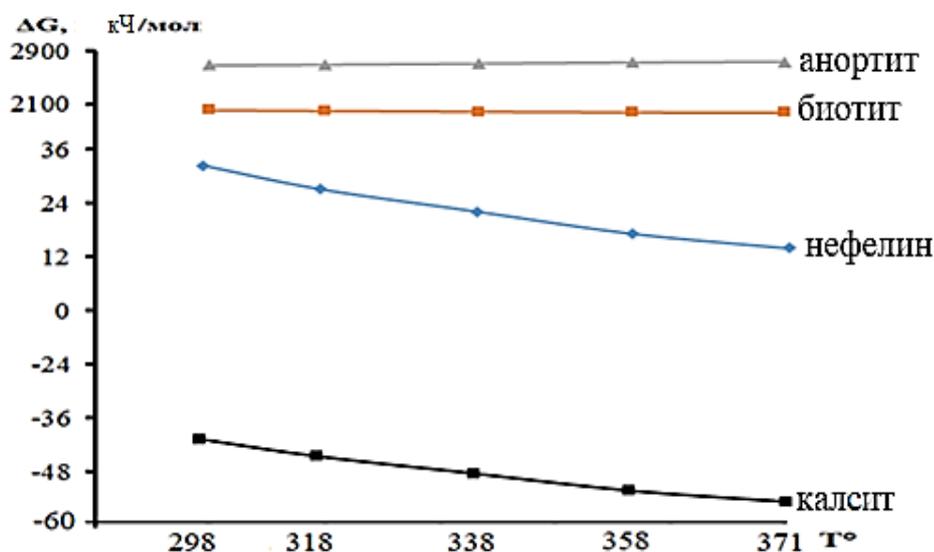


Барои ҳар як реаксия характеристикаҳои термодинамикӣ ҳисоб карда шуданд, ки дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1. - Арзишҳои энергетикӣ Гиббс (ΔG , кҶ/мол) дар ҳароратҳои гуногун дар реаксияҳои (1)-(4) таъсири мутақобилаи нефелинҳои сиенитӣ бо H_3PO_4

№ реаксияҳо	ΔG_{298}	ΔG_{318}	ΔG_{338}	ΔG_{358}	ΔG_{371}
(1)	-32.5	-27.2	-22.2	-17.2	-13.95
(2)	-2087.57	-2086.19	-2084.8	-2083.43	-2082.53
(3)	-2872.36	-2874.16	-2875.96	-2877.76	-2878.93
(4)	-43.09	-46.93	-50.77	-54.61	-57.1

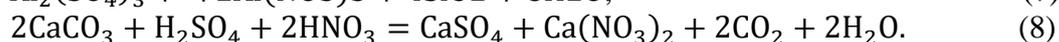
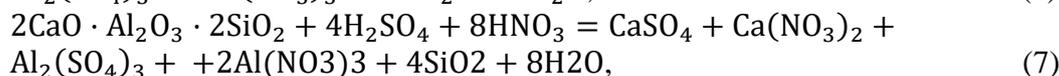
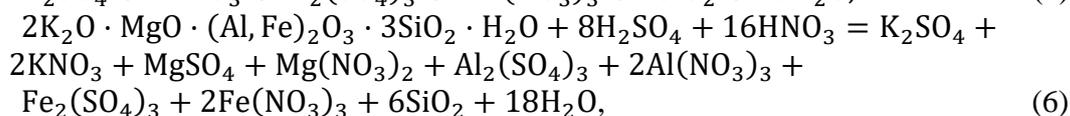
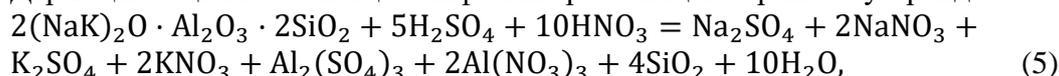
Дар ҷадвали 1 ва расми 3 таъсири ҳарорат ба арзишҳои энергетикӣ Гиббс ва ҷараёни реаксияҳо мавриди баррасӣ қарор гирифтааст. Тавре аз маълумоти ҷадвали 1 ва расми 3 бармеояд, афзоиши ҳарорат ба ташаккул ва пешрафти ҳамаи реаксияҳои таҳқиқшаванда (1)-(4) мусоидат мекунад.



Расми 3. - Вобастагии тағйирёбии энергияи Гиббс (ΔG)-ро аз ҳарорати таҷзияи минералҳои дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ будаҳангоми таҷзия бо H_3PO_4

Таҳлили термодинамикии раванди таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо истифода аз омехтаи кислотаҳои сулфат ва нитрат

Дар вақти таҷзияи сиенитҳои нефелинӣ реаксияҳои зерин мегузаранд:

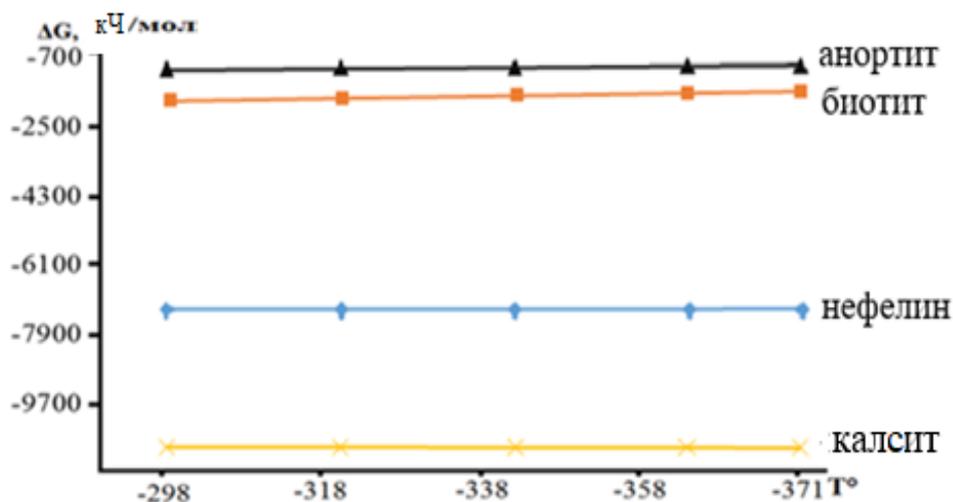


Барои ҳисоб кардани тағироти термодинамикӣ дар натиҷаи ин реаксияҳо (5)-(8), стандартҳои термодинамикӣ барои ҳар як модда, ки дар ин равандҳо иштирок мекунанд, истифода шудаанд.

Барои ҳисоб кардани ΔG дар фосилаи ҳароратии 298–371 К, тағйирёбии энталпия (ΔH) ва энтропия (ΔS) барои ҳар як реаксия истифода шудааст. Бар асоси ин маълумот, графики вобастагии ΔG аз ҳарорат таҳия карда шудааст, ки дар ҷадвали 2 ва расми 4 нишон дода шудааст [8-М].

Ҷадвали 2. - Қиматҳои энергияи Гиббс (ΔG , кҶ/мол) дар доираи ҳарорати 298-371 К дар реаксияҳо, ки мавриди баррасӣ қарор дода шудаанд [8-М]

№ реаксияҳо	ΔG°_{298}	ΔG°_{318}	ΔG°_{338}	ΔG°_{358}	ΔG°_{371}
(5)	-7220.63	-7218.7	-7216.74	-7214.8	-7213.53
(6)	-10930.84	-10889.77	-10848.7	-10807.63	-10780.93
(7)	-1048	-1029.17	-1010.34	-991.51	-979.28
(8)	-1438.31	-1442.61	-1446.9	-1451.2	-1454



Расми 4. - Вобастагии тағйирёбии ΔG -ро аз ҳарорат барои таҷзияи минералҳои нефелинҳои сиенитии Турпӣ бо омехтаи кислотаҳои сулфат ва нитрат

Ҳисоб кардани баланси моддии таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ дар раванди коркард бо кислотаи фосфат

Тавозуни моддии нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ ба 1 кг маъдан ҳангоми таҷзияи он бо кислотаи фосфати 30%, миқдори сарфшуда 918,48 г (30% H_3PO_4) мебошад. Агар кислотаи фосфат пурра (100%) бошад, миқдори кислота баробар ба 233,5 мл ҳисоб мешавад, ки он ба 275.55 г кислотаи фосфат мусовӣ аст (ҷадвали 3).

Чадвали 3. - Тавозуни моддии таҷзияи кислотаи фосфат (ҳисоб барои 1 кг нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ)

Даромад	Бо грамм	%	Масраф	Бо грамм	%
Al ₂ O ₃	223	11.62	Al ₂ (HPO ₄) ₃	324.73	16.93
Fe ₂ O ₃	64	3.34	Fe ₂ (HPO ₄) ₃	88.88	4.63
Na ₂ O	65	3.39	Na ₃ PO ₄	114.62	5.98
K ₂ O	66	3.44	K ₃ PO ₄	99.23	5.17
CaO	25	1.3	CaHPO ₄	60.71	3.16
SiO ₂	530	27.63	SiO ₂ , аз чумла элементҳои боқимондае, ки ба реаксия намераванд	684.6	35.68
Оби кристаллизатсионӣ	27	1.4	H ₂ O	129.83	6.77
H ₃ PO ₄ , 30%	918.48 (0.78 л)	47.88	H ₃ PO ₄ , барзиёд	415.88	21.68
Дар маҷмӯъ:	1918.48	100	Дар маҷмӯъ:	1918.48	100

Ҳангоми истифодаи миқдори муайяншудаи H₃PO₄ аз маъданҳои нефелинӣ Al₂O₃ - 43,43%, гирифта мешавад яъне дар таҷрибаҳо 324,73 г Al₂(HPO₄)₃ гирифта шудааст ва дар вақти ба реаксия рафтани сиенитҳои нефелинӣ бо H₃PO₄ миқдори ҷудошавии Fe₂O₃ ба 55,55%, ва 88,88 г ё 44,45% Fe₂(HPO₄)₃ ҳосил мешавад. К, Na ва Ca ба маҳлул мегузаранд, дар ин вақт кислотаи зиёдагии H₃PO₄ дар қисми сарфшавандаи баланс 415,88 граммро ташкил медиҳад.

Ҳисоб кардани тавозуни моддии сиенити нефелинии Турпӣ ҳангоми таҷзияи он бо омехтаи кислотаи сулфат ва нитрат

Баланси моддӣ ба 1000 г нефелинҳои сиенитии Турпӣ ҳангоми таҷзияи он бо омехтаи кислотаҳои H₂SO₄ ва HNO₃ ҳисоб карда шуд. Омехтаи кислотаҳои минералии зикршуда барои раванд бо омехта кардани кислотаи сулфат 50% (H₂SO₄) ва кислотаи нитрат 40% (HNO₃) кислотаи омода карда шуд. Мутаносибан, барои пурра таҷзия шудани нефелинҳои сиенитӣ дар ин ҳолат 1090 г 50% H₂SO₄ + 40% HNO₃ сарф карда шуд.

Тавозуни моддӣ барои таҷзия бо кислотаи сулфат ва нитрат (ҳисоб барои 1 кг нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ) дар чадвали 4 оварда шудааст.

Миқдори оксиди алюминийро ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи H₂SO₄ ва HNO₃ тавассути тавозуни моддӣ муайян намудем, ки 45,98% аз миқдори умумии оксиди алюминийро ташкил медиҳад. Мутаносибан, дар натиҷаи таҷрибаҳои гузаронидашуда пайвастиҳои Al₂(SO₄)₃ ва Al(NO₃)₃ ба даст омаданд, ки миқдори умумии онҳо 376,96 граммро ташкил дод. Ин натиҷа нишон медиҳад, ки зиёда аз нисфи оксиди алюминий (54,02%) бо омехтаи кислотаҳо ба реаксия намеравад. Ин ҳолат ба он ишора мекунад, ки қисми маъдан ба кислотаҳо таъсир намекунанд ва танҳо қисми муайян аз оксиди алюминий бо кислотаҳо ба реаксия ворид мешавад.

Ҳамин гуна таҷрибаҳо барои оксиди оҳан низ гузаронида шуд, ки натиҷаҳо нишон доданд, ки миқдори барқароршудаи Fe₂O₃ 86,5% мебошад. Дар натиҷа, пайвастиҳои Fe₂(SO₄)₃ ва Fe(NO₃)₃ ба даст омада, миқдори умумии онҳо 146,71 граммро ташкил дод, ки танҳо 13,5% аз Fe₂O₃ бо омехтаи кислотаҳо ба реаксия дохил намешавад.

Ҳамзамон, оксидҳои силисий, калий, натрий ва калсий дар маҳлул боқӣ мемонанд. Миқдори зиёдагии омехтаи кислотаҳои H₂SO₄ + HNO₃ дар қисми сарфшаванда, ки дар баланси моддӣ бо оксидҳои мазкур ба даст омад, ба 392,7 г баробар шуд.

Чадвали 4. - Тавозуни моддӣ барои таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпи бо кислотаи сулфат ва нитрат)

Даромад	Бо грамм	%	Масраф	Бо грамм	%
Al ₂ O ₃	223	10.67	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·Al(NO ₃) ₃	367.96	17.61
Fe ₂ O ₃	64	3.06	Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·Fe(NO ₃) ₃	146.71	7.02
Na ₂ O	65	3.11	Na ₂ SO ₄ ·NaNO ₃	173.83	8.32
K ₂ O	66	3.16	K ₃ PO ₄ ·KNO ₃	138.89	6.64
CaO	25	1.2	CaSO ₄ ·Ca(NO ₃) ₂	71.34	3.4
SiO ₂	530	25.36	SiO ₂ , аз чумла элементҳои боқимондае, ки ба реаксия намераванд	619.59	29.65
Оби кристаллизатсионӣ	27	1.29	H ₂ O	179.21	8.57
H ₂ SO ₄ , 50% HNO ₃ , 40%	1090	52.15	H ₂ SO ₄ ·HNO ₃ , барзиёд	392.7	18.79
Дар маҷмӯъ:	2090	100	Дар маҷмӯъ:	2059.6	100

Ин хулосаҳо барои таҳлили комили раванд ва таҳқиқи таъсири омехтаи кислотаҳо ба оксидҳо ва минералҳои дар таркиб мавҷудшуда кӯмак мерасонанд, ки дар маҷмӯъ нақши муҳим дар беҳтар кардани самаранокии таҷзия ва истеҳсоли маводҳои ғоиданок доранд.

ТАҶЗИЯИ МАЪДАНҲОИ АЛЮМИНОСИЛИКАТИИ ТОҶИКИСТОН БО КИСЛОТАҲОИ МИНЕРАЛӢ ВА БО РОҶИ ГУДОЗИШ

Таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпии Тоҷикистон бо кислотаи фосфат

Дар чадвали 5 таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ, инчунин ашёи хоми пастсифати алюминийдор - бентонитҳо ва сеолитҳои Тоҷикистон оварда шудааст [2-М].

Чадвали 5. - Таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ (чузъҳои асосӣ), бо ҳисоби % [2-М]

Маъданҳои алюмосиликатӣ	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	MgO	FeO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
Сиаллитҳо (к.Миёнаду)	1.7	0.2	55.9	0.95	0.8	1.72	0.6	6.0	20.1
Сиаллитҳо (к. Зиддии шарикӣ)	0.4	0.3	39.8	1.17	0.2	0.29	0.6	13.9	30.5
Аргиллитҳо (к.Чашма-Санг)	2.95	0.1	42.9	0.6	1.0	-	1.0	8.74	31.6
Гилҳои каолинӣ (к.Зидды)	2.8	0.1	63.2	-	-	0.54	0.7	0.7	23.2
Нефелинҳои сиенитӣ (к.Турпи)	6.6	6.5	53.0	-	-	-	2.5	6.4	22.3

Шарҳ: к – кони мавҷудбуда.

Мо бо роҳи пешакӣ пӯхта кардан, асосҳои физико-химиявии таҷзияшавии нефелинҳои сиенитии кони Турпии Тоҷикистонро бо кислотаи фосфат омӯхтем.

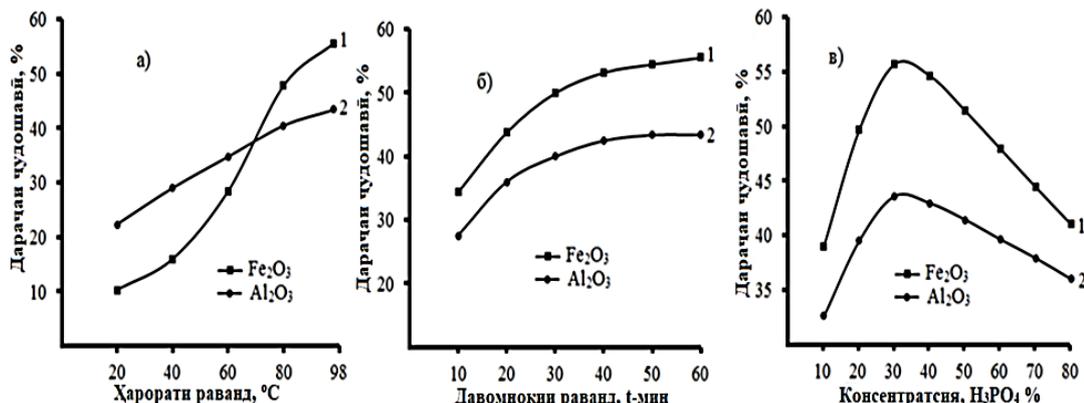
Вақте, ки нефелинҳои сиенитиро дар ҳарорати 500-600°C ва дар муддати 1 соат оташ зада, бо кислотаи фосфат коркард намудан, 41-43% Al₂O₃ ва 53-55% Fe₂O₃ ба маҳлул мегузаранд.

Дар чадвал ва расми 5 натиҷаҳои омӯзиши истеҳсоли Al₂O₃ ва Fe₂O₃ вобаста ба ҳарорати раванди таҷзия бо кислотаи фосфат, давомнокии раванд ва консентратсияи кислотаи фосфат оварда шудаанд.

Тавре ки аз расми 5а дида мешавад, дараҷаи максималии истеҳсоли чузъҳо дар ҳарорати 98°C ба даст меояд ва барои Al₂O₃ - 43%, барои Fe₂O₃ - 55%-ро мебошад.

Таҳқиқоти анҷомдодашуда нишон медиҳад, ки раванди истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан ба давомнокии коркарди онҳо бо кислотаи фосфат вобастагии мураккаб дорад. Аз рӯи нишондоди таҳлилҳо бар меояд, ки дар фосилаи вақти аз 10-60 дақиқа самаранокии ҷудошавии ин оксидҳо тағйир меёбад (расми 5б). Дарачаи максималии истеҳсоли оксидҳо дар натиҷаи коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи 30% H_3PO_4 дар тӯли 60 дақиқа ба назар мерасад.

Таъсири консентратсияи H_3PO_4 ба таъзияи маъдан дар доираи 10-80% омӯхта шуданд, омилҳои доимии равандҳо: ҳарорат $98^\circ C$, вақти коркард 60 дақиқа; Ҷи тавре, ки аз расми 5в дида мешавад, ҳосилшавии максималии оксидҳо ҳангоми коркарди маъдан бо кислотаи фосфати 30% ба назар мерасад [7-М].



Расми 5. – Вобастагии истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан ба (а) ҳарорати раванди таъзия бо кислотаи фосфат, (б) давомнокии раванд ва (в) консентратсияи кислотаи фосфат

Нақшаи асосии технологияи коркарди сиенитҳои нефелинии кони Турпи бо роҳи таъзияи он бо кислотаи фосфат тартиб дода шудааст (расми 6).



Расми 6. – Нақшаи принципалии технологияи ҷараёни таъзияи коркарди нефелинҳои сиенитии Турпи бо кислотаи фосфат

Раванди коркардукунии маъдан аз марҳилаҳои зерин иборат мебошад:

- майданкунии ашёи хом то андозаи 0.1 мм;

- гармкунии он дар ҳарорати 500-600°C;
- таъсир бо маҳлули 30%-и кислотаи фосфат H_3PO_4 ;
- давомнокии раванди ишқоркунӣ 60 дақиқа;
- ҳарорати коркарди кислотагӣ дар 98°C;
- ҷудокардани лойоба тавассути ҳалкунӣ ва филтрукунӣ (расми 6).

Дар чунин шароит, маҳсулнокии истеҳсоли оксидҳо ба 43% Al_2O_3 ва 55% Fe_2O_3 баробар шуд.

Ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислота, гидрофосфатҳои алюминий ва оҳан ба маҳлул мегузаранд, дар ҳоле ки кремнезёмӣ ҳалнашаванда, намакҳои металлҳои вазнин ва дигар моддаҳо ҳамчун боқимонда ҳосил мешаванд [20-М].

Таҳлили кинетикии равандҳои таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ Тоҷикистон бо истифода аз кислотаи фосфат

Кинетикаи реаксияҳои химиявӣ ё кинетикаи химиявӣ, яке аз бахшҳои химияи физикавӣ маҳсуб мешавад.

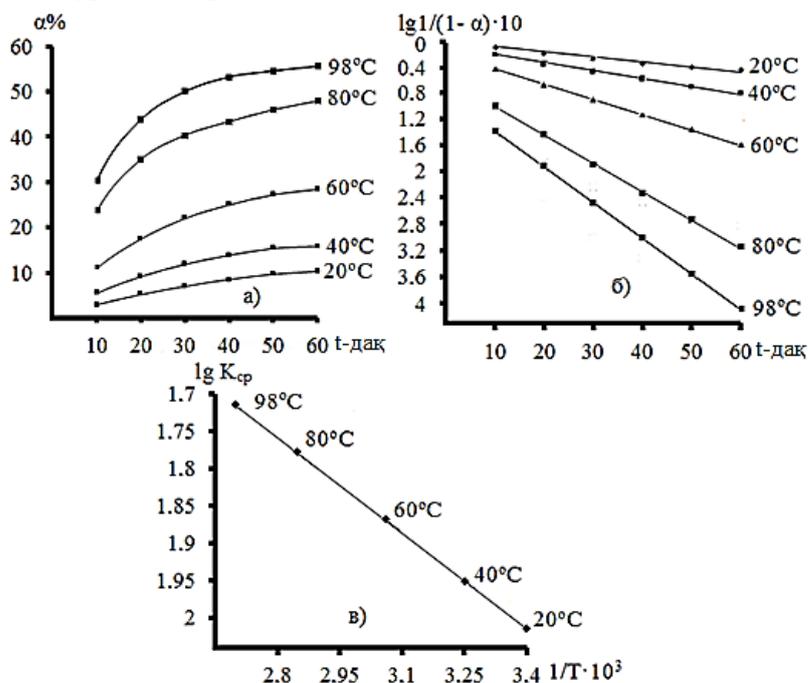
Натиҷаҳои таҳлили қачхатҳои кинетикӣ (расми 7а) нишон медиҳанд, ки раванди таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ зимни таъсири кислотаи фосфат, махсусан дар ҳузури оксиди оҳан, дар давоми 60 дақиқа ва ҳарорати 98°C босуръат ҷараён мегирад. Дар натиҷа, миқдори моддаҳои ғоиданок то 54-55% мерасад.

Барои Fe_2O_3 константаҳои суръати таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз муодилаи кинетикии тартиби якум муайян карда шуданд.

Графики пешниҳодшуда вобастагии $\lg(1/(1-\alpha)) \cdot 10$ -ро аз вақт инъикос мекунад (расми 7б), ки дар он хатҳои рост бо нишебии 55-60 дараҷа мушоҳида мешаванд [21-М].

Таҳлили тағйирёбии константаи суръати таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи фосфат нишон медиҳад, ки ин раванд ба қонуни Арениус мутобиқ аст, ки онро хати вобастагии $\lg K_{cp}$ аз $1/T \cdot 10^3$ (расми 7в) тасдиқ мекунанд.

Энергияи намоёни фаъолшавии раванди таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи фосфат 26,02 кҶ/мол муайян карда шуд, ки ин нишон медиҳад, ки раванд дар минтақаи омехта, наздик ба минтақаи кинетикӣ сурат мегирад.



Расми 7. - Вобастагии дараҷаи истеҳсоли Fe_2O_3 аз нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо кислотаи фосфати 30% дар чунин шароити гуногун:

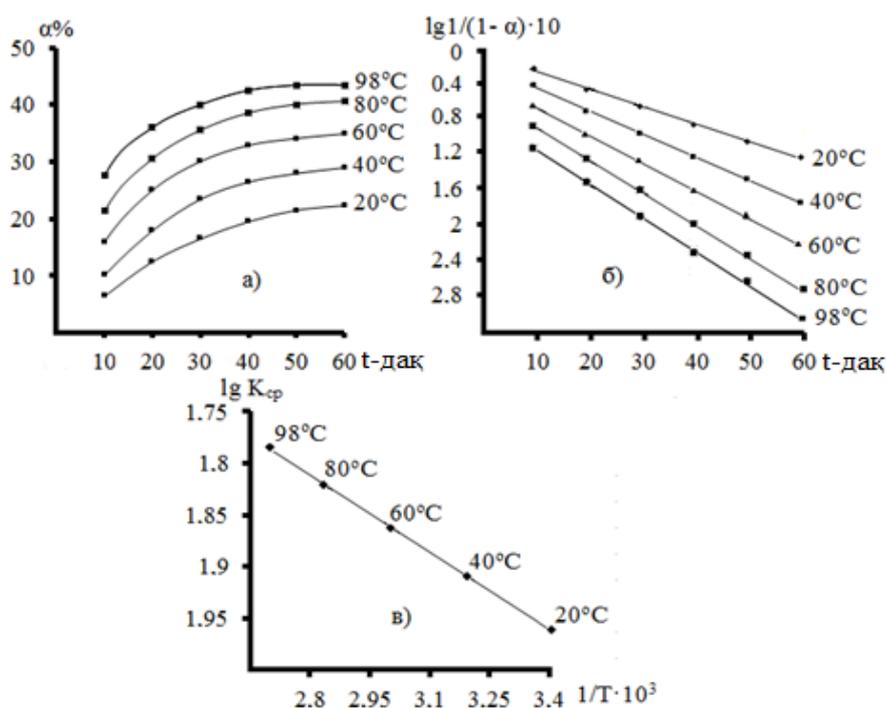
- (а) вобастагии давомнокии раванди таҷзия; (б) вобастагии $\lg(1/(1-\alpha)) \cdot 10$ аз вақт;
 (в) вобастагии $\lg K_{cp}$ аз ҳарорати мутлақи мутақобилаи $1/T \cdot 10^3$.

Қаҷхатҳои суръати нефелинҳои сиенитӣ дар диапазони ҳарорати 20-98°C таҳқиқ шудаанд (расми 8а). Бо афзоиши ҳарорат, истеҳсоли Al_2O_3 дар 98°C ба 42-43% мерасад.

Константаҳои суръати таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ тавассути муодилаи кинетикии тартиби якум ҳисоб карда шудаанд.

Графики вобастагии $\lg(1/(1-\alpha)) \cdot 10$ аз вақт (расми 8б) нишон медиҳад, ки хатҳои рост бо нишебии 53-55 дараҷа ба вучуд меоянд.

Таҳлили тағйирёбии константаи суръати таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи фосфат вобаста ба ҳарорати бозгӯ мекунад, ки ин раванд ба қонуни Аррениус мутобиқ аст, ки инро хатти вобастагии $\lg K_{cp}$ аз $1/T \cdot 10^3$ тасдиқ менамояд (расми 8в).



Расми 8. - Вобастагии дараҷаи истеҳсоли Al_2O_3 аз нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо истифодаи кислотаи фосфати 30% дар шароити гуногун, нишон медиҳад:

- (а) вобастагии давомнокии раванди таҷзия;
- (б) вобастагии $\lg(1/(1-\alpha)) \cdot 10$ аз вақт;
- (в) вобастагии $\lg K_{cp}$ аз ҳарорати мутлақ мутақобилаи $1/T \cdot 10^3$.

Ба даст овардани гилҳои ва оксиди оҳан аз маъданҳои алюмосиликатӣ бо роҳи худозиш бо хлориди калсий

Раванди худхатакунии гилҳои каолинӣ, нефелинҳои сиенитӣ ва аргиллитҳои бо иловаи $CaCl_2$ омӯхта шуд.

Нефелинҳои сиенитӣ (Турпӣ), гили каолини (Чашма-Санг) ва аргиллитҳои (Зиддӣ) барои коркарди комплекси ашёи хом бо миқдори кофии чузъҳои фойданок мувофиқанд [21-М].

Мавҷудияти K_2O дар маъданҳо аҳамияти махсус дорад, ки дар оянда онро барои истеҳсоли нуриҳои мураккаб истифода бурдан мумкин аст.

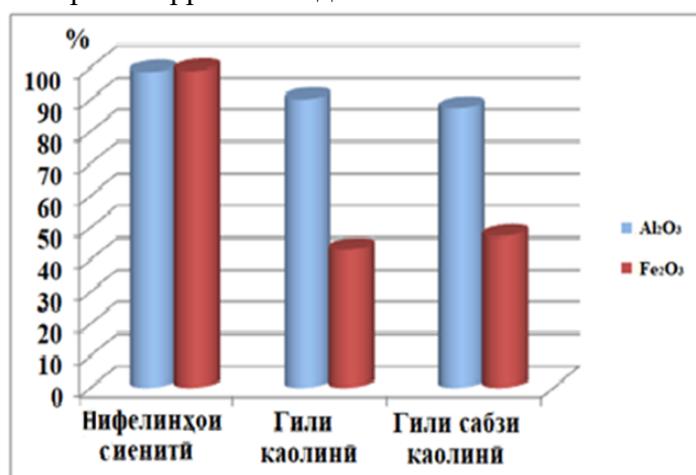
Дар адабиёт маълумотҳои алоҳида оид ба худхатакунии маъданҳои алюмосиликатӣ бо $CaCl_2$ оварда шудаанд, ки дар ҷадвали 6 нишон шудаанд [21-М].

Барои гили каолинӣ ва гили сабзи каолинӣ, барқароршавии Al_2O_3 мутаносибан барои Fe_2O_3 43,1% ва 47,3%, ва 90,1% ва 87,2% аст. Аз натиҷаҳо маълум мегардад, ки камшавии барқароркунии оксиди оҳан ба хусусияти маъданҳои гилҳои каолинӣ алоқаманд аст.

Ҷадвали 6. - Параметрҳо ва дараҷаҳои оптималии истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан аз маъданҳои алюмосиликати бо роҳи ғудохтакунӣ бо CaCl_2

Маъдан	Параметрҳои оптималӣ					Дараҷаи истеҳсол	
	Ҳарорати ғудохтакунӣ, °C	Таносуби CaCl_2 /маъдан	Қорқарди обӣ баъд аз ғудохтакунӣ, $t=95-98^\circ\text{C}$	Таҷзияи маъдани пӯхташуда бо HCl , %	Fe_2O_3	Al_2O_3	
Гилҳои каолини	800	2:1	98	20	43.10	90.01	
Гилҳои сабзи каолини, ки мис ва кобальт дорад	800-850	2:1	95	20	47.31	87.22	
Нефелинҳои сиенитӣ	850-950	2:1	95-98	20	99.11	98.73	

Дар расми 9 сатҳи истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан аз намуд гуногуни маъданҳо тасвир шудааст. Таҳлилҳои ин расм нишон медиҳанд, ки миқдори ҷузъҳои фойданок дар нефелинҳои сиенитӣ ба таври назаррас баланд аст.



Расми 9. - Дараҷаҳои истеҳсоли оксидҳои оҳан ва алюминий аз нефелинҳои сиенитӣ, гили каолини ва гили сабзи каолини

Ба даст овардани коагулянт барои тоза кардани об бо роҳи таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои хлорид ва сулфат [13-М].

Дар шароити ватанӣ, маъданҳои нефелинӣ барои истеҳсоли коагулянтҳо нисбат ба дигар навъҳои ашёи хом бартарӣ доранд. Ин бартариятҳо иборатанд аз:

а) мавҷудияти захираҳои зиёд ва арзон будани маъданҳои нефелинӣ, ки истифодаи онҳо аз лиҳози иқтисодӣ самаранок мегардонад;

б) доро будани устувории кофӣ ва таркибҳои баланди химиявӣ, минералогӣ ва заррачагӣ, ки ба беҳтар шудани равандҳои истеҳсоли ва баланд бардоштани самаранокии коагулянтҳо мусоидат менамояд;

в) бе ҳарҷот барои тайёрии пешакӣ, пеш аз ба истеҳсолот дохил шудан (хушк кардан, оташ задан ва ғайра);

г) суръати баланди таҷзияи онҳо бо кислотаҳои минералӣ;

д) имконияти дар баробари коагулянт ба даст овардани маҳсулоти дигари пурқимат, масалан, гилҳои алюминий [11-М].

Нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ бо консентратсияи гуногун таҷзия карда шуд. Кислотаҳое, ки дар таҷрибаҳо истифода шуданд, дорои дараҷаи баланди реактивӣ буданд.

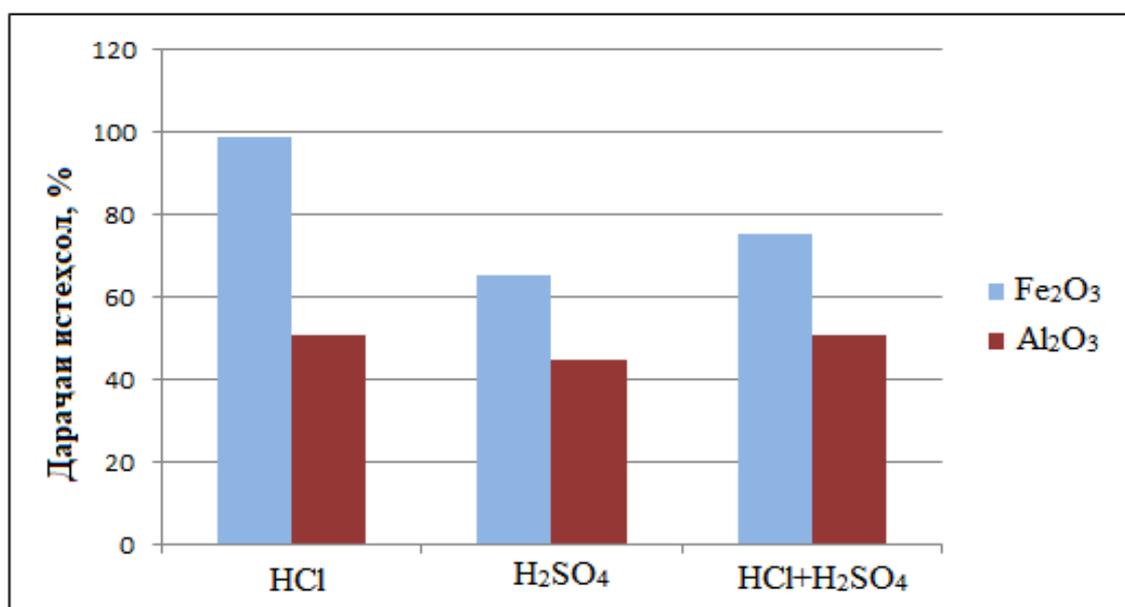
Дар усулҳои қаблӣ қорқарди нефелинҳои сиенитӣ, маъданҳоро дар тафдонҳои муфелӣ дар ҳарорати $500-600^\circ\text{C}$ барои муддати як соат гарм мекарданд. Ин раванд ба тағйироти химиявӣ ва физикии маъдан мусоидат намуда, шароити беҳтарро барои ҷудо намудани ҷузъҳои зарурӣ фароҳам меовард.

Натиҷаҳои таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳо дар ҷадвали 7 оварда шудаанд. Дар он инчунин таҳлили муқоисавии истеҳсоли ҷузъҳои фойданок бо кислотаи сулфат ва хлорид оварда шудааст [11-М].

Ҷадвали 7. - Таҳлили муқоисавии таҷзияи сиенити нефелинӣ бо консентратсияи гуногуни омехтаи кислотаҳои HCl + H₂SO₄

Кислотаҳо	Таркиби оксидҳо, бо %				
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO
HCl - 20%	50.8	98.8	39.5	71.8	-
HCl+H ₂ SO ₄ - омехта 20+50%	50.7	75.5	-	-	-
H ₂ SO ₄ - 50%	44.6	65.45	-	-	-

Натиҷаҳои бадастомада нишон доданд, ки истеҳсоли ҳадди аксарии оксидҳо ҳангоми истифодаи омехтаи 20% HCl + 50% H₂SO₄ мушоҳида шудааст. Илова ба ин, таҳлили муқоисавӣ барои коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз коркарди гармии пешакӣ (500–600°C) ва бидуни он гузаронида шуд. Натиҷаҳои бадастомада дар шакли гистограмма (расми 10) инъикос ёфта, инчунин таҳлили муқоисавӣ бо таъсири дигар кислотаҳои минералӣ низ анҷом дода шудааст.



Расми 10. - Таъсири кислотаҳои минералӣ ва омехтаи HCl+H₂SO₄ ба истеҳсоли оксидҳои Al ва Fe аз нефелинҳои сиенитӣ

Бар асоси ин таҳқиқот, нақшаи технологияи коркарди ин маъдан таҳия гардида, ҷузъиёти он дар расми 11 тасвир ёфтааст.

Ҳамин тариқ, коагулянт барои тоза кардани об дар натиҷаи таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои HCl+H₂SO₄, ки дар яқҷоягӣ аз ионҳои хлор, сулфат ва катионҳои оҳан, алюминий иборат аст, ба даст оварда шудааст. Дараҷаи оптималии таҷзияи маъдан муайян карда шуда, нақшаи асосии технологияи ба даст овардани коагулянти омехтаи алюминий ва оҳан кор карда баромада шуд [11-М].

Аз маданҳои алюмосиликатӣ ба даст овардани ашёи хом барои истеҳсоли массаҳои фарфорӣ

Ҳангоми коркард кардани маводҳо аз маъданҳои алюмосиликатӣ, ба монанди шпати даштӣ, талаботи муҳим дар мавриди таносуби оксидҳои калий ва натрий мебошад. Таносуби ин

оксидҳо бо модули калий таъриф мешавад, ки он бояд на камтар аз 2-3 бошад. Миқдори оксидҳои оҳан дар таркиби маъдан бояд байни 0,2-0,3% бошад.

Дар истеҳсоли масолеҳи сохтмонӣ, нефелинҳои сиенитии Турпи ҳамчун ашёи хоми арзишманд ва муҳим ҳисоб мешаванд. Ҳамзамон, бо он ки онҳо дар таркиби худ оксидҳои оҳан дар интервали 4,5-6,5% ва модули калий 1,1 доранд, ин нишондиҳандаҳо барои истифода дар истеҳсоли фарфор монеа эҷод мекунанд.

Дар ин қор таркиби массаи фарфор ва маҳсулот дар асоси он бо истифода аз гили каолини ва дигар ашёи хоми маҳаллӣ омӯхта шуд. Хосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ ва фарфорию технологияи таркиби массаҳои таҷрибавӣ ва маснуоти фарфорӣ дар дастгоҳҳои лабораторияи таҷрибавӣ гузаронида ва омӯхта шуд.

Маводҳо барои тозагӣ бо истифода аз озмоиши оташ санчида шуданд. Онҳо ҳамчун як қисми массаи таҷрибавӣ барои санчиши таркиби химиявии назаррас истифода шуданд, ки шеваи истеҳсолии стандартӣ ба он мувофиқат мекард.

Ҷадвали 8. - Хусусиятҳои фарфорию технологияи гили каолинии истифодашуда [14-М]

Навъи гил	Номи нишондиҳандаҳо						
	Камшавӣ			Қувваи механикӣ, МПа	Обҷаббандагӣ, %	Адсорбсия, мг/л	Боқимонда дар система №0056, %
	Ҳавой (110°C)	Оташӣ (1350°C)	Умумӣ				
Зиддӣ, №74							
Ҳокаи дағалмай дакардашуда	3.80	16.30	20.10	7.70	10.90	12.80	25.7
	5.50	19.50	25.00	21.40	5.70	9.20	6.4
Зиддӣ, №49							
Ҳокаи дағалмай дакардашуда	3.60	8.30	11.90	1.00	2.20	11.50	24.4
	4.30	10.20	14.50	12.70	0.50	10.40	5.6
Зиддӣ №31							
Ҳокаи дағалмай дакардашуда	4.40	15.80	20.20	5.50	4.50	16.00	28.6
Просьяновск							
№237	4.70	19.60	24.30	18.20	5.70	-	5.4
№238	3.60	18.60	22.20	19.30	4.10	-	5.8
Ангрен							
№255	4.90	9.50	14.40	30.20	8.80	18.50	5.5
№248 ғанӣ гардонида шудааст	7.00	13.40	20.40	41.50	9.60	25.60	0.3

Барои сохтани массаи таҷрибавӣ, ашёи хом, ки барои истеҳсоли фарфор истифода мешуданд, ба қор бурда шуд. Пегматит дар озмоиш ба сифати омехтаи гудохта бо маводи шпати даштӣ иваз карда шуд. Таркиби химиявии фарфори зарурӣ ва таркиби химиявии ашёи хоми истифодашуда таҳлил шуд, ва бар асоси ин таҳлил, ҳисобҳои дахлдори таркиби заряди масса анҷом дода шуданд [12-М].

Пас аз тоза кардани намуна, миқдори умумии оксидҳои оҳан аз 0,4% зиёд набуд. Ҳар як маводи натиҷавӣ барои санчиши оташин озмуда шуд, ки он ҳокаи сафеди майда ва озод мебошад, ки каме аз близна фарқ мекунад.

Таркиби массаи фарфорию завод, ки бо вазни хушк ва шишаи моеъ муайян карда мешавад, чунин аст: 6,0% партови коркардашуда, 16,0% пегматит, 22,05% реги кварси кургончинский, 56,0% каолин. Миқдори шишаи моеъ ва содаи калсиронидашуда то 1,5% афзоиш меёбад [12-М].

Хусусиятҳои фарфорию технологияи гили каолинии истифодашуда ва хусусиятҳои фарфорӣ-технологии массаҳои таҷрибавӣ мутаносибан дар ҷадвалҳои 8 ва 9 оварда шудаанд.

Чадвали 9 - Хусусиятҳои фарфорӣ-технологии массаҳои таҷрибавӣ [14-М]

Номгуи нишондиҳандаҳо	Масса бо дастурамал				
	№1	№2	№3	№3 бо гил	Заводӣ
Камшавӣ, %					
Ҳавоӣ (110°C)	3.90	4.20	5.10	4.90	4.0
Умумӣ	17.10	19.01	22.01	21.0	19.30
Оташӣ (1350°C)	13.21	14.81	16.91	16.11	15.30
Қувваи механикӣ, МПа	29.89	25.01	29.11	26.80	25.90
Намнокӣ, %	37.21	36.50	40.01	39.01	37.60
Адсорбсия, мг/л	17.01	16.01	12.80	11.80	15.20
Коеффисиенти ғафшшавӣ	2.21	2.80	2.10	2.40	2.30
Боқимонда дар система №0056, %	1.50	1.80	1.01	1.01	1.10
Обҷаббандагӣ, %	0.37	0.40	0.33	0.20	0.36

Аз шликери (суспензия) ҳосилшуда бо усули рехтагарӣ намунаи таҷрибавии маснуоти фарфорӣ тайёр карда шуданд. Намунаҳои хушкӣ ва ҳавоиро дар тӯли 24 соат дар танӯр дар ҳарорати 800°C барои 1,5 соат мепазанд. Пӯхтани маҳсулоти шишабандӣ дар танӯри туннелӣ дар ҳарорати 1350°C ва барои 25 соат мувофиқи шароити ҳарорат ва газҳои мавҷуда анҷом дода шуд. Маҳсулоти фарфорӣ таҷрибавӣ, ки дар раванди коркард ҳосил шуда, бо усулҳои саноатӣ таҳлил гардид, ва маълум шуд, ки хосиятҳои техникийи намунаҳо бо стандартҳои умумӣ мутобиқат мекунанд. Барои арзёбии хосиятҳои физикӣ, механикӣ ва технологӣ, намунаҳои каолинӣ, ки дар чадвали 8 оварда шудаанд ва ҳамчунин массаи фарфорӣ таҷрибавӣ, ки дар чадвали 9 ба он асос ёфтааст, барои санҷиш омода карда шуданд. Дар раванди коркард, намунаҳо дар шаклҳои мухталиф, ба монанди найчаҳо, цилиндрҳо ва плиткахо, мувофиқи дастурҳои муайян омода карда шуданд [12-М].

Натиҷаҳои санҷиш нишон дод, ки массаҳои фарфорӣ бо ашёи хоми маҳаллӣ тайёр кардашуда хосиятҳои наздик ба фарфори стандартӣ доранд.

ХУЛОСАҶО**Натиҷаҳои асосии илмӣ рисола:**

1. Таҳқиқоти физикавӣ химиявӣ барои таҳлили хусусиятҳои маъданҳои гилҳои Тоҷикистон, ба монанди нефелинҳои сиенитӣ, гилҳои каолинӣ ва аргиллитҳо, гузаронида шуданд. Дар натиҷаи ин таҳлилҳо, ҷузъҳо ва минералҳои асосӣ бо истифода аз усулҳои гуногуни физикавӣ химиявӣ муайян карда шуданд [2-М,5-М,6-М,20-М,13-М,14-М,15-М,18-М,23-М].

2. Баҳодиҳии термодинамикии таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаҳои сулфат, фосфат, хлорид ва омехта оварда шудааст. Эҳтимолияти равандҳои таҷзияи минералҳои нефелинҳои сиенитӣ дар самти ба даст овардани ҷузъҳои фойданок муқаррар карда шудааст [4-М,21-М,7-М,8-М,17-М].

3. Ҳисоби стехиометрии коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаи сулфат ва нитрат гузаронида шуд. Ҳисоб кардани баланси моддии нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳо ҳангоми таҷзияи он гузаронида шуд [8-М,9-М].

4. Барои таҳқиқи таҷзияи кислотаи нитрати маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон, шароити оптималии коркарди ашёи хом муайян карда шуд: ҳарорати пӯхтани маъдан дар фосилаи 500 - 600°C, давомнокии таҷзия 1,5 соат дар 95-98°C, андозаи заррачаҳо то «0,1мм» ва консентратсияи кислотаи нитрат 45% [5-М].

5. Таҷзияи кислотаи фосфатӣ дар маъданҳои гилхокдор дар Тоҷикистон таҳқиқ шуда, нишон дода шудааст, ки барои ба даст овардани гилхок ва оксиди оҳан, пӯхтани ашёи хом ва коркарди кислотаи 30%-и фосфат дар ҳарорати 95-98°C зарур аст [17-М,18-М,19-М].

6. Раванди кинетикии таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи фосфат таҳқиқ шуд. Натиҷаҳо нишон доданд, ки дар раванди таҷзия оксиди оҳан ба минтақаи кинетикӣ ва омехта наздик мешавад, дар ҳоле ки оксиди алюминий ба минтақаи диффузионӣ равона мешавад [1-М,3-М,21-М].

7. Параметрҳои оптималии раванд пайдо карда шуданд. Гудохтакунии маъданҳои гилхокдор омӯхта шудааст: коркарди обӣ ва кислотагӣ пас аз гудохтакунии гудохта бо CaCl_2 [22-М,24-М,25-М].

8. Коагулянтҳои самарабахши тозакунии об тавассути таъзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаи хлорид ва сулфат ба даст оварда шуда, коагулянти омехтаи хлор-сулфати коагулянт дар асоси алюминий ва оҳан омӯхта шуд [6-М,10-М,11-М].

9. Истеҳсоли шликери фосфорӣ дар асоси ашёи хоми маҳалӣ нишон дода шуда, намудҳои фарфор гирифта шудаанд, ки умеди таҳқиқоти маъданҳои гилхокдорро нишон медиҳанд [12-М,16-М].

Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо:

- технологияи коркарди алюмосиликатҳо дар Тоҷикистон барои истеҳсоли пайвастагҳои алюминий, оҳан, коагулянтҳо ва маснуоти фарфорӣ тавсия дода мешавад.

- технологияи таҳияшуда метавонад барои истеҳсоли коагулянтҳое, ки дар таркибаш якҷо ионҳои алюминий, оҳан, сулфат ва хлоридро доранд, ҳамчун реагентҳои самарабахш барои тоза кардани об истифода шавад.

- мувофиқи технологияи кор карда баромадашуда боқимондаи маъданро баъди истеҳсоли моддаҳои фойданок барои ба даст овардани масолеҳи сохтумонӣ барои маснуоти фарфорӣ истифода бурдан мумкин аст.

- маҳсулоти таъзияи маъданҳои алюмосиликатӣ бо кислотаи фосфат барои истифода дар хочагии кишлоқ ҳамчун нуриҳои комплексӣ тавсия карда мешавад.

РҶҲАТИ ИНТИШОРОТ АЗ РҶИ МАВЗҶИ РИСОЛА

Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ аз ҷониби КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шуда:

1-М. **Холматов, Т. Б.** Кинетика разложения нефелиновых сиенитов месторождения Турпи смешанными минеральными кислотами / Н. М. Джамолов, Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, А. М. Каюмов, У. М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. – 2022. – Т. 65. - № 11-12. – С. 788-791.

2-М. **Холматов, Т. Б.** Физико-химические основы разложения алюмосиликатных руд Таджикистана фосфорной кислотой / Т. Б. Холматов, Д. Х. Мирзоев, Ф. А. Назаров, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. – 2023. – Т. 66. - № 1-2. – С. 89-92.

3-М. **Холматов, Т. Б.** Кинетические аспекты разложения нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана с фосфорной кислотой / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Н. М. Джамолов, А. М. Каюмов, С. Ш. Иброхимова, Б. Я. Юсупов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2023. - № 1 (190). - С. 59-63.

4-М. **Холматов, Т. Б.** Термодинамическая оценка разложения нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана смесью минеральных кислот / Д. Х. Мирзоев, Н. М. Джамолов, Ш. Д. Отаев, Т. Б. Холматов, С. Ш. Иброхимова, Б. Я. Юсупов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2023. - № 2 (191). - С. 59-63.

5-М. **Холматов, Т. Б.** Азотнокислотное разложение алюмосиликатных руд Таджикистана / Д. Х. Мирзоев, А. М. Каюмов, Т. Б. Холматов, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2023. - № 2 (191). - С. 54-58.

6-М. **Холматов, Т. Б.** Комплексная переработка нефелиновых сиенитов с получением коагулянтов и жидкого стекла / М. М. Тагоев, К. И. Нематуллоев, А. М. Исоев, Т. Б. Холматов, Д. Х. Мирзоев // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2023. - № 3 (192). - С. 80-85.

7-М. **Холматов, Т. Б.** Термодинамический анализ процессов, протекающих при спекание каолиновых глин месторождения Чашма-Санг с гидроксидом натрия и с последующим азотнокислотным разложением / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Ш. Д. Отаев, У. М. Мирсаидов // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2023. - № 2-1 (108). – С. 108-111.

8-М. **Холматов, Т. Б.** Термодинамический анализ и расчёт кинетики процессов, протекающих при разложении нефелиновых сиенитов Турпи смесью серной и азотной кислот / Д. Х. Мирзоев, Н. М. Джамолов, Б. Я. Юсупов, Т. Б. Холматов, И. М. Рахимов // Вестник Таджикского национального университета. -2023. - № 4. – С. 213-222.

9-М. **Холматов, Т. Б.** Термодинамическая оценка процессов разложения каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана минеральными кислотами и уксусной кислотой / И. М. Рахимов, Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, А. М. Исоев М. М. Тагоев // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2024. - № 1 (194). - С 81-85.

10-М. **Холматов, Т. Б.** Коагулирующая способность смешанных хлор-сульфатных коагулянтов на основе алюминия и железа / Т. Б. Холматов, С. К. Кодирзода, И. М. Рахимов, Ш. Р. Каримова, А. М. Мунавваров // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2024. - № 1 (194). - С. 58-63.

11-М. **Холматов, Т. Б.** Получение коагулянта для очистки вод разложением нефелиновых сиенитов смесью соляной и серной кислот / Т. Б. Холматов, И. М. Рахимов, Х. Р. Рахронов, С. К. Кодирзода, Р. А. Рахимов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2024. - № 2 (195). - С. 111-117.

12-М. **Холматов, Т. Б.** Получение сырьевых материалов для производства фарфора из алюмосиликатных руд / Т. Б. Холматов, К. А. Рахимов, М. М. Тагоев, С. К. Кодирзода, У. М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. – 2024. – Т. 66. - № 11-12. – С. 690-694.

13-М. **Холматов, Т. Б.** Ба даст овардани хлориди алюминий аз конҳои алюмосиликати Тоҷикистон / А. П. Тагаев, Р. Ҷ. Акрамзода, Т. Б. Холматов, М. М. Тагоев, А. С. Давлатов, П. М. Ятимов // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 59-62.

14-М. **Холматов, Т. Б.** Ҳосилкунии сульфати алюминий аз конҳои алюмосиликати Тоҷикистон / Х. Р. Рахронов, Ҷ. А. Солиев, Т. Б. Холматов, М. М. Тагоев, К. И. Изатуллозода, Д. О. Давлатов // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 63-66.

15-М. **Холматов, Т. Б.** Асосҳои физико химиявии ҳосил намудани фосфати алюминий аз маъданҳои алюмосиликати Тоҷикистон / Т. Б. Холматов, Д. Х. Мирзоев, У. Х. Усмонова, Н. А. Ашурзода, А. С. Давлатов, // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 70-72.

16-М. **Холматов, Т. Б.** Хусусиятҳои ба даст овардани маҳсулоти фарфорӣ / Т. Б. Холматов, Қ. А. Рахимов, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов, С. М. Гафорзода // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 72-74.

Интишорот дар маводҳои конфронсиҳои илмӣ:

17-М. **Холматов, Т. Б.** Термодинамический анализ процессов, протекающих при разложении нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана фосфорной кислотой / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Н. М. Джамолов, Ш. Д. Отаев // XVII Нумановские чтения «Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI веке». – Душанбе, 2022. – С. 48-50.

18-М. **Холматов, Т. Б.** Фосфорнокислотное разложение нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Н. М. Джамолов, У. М. Мирсаидов // XVII Нумановские чтения «Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI веке». – Душанбе, 2022. – С. 52-56.

19-М. **Холматов, Т. Б.** Изучение кинетических параметров нефелиновых сиенитов месторождения Турпи с фосфорной кислотой / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов // Международная научно-практическая конференция «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий» в рамках 36-го заседания Совета международной ассоциации Академий наук. – Душанбе, 2022. – С. 93-96.

20-М. **Холматов, Т. Б.** Физико-химические основы переработки нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана минеральными кислотами / Д. Х. Мирзоев, Н. М. Джамолов, Т. Б. Холматов, У. М. Мирсаидов // Журнал «Международный научно-практический» ОФ “Международный научно-исследовательский центр “Endless Light in Science”. - 2023. - № 1-1. – С. 546-551.

21-М. **Холматов, Т. Б.** Расчёт кинетических параметров и термодинамических характеристик разложения нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана фосфорной кислотой / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Ш. Д. Отаев, У. М. Мирсаидов // Журнал «Международный научно-практический» ОФ “Международный научно-исследовательский центр “Endless Light in Science”. -2023. - № 3-3. – С. 249-254.

22-М. **Холматов, Т. Б.** Получение глинозёма и оксида железа из алюмосиликатных руд спеканием с CaCl_2 / С. М. Гафорзода, Х. Э. Пулатов, Д. Х. Мирзоев, А. М. Исоев, Т. Б. Холматов // XVII Нумановские чтения «Развитие современной химии и её теоретические и практические аспекты». – Душанбе, 2023. – С. 50-53.

23-М. **Холматов, Т. Б.** Оценка процессов разложения каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана минеральными кислотами и уксусной кислотой / М. М. Тагоев, И. М. Рахимов, Т. Б. Холматов, А. М. Исоев, Д. Х. Мирзоев // XVII Нумановские чтения «Развитие современной химии и её теоретические и практические аспекты». – Душанбе, 2023. – С. 57-60.

24-М. **Холматов, Т. Б.** Комплексная переработка алюмосодержащих руд Таджикистана спекательным методом / У. М. Мирсаидов, Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, С. К. Кодирзода // Международная научно-техническая конференция Института общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан, посвящённая 80-летию со дня создания АН Республики Узбекистан. – Ташкент, 2023. – С. 379-382.

25-М. **Холматов, Т. Б.** Разложение каолиновых глин месторождения Чашма-Санг с предварительной активацией руды с NaOH / Н. М. Джамолов, Х. Р. Рахимов, Т. Б. Холматов, Дж. А. Солиев // Илм аз дидгоҳи олимони ҷавон (Маҷмуаи мақолаҳои конференсияи илмӣ-амалии олимони ҷавон бахшида ба эълон гардидани соли 2024 “Соли маърифати ҳуқуқӣ”). – Душанбе, 2024. – С. 354-357.

Патенту ихтироот:

26-М. Малый патент Республики Таджикистан № ТЖ 1489. Способ получения смешанного коагулянта из низкокачественного глинозёмсодержащего сырья / А. М. Исоев, Д. Х. Мирзоев, **Т. Б. Холматов**, С. М. Гафорзода, К. И. Негматуллоев, И. М. Рахимов, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов. - 02.10.2023.

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

УДК: 544+546
ББК: 24.5 (2Р)
Х – 71

На правах рукописи



ХОЛМАТЗОДА ТУЙЧИ БУРИХОН

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ
ГЛИНОЗЁМСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ТАДЖИКИСТАНА |
МИНЕРАЛЬНЫМИ КИСЛОТАМИ И СПЕКАНИЕМ С ПОЛУЧЕНИЕМ
СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЯ, ЖЕЛЕЗА, КОАГУЛЯНТОВ И
ФАРФОРОВОЙ МАССЫ**

АВТОРЕФЕРАТ

**на соискание учёной степени доктора философии (PhD),
доктора по специальности 6D072000 – Химическая технология
(6D072001– Технология неорганических веществ)**

Научный руководитель:
доктор химических наук,
профессор,
академик НАН Таджикистана
Улмас Мирсаидов

Душанбе – 2025

Работа выполнена в лаборатории «Комплексная переработка минерального сырья и промышленных отходов» ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина» Национальной академии наук Таджикистана (НАН Таджикистана).

Научный руководитель: **Мирсаидов Улмас Мирсаидович** - доктор химических наук, профессор, академик НАНТ, главный научный сотрудник Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана

Официальные оппоненты: **Розиков Зафар Абдукахорович** — доктор технических наук, профессор кафедры «Экология» Таджикского горно-металлургического института.
Рафиев Рустам Сафаралиевич — кандидат химических наук, заведующий кафедрой прикладной химии химического факультета Национального университета Таджикистана.

Ведущая организация: Технический университет Таджикистана имени академика М.С. Осими

Защита состоится «25» февраля 2026 года в 9-⁰⁰ часов на заседании объединенного диссертационного совета 6D.KOA-042 при Институте химии им. В.И. Никитина НАНТ и Агентства по ХБРЯ безопасности НАНТ по адресу: 734063, г. Душанбе, ул.Айни 299/2, E-mail: f.khamidov@cbrn.tj, +992934366463.

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

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат химических наук

Хамидов Ф.А.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость исследования. Рациональное использование и переработка минерально-сырьевых ресурсов представляет одно из ключевых направлений развития промышленного производства в Республике и осуществляется с целью получения высокоценных продуктов. Президент Республики Таджикистан, Лидер нации, уважаемый Эмомали Рахмон, объявил 2022–2026 годы «Годами развития промышленности».

Таджикистан вышел на мировой рынок и обладает разнообразными минеральными ресурсами, включая алюминий, железо, бор и другие ценные материалы.

Наличие значительных запасов глинозёмсодержащего сырья (несмотря на то, что содержание Al_2O_3 составляет от 20 до 30%) ставит перед исследователями важные задачи по комплексной переработке минерального сырья и разработке эффективных технологических схем его обработки.

Развитие технологий переработки минерального сырья играет ключевую роль в укреплении промышленного потенциала республики. В условиях растущего спроса на стратегически важные материалы и стремления к ресурсной независимости, освоение новых источников сырья становится приоритетной задачей. Особое значение приобретает вовлечение в производственный оборот ранее малоиспользуемых или низкокачественных видов сырья, таких как нефелиновые сиениты, каолиновые глины и другие алюмосодержащие породы с пониженным содержанием глинозёма, которые извлекаются и перерабатываются с применением сложных технологических методов. Для получения готовой конечной продукции важно использование комплексных методов переработки минерального сырья.

С целью достижения максимальной эффективности при извлечении ценных компонентов, включая глинозёмы и другие необходимые элементы, необходимо применение современных технологических подходов. В этом контексте исследователи изучили различные методы переработки алюмосодержащего сырья и предложили следующие эффективные технологии:

- хлорирование - использование хлора для извлечения алюминия и других компонентов из руды;

- щелочное выщелачивание - обработка руды щелочными растворами, способствующими растворению алюминия;

- кислотное выщелачивание - применение кислот для извлечения алюминия и других важных элементов из минерального сырья.

- комбинированный метод - сочетание нескольких подходов для повышения эффективности переработки сырья, даже при низком содержании глинозёма в составе руды.

Переработка низкокачественного сырья осуществляется с применением минеральных кислот - HCl , H_2SO_4 и HNO_3 . Кислотный метод используется для упрощения стадии селективного разделения кремнезёма и глинозёма. Применение кислотной обработки способствует химическому обогащению низкосортного минерального сырья.

Таким образом, комплексная переработка сырья с высоким содержанием кремния с применением эффективных методов, а также его разложение с использованием различных активирующих реагентов и получение ценной конечной продукции, особенно энергоёмких веществ, является одной из ключевых задач современной минерально-перерабатывающей промышленности.

В рамках данной научной работы проведено комплексное обобщение результатов, полученных в процессе всестороннего анализа механизмов разрушения алюмосодержащих минеральных пород, характерных для геологических условий Республики Таджикистан. Особое внимание уделено изучению химических процессов, инициируемых при обработке этих руд различными типами неорганических кислот, а также реакциям, протекающим в условиях высокотемпературного спекания с участием разнообразных химических реагентов.

Степень научной разработанности исследуемых вопросов. В практических исследованиях по переработке алюминисодержащих руд кислотными и спекательными методами представлен вклад известных ученых: С.И. Кузнецов [1], М.Н. Смирнов [2], М.Ф. Малышев [3], В.А. Мазель [4], А.И. Лайнер [5], Н.Н. Тихонов [6], П.И. Вольпин [7], Ю.Г.

Хавкин [8], И.Н. Китлер [9], Л.П. Ни [10], А.К. Запольский [11], Л.П. Коннов [12], А.И. Лайнер [13], Б. Х. Шварцман [14], П. В. Дыбина [15], Л. А. Трифонова [16], А. К. Запольский [17] и др. является значительным.

Таджикскими учеными: У.М. Мирсаидов [18-22, 23-25], Ш.Б. Назаров [21,25,26], Б. Мирзоев [27], Х.Э. Бобоев [28], Т.С. Маджидов [29], С. С.Тураев [30], Д.Х. Мирзоев [31, 32, 33], А. М. Каюмов [34,35], Х. Сафиев [36], А. Ш. Ахмадов [37] и др. проведена большая научная работа по практическим исследованиям по переработке алюминийсодержащих руд в Таджикистане.

Исследователями проведены многочисленные исследования по извлечению алюминия и других ценных соединений, однако разложение алюмосодержащего сырья с применением кислотного метода, включающего предварительную активацию руды, добавление различных реагентов и использование смеси минеральных кислот, до настоящего времени не было полноценно и всесторонне исследовано.

Данное обстоятельство обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований и разработки новых подходов, направленных на повышение эффективности извлечения алюминия и других ценных компонентов. Кроме того, в рамках настоящего исследования продемонстрирована возможность получения коагулянтов для очистки воды и фарфоровых изделий из местного минерального сырья.

Связь работы с научными проектами и исследовательскими темами. Настоящее диссертационное исследование проведено на базе лаборатории «Комплексная переработка сырья и промышленных отходов» Института химии имени В.И. Никитина НАНТ. Работа опирается на результаты двух независимых научных проектов, каждый из которых был направлен на углублённое изучение и оптимизацию технологических процессов, связанных с переработкой алюмосодержащих минеральных пород:

1. «Разработка селективных методов разложения кремнийсодержащих, борсодержащих и алюмосодержащих руд Таджикистана» (гос. рег. № 0116 TJ 00541).
2. «Физико-химические и технологические основы получения соединений бора, алюминия, минеральных удобрений, коагулянтов, фарфора и строительных материалов» (гос. рег. № 0121 TJ 1147).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является изучение и разработка эффективных методов переработки глинозёмсодержащих руд. Основное внимание сосредоточено на таких породах, как нефелиновые сиениты и каолиновые глины. Исследование направлено на освоение методов химической обработки этих руд с использованием различных неорганических кислот - ортофосфорной (H_3PO_4), азотной (HNO_3), соляной (HCl) и серной (H_2SO_4), а также на изучение процессов термического спекания с участием хлорида кальция ($CaCl_2$).

Основные задачи исследования:

- проведение химико-технологической переработки алюмосодержащих минеральных пород, таких как нефелиновые сиениты и каолиновые глины, характерных для месторождений Таджикистана, с применением ортофосфорной и азотной кислот;
- изучение процессов активации указанных руд посредством обработки хлоридом кальция, направленной на интенсификацию их разрушения и получение высокоэффективных конечных продуктов;
- создание и оптимизация технологических схем, обеспечивающих получение алюминиево-железных композиционных материалов из местных рудных источников;
- разработка подходов к выпуску продукции прикладного назначения, включая коагулянты для систем водоочистки и фарфоровые изделия, с использованием переработанных алюмосиликатных пород.

Объектом исследования выступают алюмосодержащие руды, распространённые в месторождениях на территории Таджикистана, при переработке которых можно получить

высококачественные коагулянты, применяемые для очистки природной и сточной воды, а также используемые в производстве фарфоровых материалов.

Предметом исследования является разработка эффективных методов переработки глинозёмсодержащих руд с целью получения фарфоровых материалов, коагулянтов и исходных веществ для синтеза энергоёмких соединений. Настоящее исследование направлено на совершенствование технологий переработки минерального сырья, повышение эффективности извлечения ценных компонентов и устойчивое использование природных ресурсов.

Кроме того, в работе определён механизм протекания процессов разделения руд с применением кислотного выщелачивания и спеканием.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- впервые детально изучены и описаны механизмы протекания химических реакций, возникающих при обработке алюмосодержащих руд различными типами минеральных кислот;
- проведён углублённый анализ процессов химической активации минерального сырья, содержащего глинозём, с использованием разнообразных реагентов;
- исследовано влияние температурного режима, продолжительности обработки и концентрации кислотных реагентов на степень извлечения ценных элементов из алюмосиликатных пород;
- разработаны и обоснованы технологические схемы кислотной переработки алюмосодержащего сырья, учитывающие специфику взаимодействия с минеральными кислотами и обеспечивающие получение целевых продуктов с высокой степенью извлечения.

Теоретическая ценность исследования - заключается в расширении представлений о механизмах химического разделения алюмосиликатных пород, характерных для месторождений Таджикистана. В рамках исследования были изучены процессы взаимодействия алюмосодержащего сырья с ортофосфорной и азотной кислотами, проведён анализ процессов спекания руд с применением хлорида кальция, направленный на активацию структуры сырья и повышение его реакционной способности.

Теоретическое и научно-практическое значение исследования заключается в расширении представлений о механизмах химического разделения алюмосиликатных пород, характерных для месторождений Таджикистана. В рамках исследования были изучены процессы взаимодействия алюмосодержащего сырья с ортофосфорной и азотной кислотами, проведён анализ процессов спекания руд с применением хлорида кальция, направленный на активацию структуры сырья и повышение его реакционной способности.

Результаты диссертационной работы обладают высокой прикладной ценностью, поскольку на их основе были реализованы эффективные технологии переработки алюмосодержащих руд, характерных для месторождений Таджикистана. В частности, разработанные методы позволили успешно обработать каолиновые глины, нефелиновые сиениты и другие алюмосиликатные породы с применением минеральных кислот, таких как ортофосфорная и азотная.

Основные положения, выносимые на защиту:

- комплексный анализ состава и физико-химических свойств алюмосодержащего минерального сырья с использованием РФА и ДТА, а также определение термодинамических условий при выщелачивании глинозёмсодержащего минерального сырья кислотными методами и спеканием;
- результаты кинетические характеристики процессов выщелачивания алюминосодержащих руд Таджикистана в том числе нефелин сиенитов и каолиновых глин с применением минеральных кислот;
- технологические подходы к от различных загрязняющих веществ, на основе переработанного минерального сырья;
- разработанная методика производства фарфоровых материалов с использованием местных алюмосодержащих пород;
- разработка технологических схем производства фарфоровых материалов и получение смешанных коагулянтов, предназначенных для очистки воды из нефелин сиенитов и каолиновых глин месторождение Таджикистана.

Достоверность результатов диссертации подтверждена серией параллельных экспериментов и многократным химическим анализом различных образцов алюмосодержащих руд. Для оценки состава и свойств использовались современные методы физико-химического анализа. Полученные данные демонстрируют согласованность между экспериментальными сериями и стабильную воспроизводимость, что свидетельствует о корректности применённых методических подходов. Сопоставление результатов с ранее опубликованными научными данными подтвердило их соответствие существующим теоретическим моделям и обоснованность сделанных выводов.

Соответствие диссертации специальности. Тематика и содержание диссертационной работы полностью укладываются в рамки научной специальности 6D072000 – Химическая технология неорганических веществ (6D072001 – Технология неорганических веществ), и соответствует следующим положениям данной специальности:

1. Производственные процессы получения неорганических продуктов: солей, кислот и щелочей, минеральных удобрений, изотопов и чистых неорганических веществ, катализаторов, сорбентов, неорганических материалов (изучены состав и свойства алюминийсодержащих руд Таджикистана, получены оксиды и хлориды алюминия и железа).
2. Технологические процессы (химические, физические и механические) изменения состава, состояния, свойств и формы сырья и материалов при производстве неорганических продуктов (измельчение и термическая обработка алюмосиликатного сырья для получения неорганических материалов).
4. Методы и средства разработки технологии, технологические расчёты, проектирование, управление технологическими процессами и качеством продукции в производстве неорганических веществ (термодинамические характеристики процесса кислотного разложения алюминийсодержащего сырья, энергия активации и кинетические параметры технологических процессов).
5. Химические и физико-химические основы технологических процессов: химический состав и свойства веществ, термодинамика и кинетика химических и межстадийных превращений (изучены состав и химические свойства алюминийсодержащих руд Таджикистана, таких как нефелиновые сиениты и каолиновые глины, для получения соединений алюминия и железа).
9. Методы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов в производстве неорганических веществ (переработка алюминийсодержащего сырья для получения коагулянтов и фарфоровых масс).

Личный вклад соискателя. Соискатель внёс значительный вклад в исследование, проводя исследования, собирая необходимые данные из научной литературы, разрабатывая и решая важные научные задачи, а также анализируя и обрабатывая экспериментальные результаты в ходе исследования. Полученные результаты имеют важное значение для развития отрасли переработки алюмосодержащих руд и других неорганических веществ.

Публикация и внедрение результатов диссертации. Ключевые результаты и положения диссертации были представлены, апробированы и получили научную оценку на ряде научных и общественно-значимых мероприятий, включая: XVII Нумановские чтения «Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI веке» (Душанбе, 2022); VII Междунар. науч.-практич. конф. «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий» (Душанбе, 2022); Междунар. науч.-практич. конф. «Химическая, биологическая, радиационная и ядерная безопасность: достижения, проблемы и перспективы» (Душанбе, 2023); Республ. науч.-практич. конф. «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа», посвящ. объявлению четвёртой стратегической цели – индустриализации страны, 2022–2026 гг. «Годы промышленного развития», 65-летию кафедры «Общая и неорганическая химия» и памяти Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, д.х.н., проф. Л. Солиева (Душанбе, 2023); XVIII Нумановские чтения «Развитие

современной химии и её теоретические и практические аспекты» (Душанбе, 2023); Междунар. науч.-технич. конф. «Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана» (Ташкент, 2023); Республ. науч.-практич. конф молодых ученых, посвящ. объявлению 2024 года “Годом правового образования”) (Душанбе, 2024).

Публикации по теме диссертации. В рамках диссертационной работы проведена активная научная публикационная деятельность, направленная на апробацию и распространение полученных результатов. По итогам исследования опубликовано 16 научных статей в профильных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РТ; представлено 9 тезисов докладов на международных и республиканских научных конференциях; оформлены 1 акта внедрения; получен 1 Малый патент РТ.

Структура и объём диссертации. Диссертация включает введение, аналитический обзор научной литературы, три тематические главы, а также заключение и приложения, содержащие вспомогательные материалы, подтверждающие достоверность и полноту полученных результатов. Общий объём рукописи составляет 150 страницы, в работе представлены 35 иллюстраций и 33 таблицы. Список литературных источников включает 175 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность исследуемой проблемы, связанной с необходимостью эффективного освоения и переработки алюмосиликатного сырья, характерного для минерально-сырьевой базы Таджикистана. Обоснована практическая значимость темы. Сформулированы цель и задачи исследования, определены его научная новизна, теоретическая ценность и прикладная направленность.

Первая глава содержит систематизированный обзор научной литературы, посвящённой источникам алюмосодержащего промышленного сырья Таджикистана с использованием различных минеральных кислот, рассматривается состояние проблемы, получение оксидов алюминия и железа, а также образование других важных веществ, содержащихся в составе алюмосодержащих руд.

Во второй главе представлена систематизация объектов исследования, охватывающая основные типы алюмосодержащих руд, характерных для месторождений Таджикистана. Проведён анализ их физико-химических характеристик при взаимодействии с различными минеральными кислотами, включая ортофосфорную, серную и азотную. Описаны методики проведения лабораторных экспериментов, а также применённые методы физико-химического и спектрометрического анализа, обеспечивающие точную оценку состава и поведения исследуемого сырья. Особое внимание уделено термодинамическому моделированию процессов выщелачивания, что позволило установить энергетические параметры и условия протекания реакций при использовании индивидуальных кислот и их смесей.

Третья глава посвящена изучению фундаментальных физико-химических основ извлечения оксидов алюминия и железа из алюмосиликатных пород, распространённых в недрах Таджикистана. Приведены экспериментальные данные по выщелачиванию с применением минеральных кислот, раскрыты механизмы и стадии протекания реакций. Рассмотрены кинетические закономерности процесса, включая влияние температуры, времени, концентрации реагентов и состава сырья на степень извлечения целевых компонентов.

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

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ РУД ТАДЖИКИСТАНА

Термический дифференциальный и рентгенофазовый анализ алюмосодержащих руд.

На рисунке 1 представлена термограмма алюмосиликата – нефелинового сиенита Турпи. Запись термограммы проводилась при контролируемом нагреве со скоростью 7 К/мин, в ходе которого в температурном интервале 690–850°C зафиксирован выраженный эндотермический эффект. Данный термический эффект интерпретируется как результат структурных преобразований каолинита, сопровождающихся, предположительно, дегидроксилированием - утратой гидроксильных групп.

Эти процессы отражают разрушение гидратированных фаз с последующим переходом в более стабильные кристаллические формы, характерные для высокотемпературной обработки алюмосиликатного сырья.

Результаты исследований подтверждают, что метод дифференциального термического анализа (DTA) является эффективным инструментом для определения оптимальных условий термической обработки алюмосиликатного сырья в присутствии различных реагентов. Полученные термограммы свидетельствуют о том, что на начальных этапах нагрева, при относительно низких температурах, происходит удаление кристаллизационной влаги, что связано с разрывом водородных связей в кристаллической решётке минералов. В более высокотемпературной области наблюдаются выраженные эндотермические эффекты, отражающие фазовые преобразования минеральных компонентов и их взаимодействие в реакционной среде. Эти процессы имеют важное значение для понимания физических и химических изменений материалов при нагревании, так как помогают объяснить различные эффекты теплового воздействия и фазовых переходов.

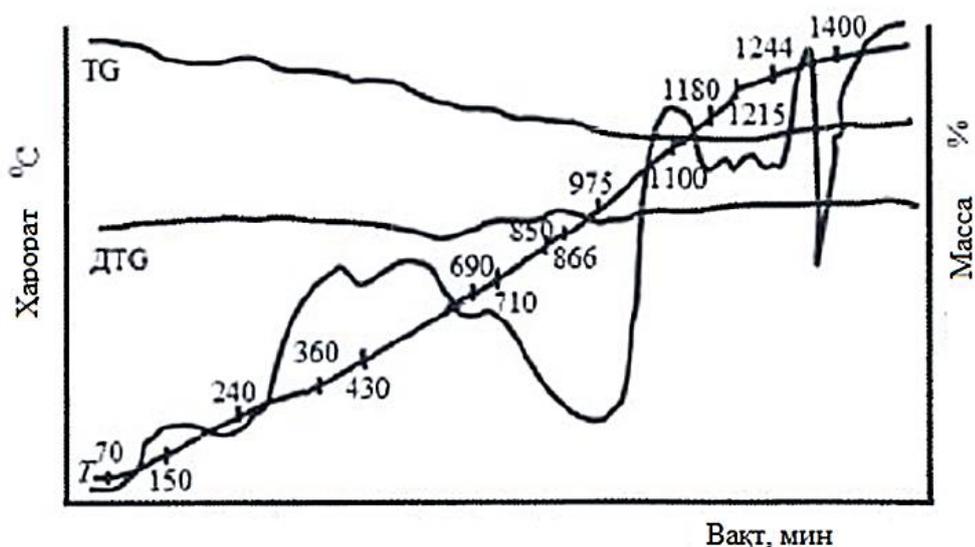


Рисунок 1. – Термографический анализ нефелиновых сиенитов месторождения Турпи

В лабораторных исследованиях широко использовался рентгеновский аппарат типа ДРОН с программным обеспечением, позволяющий выполнять рентгенофазовый анализ с высокой точностью для определения минерального состава материала.

Рисунок 2 отражает дифрактограммы нефелиновых руд, полученные методом рентгеновской дифракции на приборе ДРОН-3. Результаты анализа визуализируют фазовые превращения, происходящие в материале в ходе термообработки (а – исходная структура, б - модифицированная структура продуктов, образовавшихся в процессе кальцинации и термического воздействия при температуре 500–600°C и последующего воздействия 30%-ного раствора ортофосфорной кислоты), что демонстрирует выраженные изменения минерального состава. В ряде случаев наблюдается частичное или полное исчезновение отдельных фаз, что свидетельствует о химическом взаимодействии кислотного реагента с термально активированными компонентами сырья и трансформации нестабильных минералов в новые соединения или аморфные формы.

Сравнение фазовых спектров показывает, что некоторые минеральные компоненты изменились под воздействием термической и химической обработки, тогда как другие минералы сохранили свою устойчивость. Этот анализ способствует лучшему пониманию кристаллохимических процессов нефелиновых сиенитов при промышленной переработке.

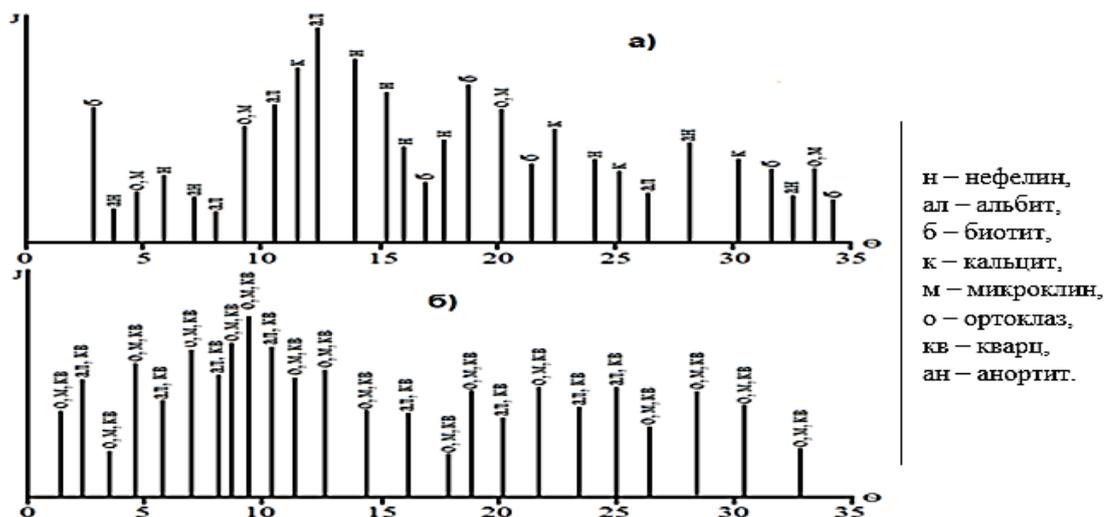
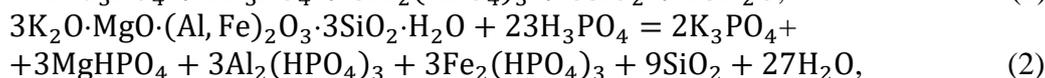
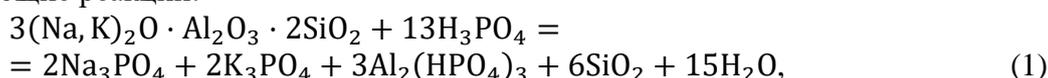


Рисунок 2. – Линейная диаграмма рентгенофазового анализа нефелиновых сиенитов месторождения Турпи

Термодинамический анализ процессов при разложении нефелиновых сиенитов Турпи с участием ортофосфорной кислоты.

Согласно РФА нефелин-сиенитов показано, что в их составе присутствуют минералы: кальцит CaCO_3 , анортит $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2$, нефелин $(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, биотит $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot (\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, ортоклаз – микроклин $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.

В процессе взаимодействия фосфорной кислоты и нефелиновых сиенитов происходят следующие реакции:



Для каждой исследуемой реакции выполнен расчёт термодинамических параметров. Полученные данные систематизированы и представлены в таблице 1.

Таблица 1. - Энергия Гиббса взаимодействия нефелин-сиенитов с фосфорной кислотой для реакций (1)-(4), в кДж/моль

№ реакции	ΔG_{298}	ΔG_{318}	ΔG_{338}	ΔG_{358}	ΔG_{371}
(1)	-32.5	-27.2	-22.2	-17.2	-13.95
(2)	-2087.57	-2086.19	-2084.8	-2083.43	-2082.53
(3)	-2872.36	-2874.16	-2875.96	-2877.76	-2878.93
(4)	-43.09	-46.93	-50.77	-54.61	-57.1

Анализируя результаты, систематизированные в таблице 1 и визуализированные на рисунке 3, можно констатировать устойчивую тенденцию к улучшению термодинамических параметров реакций (1)–(4) взаимодействия нефелиновых сиенитов с H_3PO_4 . Наблюдаемое снижение энергии Гиббса с ростом температуры свидетельствует о повышении термодинамической вероятности и интенсификации протекания указанных реакций.

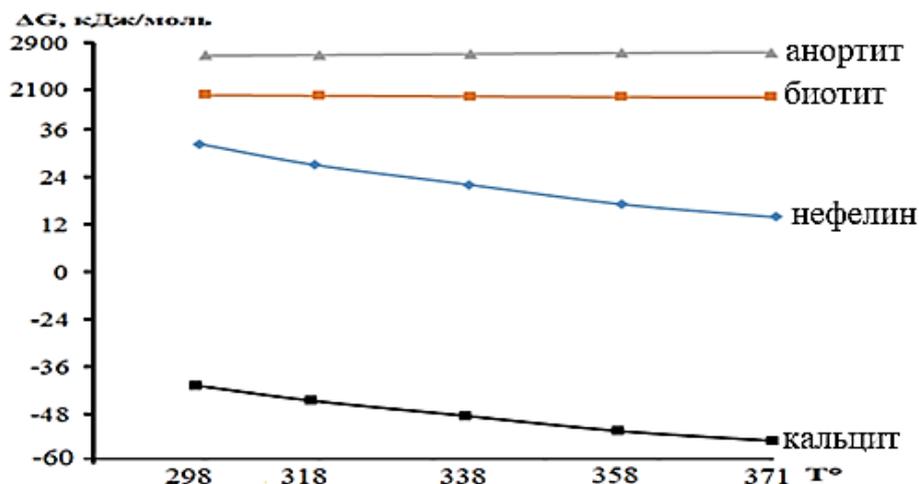
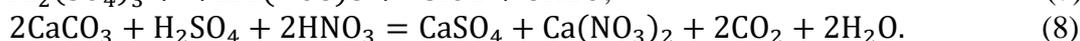
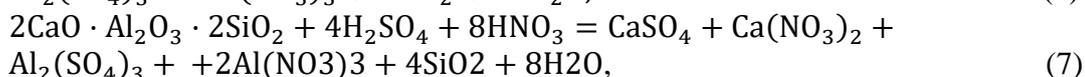
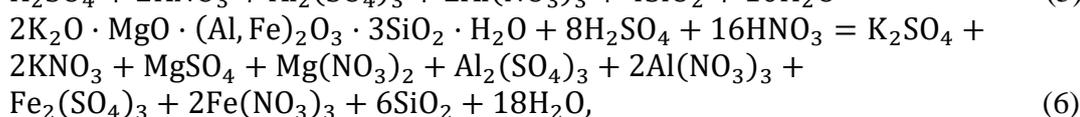
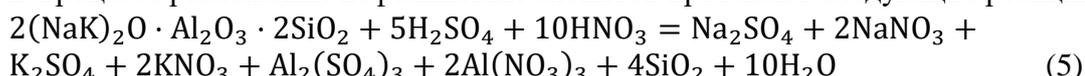


Рисунок 3. – Изменение энергии Гиббса (ΔG) реакций разложения компонентов нефелиновых сиенитов с фосфорной кислотой в зависимости от температуры

Термодинамический анализ процесса разложения нефелиновых сиенитов Турпи смесью серной и азотной кислот [8-А]

В процессе разложения нефелиновых сиенитов протекают следующие реакции:



Для расчёта термодинамических изменений в результате реакций (5)-(8) использовались стандартные термодинамические данные для каждого вещества, участвующего в этих процессах.

Для количественной оценки термодинамической вероятности протекания процессов (1)-(4) в интервале от 298 до 371 К был использован расчетный метод, основанный на определении изменения энергии Гиббса (ΔG). В качестве исходных параметров для вычислений использовались экспериментально установленные значения энтальпийных (ΔH) и энтропийных (ΔS) характеристик каждой реакции. Полученные расчетным путем значения ΔG были систематизированы в таблице 2 и визуализированы в виде графических зависимостей на рисунке 4 [8-А].

Таблица 2. – Значения энергии Гиббса для реакций (5)-(8) при T=298–371 К [8-А]

№ реакции	ΔG°_{298}	ΔG°_{318}	ΔG°_{338}	ΔG°_{358}	ΔG°_{371}
	кДж/моль				
(5)	-7220.63	-7218.7	-7216.74	-7214.8	-7213.53
(6)	-10930.84	-10889.77	-10848.7	-10807.63	-10780.93
(7)	-1048	-1029.17	-1010.34	-991.51	-979.28
(8)	-1438.31	-1442.61	-1446.9	-1451.2	-1454

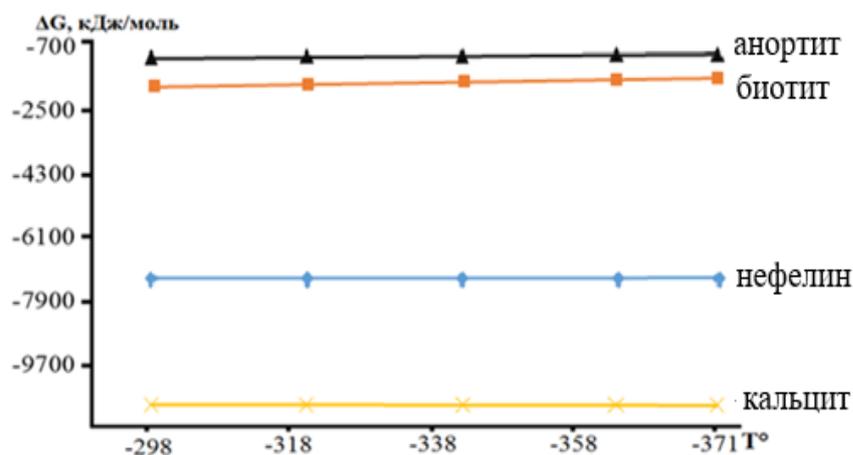


Рисунок 4. – Изменение энергии Гиббса (ΔG) реакций разложения минералов нефелин-сиенитов смесью серной и азотной кислоты

Материальный баланс разложения нефелин-сиенитов Турпи при разложении ортофосфорной кислотой

Материальный баланс, рассчитанный для обработки 1 кг нефелин-сиенита 30%-ной фосфорной кислотой показывает расход 918,48 г (30% H_3PO_4). Если учитывать 100%-ную фосфатную кислоту, количество кислоты составит 233,5 мл, что эквивалентно 275,55 г фосфорной кислоты (таблица 3).

Таблица 3. – Материальный баланс разложения фосфорной кислотой (расчет на 1 кг нефелиновых сиенитов Турпи)

Приход	В граммах	%	Расход	В граммах	%
Al_2O_3	223	11.62	$Al_2(HPO_4)_3$	324.73	16.93
Fe_2O_3	64	3.34	$Fe_2(HPO_4)_3$	88.88	4.63
Na_2O	65	3.39	Na_3PO_4	114.62	5.98
K_2O	66	3.44	K_3PO_4	99.23	5.17
CaO	25	1.3	$CaHPO_4$	60.71	3.16
SiO_2	530	27.63	SiO_2 , включая не прореагировавшие элементы	684.6	35.68
Кристаллизационная вода	27	1.4	H_2O	129.83	6.77
H_3PO_4 , 30%	918.48 (0.78 л)	47.88	H_3PO_4 , избыток	415.88	21.68
ИТОГО:	1918.48	100	ИТОГО:	1918.48	100

В результате взаимодействия нефелиновых руд с определённым количеством ортофосфорной кислоты (H_3PO_4) было получено 43,43% оксида алюминия (Al_2O_3), что эквивалентно 324,73 г фосфата алюминия – $Al_2(HPO_4)_3$. А при взаимодействии нефелиновых сиенитов с H_3PO_4 количество выделяющегося Fe_2O_3 составляет 55,55%, или 88,88 г (44,45%) $Fe_2(HPO_4)_3$. Кальций (Ca), натрий (Na) и калий (K) полностью переходят в ионную форму и мигрируют в жидкую фазу. Анализ баланса масс показывает наличие свободного избытка фосфорной кислоты в количестве 415,88 грамм, не вступившей в реакцию разложения.

Материальный баланс процесса переработки нефелин-сиенитов Турпи с применением кислотной смеси ($H_2SO_4+HNO_3$)

Все расчеты материальных потоков выполнены для стандартной навески руды массой 1 кг. Для декомпозиции минеральной матрицы применялась комбинированная кислотная смесь, состоящая из серной кислоты (50% концентрации) и азотной кислоты (40% концентрации). Общий расход кислотного реагента составил 1090 грамм.

Детальный материальный баланс, рассчитанный на 1 килограмм исходного нефелинового сырья, представлен в сводной таблице 4.

Таблица 4. – Сравнительный материальный баланс процесса разложения нефелин-сиенитов Турпи серной и азотной кислотами

Приход	В граммах	%	Расход	В граммах	%
Al_2O_3	223	10.67	$Al_2(SO_4)_3 \cdot Al(NO_3)_3$	367.96	17.61
Fe_2O_3	64	3.06	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot Fe(NO_3)_3$	146.71	7.02
Na_2O	65	3.11	$Na_2SO_4 \cdot NaNO_3$	173.83	8.32
K_2O	66	3.16	$K_3PO_4 \cdot KNO_3$	138.89	6.64
CaO	25	1.2	$CaSO_4 \cdot Ca(NO_3)_2$	71.34	3.4
SiO_2	530	25.36	SiO_2 , в том числе непрореагировавшие элементы	619.59	29.65
Кристаллизационная вода	27	1.29	H_2O	179.21	8.57
H_2SO_4 (50%), HNO_3 (40%)	1090	52.15	$H_2SO_4 \cdot HNO_3$, избыток	392.7	18.79
ИТОГО:	2090	100	ИТОГО:	2059.6	100

Результаты анализа материального баланса для серно-азотной смеси демонстрируют, что в реакцию вступает лишь часть оксида алюминия, содержащегося в руде. Количество прореагировавшего вещества составило 376,96 грамма, что эквивалентно 45,98% от его общей массы в исходной навеске. Ключевым выводом из эксперимента является то, что значительная доля оксида алюминия, а именно 54,02%, остаётся инертной и не взаимодействует с кислотным реагентом. Это указывает на то, что часть руды не взаимодействует с кислотами, и только определённое количество Al_2O_3 реагирует со серно-азотной смесью.

Для оксида железа проводились аналогичные эксперименты, и показано, что количество восстановленного Fe_2O_3 составляет 86,5%. В результате образовались соединения $Fe_2(SO_4)_3$ и $Fe(NO_3)_3$, общее количество которых составило 146,71 грамм. Таким образом, в инертном состоянии, не прореагировав с кислотной смесью, осталось лишь 13,5% от начального содержания Fe_2O_3 , то есть оксид железа в основном переходит в растворимые формы.

Исследование фазовых превращений показало, что оксиды кремния, калия, натрия и кальция полностью перешли в растворённое состояние под воздействием реакционной среды. В расходной части материального баланса был зафиксирован избыток использованной смеси серной и азотной кислот ($H_2SO_4 + HNO_3$), который не был затрачен на взаимодействие с вышеуказанными оксидами. Масса этого неизрасходованного кислотного остатка составила 392,7 грамма.

Данные выводы способствуют комплексному анализу процесса и исследованию влияния смеси кислот на оксиды и минералы в составе, что в целом играет важную роль в повышении эффективности разложения и производстве полезных материалов.

РАЗЛОЖЕНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ РУД ТАДЖИКИСТАНА МИНЕРАЛЬНЫМИ КИСЛОТАМИ И СПЕКАНИЕМ

Разложение нефелиновых сиенитов Турпийского месторождения Таджикистана с использованием фосфорной кислоты

В таблице 5 представлены детализированные данные, характеризующие химический состав различных видов алюмосиликатного минерального сырья. Помимо собственно руд, в сводной таблице систематизированы показатели для низкосортных алюминийсодержащих материалов – это бентонитовые и цеолитовые глины, месторождения которых расположены на территории Таджикистана [2-А].

На начальном этапе исследований был выполнен комплекс подготовительных операций, включающий термическую обработку (прожигание) образцов, и проведено глубокое изучение физико-химических механизмов процесса разложения нефелиновых сиенитов, отобранных на Турпийском месторождении, с применением в качестве реагента фосфорной кислоты.

Было установлено, что предварительная термическая активация рудного материала при температурах 500–600°C с часовой выдержкой с последующей обработкой фосфорной кислотой обеспечивает селективный переход ценных компонентов в раствор. В оптимальных условиях достигается извлечение 41–43% алюминия и 53–55% железа от их исходного содержания в форме оксидов.

Систематизация экспериментальных данных, представленная в таблице 5 и на рисунке 5, демонстрирует комплексное влияние технологических параметров на эффективность процесса. Установлены чёткие корреляционные зависимости степени извлечения целевых оксидов от трёх ключевых факторов: температурного режима, продолжительности кислотного разложения и концентрации рабочего раствора H_3PO_4 .

Таблица 5. – Состав и процентное содержание оксидов в алюмосиликатных материалах [2-М]

Алюмосиликатные руды	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	MgO	FeO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
Сиаллиты (м.Миёнаду)	1.7	0.2	55.9	0.95	0.8	1.72	0.6	6.0	20.1
Сиаллиты (м.Восточные Зидды)	0.4	0.3	39.8	1.17	0.2	0.29	0.6	13.9	30.5
Аргиллиты (м.Чашма-Санг)	2.95	0.1	42.9	0.6	1.0	-	1.0	8.74	31.6
Каолиновые глины (м.Зидды)	2.8	0.1	63.2	-	-	0.54	0.7	0.7	23.2
Нефелиновые сиениты (м.Турпи)	6.6	6.5	53.0	-	-	-	2.5	6.4	22.3
Примечание: м – месторождение.									

Согласно данным, представленным на рисунке 5а, пиковая эффективность экстракции целевых компонентов наблюдается при температуре 98°C. При этом термическом режиме достигается извлечение 43% Al₂O₃ и 55% Fe₂O₃ от их исходного содержания в руде.

Экспериментально подтверждено, что продолжительность кислотной обработки является критически важным фактором в процессе кислотного выщелачивания. Кинетические исследования, отражённые на рисунке 5б, выявили интенсивный рост степени извлечения Al₂O₃ и Fe₂O₃ в течение первого часа процесса. Максимальная эффективность экстракции ценных

компонентов достигается при обработке термически активированных нефелин-сиенитов в течение 60 минут с использованием 30%-ного раствора фосфорной кислоты.

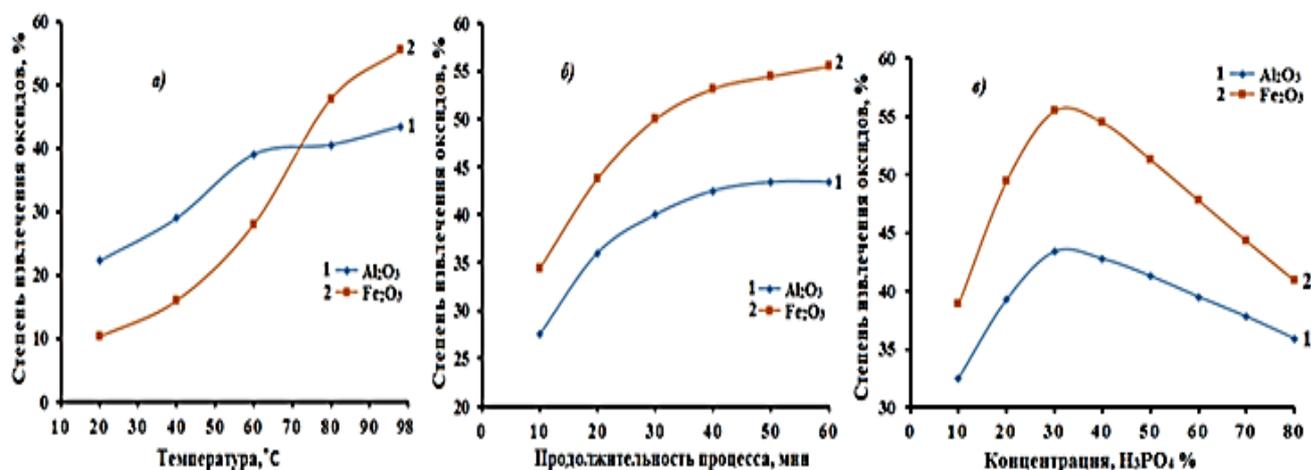


Рисунок 5. –Выход Al₂O₃ и Fe₂O₃ в зависимости от ключевых технологических параметров: а) температуры; б) продолжительности; в) концентрации H₃PO₄

Отдельно исследовалось влияние концентрации реагента на степень разложения руды. Опыты проводились в широком диапазоне концентраций H₃PO₄ (10–80%) при оптимизированных и постоянных параметрах: температура 98°C и продолжительность обработки 60 минут. Как иллюстрирует рисунок 5в, максимальная продуктивность процесса по выходу оксидов достигается именно при использовании 30%-ной фосфорной кислоты [7-А].

На основании проведённых исследований была разработана обобщённая технологическая схема переработки нефелин-сиенитов Турпийского месторождения, основанная на методе кислотного разложения фосфорной кислотой (рисунок 6).

Разработанный технологический процесс характеризуется многоступенчатой последовательностью операций:

- механическое измельчение исходного минерального сырья до достижения оптимального гранулометрического состава (<0,1 мм),
- термическая активация в муфельной печи при T=500-600°C,
- стадия химического разложения 30%-ным раствором фосфорной кислоты при постоянном перемешивании;
- разделение образовавшейся гетерогенной системы методами гравитационного отстаивания и последующей вакуум-фильтрации.

Реализация процесса в указанных параметрах позволяет достичь степени извлечения ценных оксидов на уровне 43% для Al₂O₃ и 55% для Fe₂O₃ от их исходного содержания в руде.

Химическая сущность процесса заключается в селективном взаимодействии компонентов нефелин-сиенитов с фосфорной кислотой, в результате которого происходит образование и последующий переход в раствор гидрофосфатов алюминия и железа. Параллельно наблюдается концентрирование в нерастворимом остатке диоксида кремния и сопутствующих примесей, которые формируют твёрдый остаток, отделяемый на стадии фильтрации [20-А].

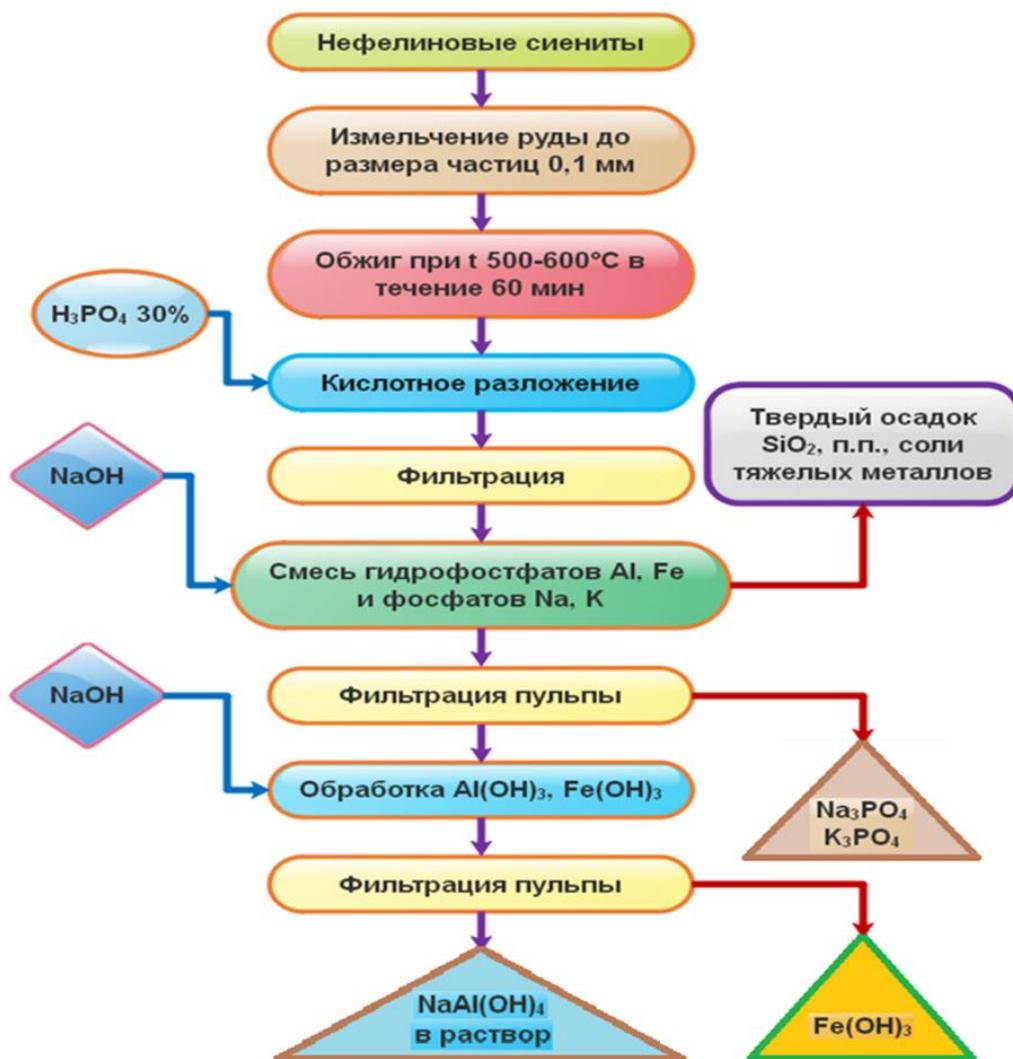


Рисунок 6. – Общая схема технологии переработки нефелин-сиенитов на основе фосфорнокислотного вскрытия

Кинетический анализ процессов разложения нефелиновых сиенитов Турпийского месторождения с применением фосфорной кислоты

Кинетика химических реакций, или химическая кинетика, является одной из областей физической химии.

Проведённая интерпретация кинетических закономерностей, представленных на рисунке 7а, позволяет сделать вывод о значительной скорости протекания процесса разложения нефелин-сиенитов в среде фосфорной кислоты. Установлено, что присутствие оксида железа в системе оказывает выраженное каталитическое действие, существенно интенсифицируя кинетику взаимодействия реагентов, и оксид железа выполняет функцию каталитической добавки. При стандартных параметрах процесса (температура 98°C, продолжительность 60 минут) суммарное извлечение целевых компонентов достигает 54-55%.

Для количественного описания кинетики разложения оксида железа были рассчитаны соответствующие константы скорости с применением математической модели реакции первого порядка. Валидность используемой кинетической модели подтверждается линейным характером зависимости $\log(1/(1-\alpha)) \cdot 10$ от времени (рисунок 7б), где угол наклона полученных прямолинейных участков составляет 55-60 градусов [21-А].

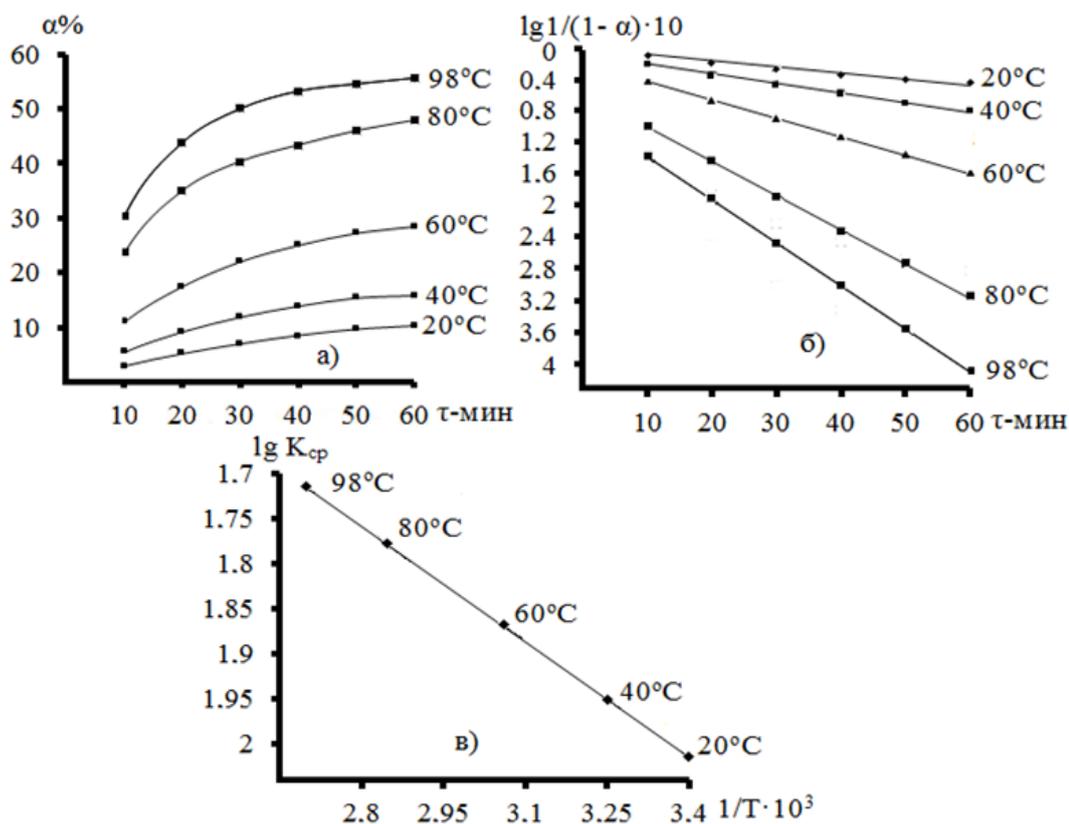


Рисунок 7. – Извлечение Fe₂O₃ из нефелин-сиенитов 30%-й Н₃РO₄: а) влияние времени; б) кинетика во времени; в) зависимость от температуры

Дальнейший анализ температурной зависимости констант скорости процесса разложения нефелиновых сиенитов фосфорной кислотой демонстрирует его соответствие фундаментальному закону Аррениуса. Это подтверждается линейной корреляцией между логарифмом усреднённой константы скорости ($\lg K_{cp}$) и величиной, обратной температуре ($1/T \cdot 10^3$), представленной на рисунке 7в, что свидетельствует о преобладании термически активируемого механизма процесса.

На основании проведённых кинетических исследований было рассчитано значение энергии активации, составляющее 26,02 кДж/моль для реакции с образованием оксида железа, это значение указывает на смешанный режим протекания процесса с преобладанием кинетической составляющей.

Проведённое исследование кинетических закономерностей процесса разложения охватывало экстремально широкий температурный диапазон от стандартных условий (20°C) до точки кипения реакционной среды (98°C). Анализ полученных зависимостей, визуализированных на рисунке 8а, выявил однозначное влияние термического фактора на эффективность экстракции целевых компонентов: выход оксида алюминия достигает максимальных значений 42-43% именно при 98°C.

Для количественного описания кинетики процесса были рассчитаны константы скорости разложения с применением уравнения первого порядка. Линейный характер зависимости $\log(1/(1-\alpha)) \cdot 10$ от времени (рисунок 8б), проявляющийся в виде прямых с углом наклона 53-55 градусов, подтверждает адекватность выбранной кинетической модели.

Температурная зависимость констант скорости разложения демонстрирует соответствие закону Аррениуса, что наглядно отражено на графике зависимости $\lg K_{cp}$ от $1/T \cdot 10^3$ (рисунок 8в). Расчёт энергии активации для процесса получения оксида алюминия показал значение 13,02 кДж/моль. Такая величина характерна для процессов, протекающих преимущественно в диффузионной области, близкой к смешанному режиму [8-А].

Был изучен процесс разложения каолиновых глин, нефелиновых сиенитов и аргиллитов с добавлением CaCl₂ [27-А].

Проведённая оценка минерально-сырьевой базы подтвердила высокий потенциал для комплексной переработки ряда алюмосиликатных руд Таджикистана. К числу наиболее перспективных видов сырья относятся нефелин-сиениты Турпи, каолины Чашма-Санга и аргиллиты Зидды. Химический анализ данных материалов свидетельствует о том, что они характеризуются достаточным для промышленного использования содержанием ценных оксидов, что делает их экономически целесообразными для глубокой переработки, согласно данным источника [27-А].

Особого внимания заслуживает значительная концентрация оксида калия (K_2O) в изученных рудах. Наличие этого компонента придаёт сырью дополнительную ценность, поскольку он представляет собой ключевой макроэлемент питания растений. В рамках комплексной технологической схемы K_2O может быть извлечён и конвертирован в форму, пригодную для производства многокомпонентных (сложных) минеральных удобрений.

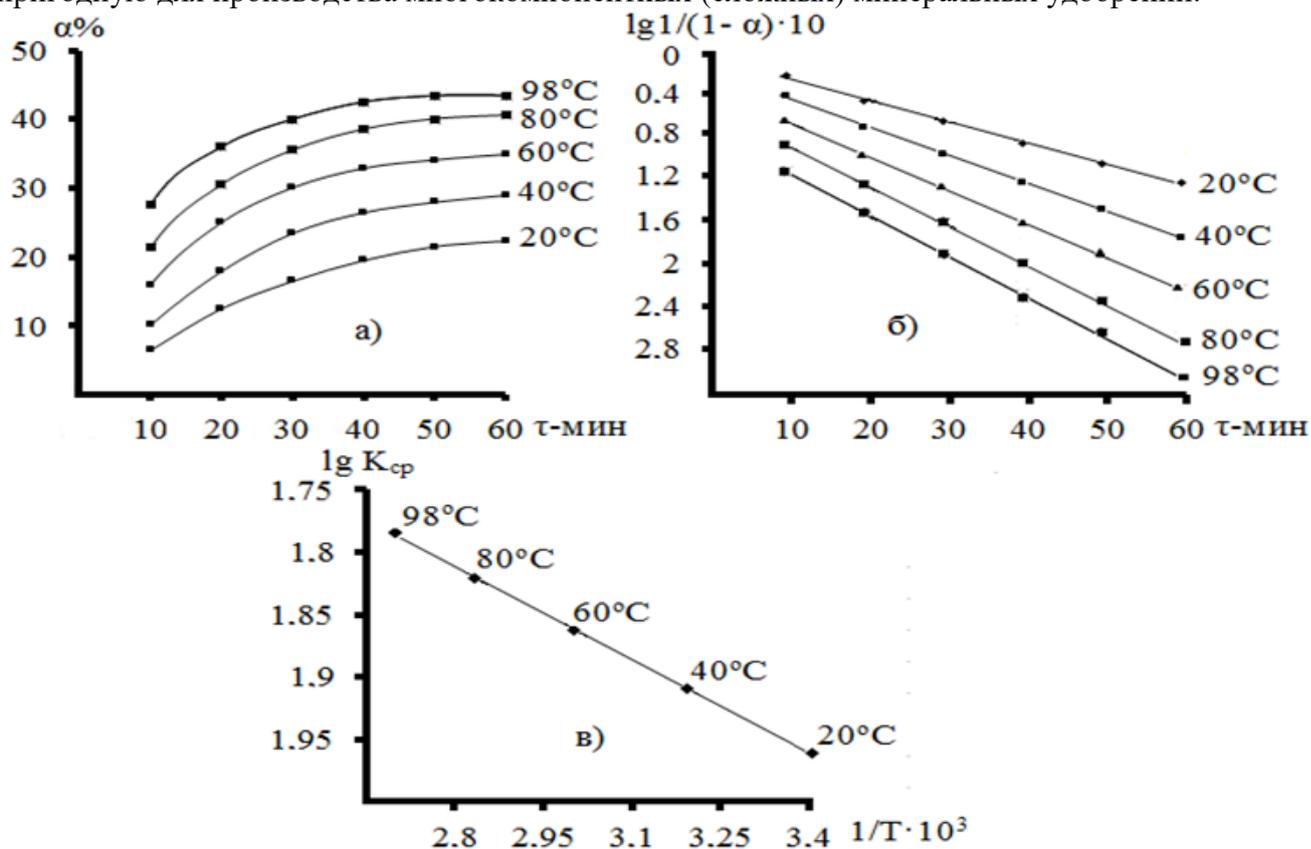


Рисунок 8. - Извлечение Al_2O_3 из нефелин-сиенитов 30%-й H_3PO_4 : а) влияние времени; б) кинетика во времени; в) зависимость от температуры

Получение глинозёма и оксида железа из алюмосиликатных руд спеканием с $CaCl_2$

Анализ существующих научных публикаций позволяет выявить альтернативные подходы к переработке алюмосиликатного сырья. В частности, в литературных источниках описана методика высокотемпературного плавления руд данного типа с хлоридом кальция ($CaCl_2$). Сводные данные, характеризующие этот процесс, систематизированы в таблице 6 [21-А].

Для каолиновой глины и зелёной каолиновой глины степень извлечения Al_2O_3 составила соответственно 43,1% и 47,3%, а для Fe_2O_3 - 90,1% и 87,2%. Из полученных результатов следует, что снижение степени восстановления оксида железа связано с особенностями минералогического состава каолиновых глин.

Сравнительная оценка процентного извлечения различных соединений из различных видов алюмосиликатного сырья наглядно представлена на рисунке 9. Данные диаграммы демонстрируют существенную разницу в выходе целевых продуктов. Проведённая оценка однозначно свидетельствует о том, что нефелиновые сиениты характеризуются значительно

более высоким содержанием и, как следствие, степенью извлечения основных полезных компонентов - оксидов алюминия и железа - по сравнению с другими изученными типами руд, такими как каолиновые глины и аргиллиты.

Таблица 6. - Режимы выделения оксидов алюминия и железа методом хлоридной плавки с CaCl_2

Руда	Оптимальные параметры					Степени извлечения	
	Температура спекания, °С	Соотношение CaCl_2 /руда	Водная обработка после спекания, %	Разложение слёга HCl , %	Fe_2O_3	Al_2O_3	
Каолиновые глины	800	2:1	98	20	43.1	90.0	
Зелёные глины с содержанием меди и кобальта	800-850	2:1	95	20	47.3	87.2	
Нефелиновые сиениты	850-950	2:1	95-98	20	99.1	98.7	

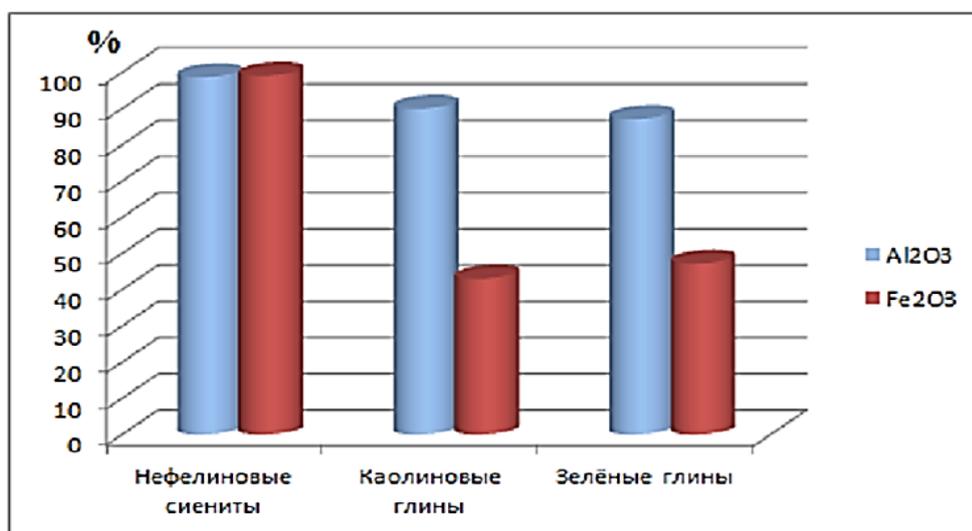


Рисунок 9. - Извлечение Al_2O_3 и Fe_2O_3 из разных типов алюмосиликатного сырья

Получение коагулянта для очистки воды методом переработки нефелиновых сиенитов с использованием смеси соляной и серной кислот

В контексте развития отечественной промышленности нефелиновые руды представляются наиболее предпочтительным сырьём для производства коагулянтов, обладая рядом стратегических преимуществ перед альтернативными материалами. Ключевые достоинства данной руды включают:

- а) доступность значительных запасов месторождений с низкой себестоимостью добычи, что обеспечивает существенную экономическую эффективность их промышленного использования;
- б) стабильный химико-минералогический состав и оптимальные структурно-гранулометрические характеристики, которые положительно влияют на технологичность переработки и конечные функциональные свойства производимых коагулянтов;
- в) отсутствие необходимости в энергоёмких операциях предварительной подготовки (таких как сушка или термическая обработка) перед непосредственным вовлечением в технологический цикл;
- г) высокая скорость растворения при обработке минеральными кислотами;

д) возможность организации комплексной безотходной переработки с параллельным получением другой востребованной продукции - алюмосодержащих глин [11-А].

В рамках экспериментальной работы проводилась обработка нефелиновых сиенитов комбинированными растворами соляной и серной кислот различной концентрации, продемонстрировавшими высокую реакционную способность.

В отличие от применяемой методики, предыдущие технологические регламенты предусматривали обязательную стадию предварительного прокаливания сырья в муфельных печах при температурах 500–600°C с часовой выдержкой. Данная термообработка инициировала структурно-фазовые преобразования в минерале, существенно повышая его реакционную восприимчивость в процессе последующего кислотного разложения.

Количественные результаты переработки нефелиновых сиенитов кислотными смесями систематизированы в таблице 7. Указанная таблица также содержит данные сравнительной оценки эффективности извлечения целевых компонентов при использовании раздельно серной и соляной кислот [11-А].

Таблица 7. - Влияние состава HCl+H₂SO₄ смеси на переработку нефелин-сиенита

Наименование кислоты	Содержание оксидов, %				
	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
HCl - 20%	-	71.8	39.5	98.8	50.8
HCl+H ₂ SO ₄ - смесь 20+50%	-	-	-	75.5	50.7
H ₂ SO ₄ - 50%	-	-	-	65.45	44.6

На основании проведённых экспериментальных исследований установлено, что оптимальные показатели экстракции целевых оксидов регистрируются при использовании многокомпонентного кислотного состава, содержащего 20% соляной и 50% серной кислот.

Сравнительная оценка технологических решений выявила существенное превосходство схемы, предусматривающей предварительную термическую обработку нефелиновых сиенитов в интервале 500–600°C, над методом прямого кислотного воздействия. Как следует из данных гистограммы на рисунке 10, применение термической стадии позволяет увеличить степень извлечения ценных компонентов на 15–20%.

На основе комплексного анализа экспериментальных данных разработана принципиальная технологическая схема переработки руды, детализированная на рисунке 11.

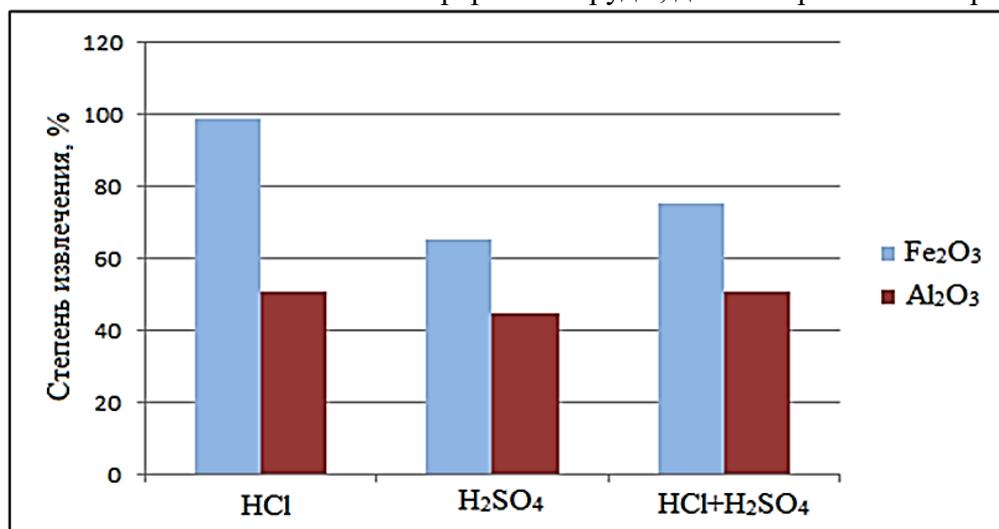


Рисунок 10. - Влияние типа кислоты на извлечение Al₂O₃ и Fe₂O₃ из нефелинового сиенита

Соответственно, разработана рецептура коагулирующего реагента для водоподготовки, синтезируемого методом кислотной переработки нефелин-сиенитов комбинированным составом $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$. Полученный продукт представляет собой поликомпонентную систему, содержащую сульфатные и хлорид-ионы в сочетании с катионами алюминия и железа. В ходе работы установлены оптимальные параметры декомпозиции рудного материала и создана технологическая схема производства поликомпонентного коагулянта, включающего алюминий- и железосодержащие компоненты [13-А].

Получение сырья из алюмосиликатных руд для производства фарфоровых масс

При оценке пригодности алюмосиликатных руд, в частности полевых шпатов, для промышленного применения ключевым критерием выступает баланс между оксидами калия и натрия. Данное соотношение количественно выражается через калиевый модуль, нормативное значение которого должно составлять не менее 2–3 единиц. Параллельно с этим, существенным технологическим требованием является низкая концентрация оксидов железа, допустимые пределы которой находятся в интервале 0,2–0,3%.

Хотя нефелиновые сиениты Турпийского месторождения в целом рассматриваются как перспективное сырьё для строительной индустрии, их применение в производстве высококачественного фарфора проблематично. Это обусловлено тем, что фактическое содержание оксидов железа в данной руде варьируется в диапазоне 4,5–6,5%, а значение калиевого модуля составляет лишь 1,1, что существенно ниже установленного норматива [12-А].

В связи с этим, в рамках данного исследования была поставлена задача по разработке альтернативной рецептуры фарфоровой массы с использованием местных ресурсов, прежде всего каолиновой глины. В лабораторных условиях проводилось всестороннее изучение физико-химических и технологических свойств опытных композиций, а также изготовленных на их основе образцов фарфоровых изделий.

Отобранные материалы подвергались испытанию на огнеупорность для подтверждения их соответствия стандартным производственным требованиям. Опытные партии массы формировались из сырьевых компонентов, традиционно используемых в фарфоровом производстве, что позволило провести корректный сравнительный анализ её химического состава и свойств в рамках стандартной технологической схемы. Пегматит в опытах был заменён расплавленной смесью с полевым шпатом. Были проанализированы химические составы необходимого фарфора и сырья, а также проведены расчёты состава зарядной массы [12-А].

После завершения стадии очистки общая массовая доля оксидов железа в пробах была успешно снижена до уровня, не превышающего 0,4%. Все полученные образцы материалов прошли стандартные испытания на огнеупорность и визуально характеризовались как белые мелкодисперсные порошки с различными, но стабильными показателями белизны.

Была разработана рецептура фарфоровой массы, адаптированная для промышленного производства. Состав шихты, рассчитанный на сухой вес и введение стеклофазы, включает следующие компоненты: 6,0% технологических отходов собственного производства (возвратных материалов), 16,0% пегматита, 22,05% кварцевого песка Курганчинского месторождения и 56,0% каолина. Для оптимизации технологических свойств массы и интенсификации процесса стеклообразования количество жидкого стекла и кальцинированной соды в рецептуре было увеличено до 1,5% [12-А].

Фарфорово-технологические характеристики используемой каолиновой глины и керамико-технологические свойства опытных масс приводятся, соответственно, в таблицах 8 и 9.

На завершающем этапе исследования методом литья в гипсовые формы из полученной керамической суспензии были изготовлены экспериментальные образцы фарфоровых изделий. Сформированные заготовки прошли 24-часовую естественную сушку в атмосферных условиях

с последующей термической обработкой в муфельной печи при 800°C в течение 1,5 часов. Ключевая стадия остекловывания выполнялась в промышленной туннельной печи с регулируемым температурным профилем и контролируемой газовой средой, где 25-часовая выдержка при 1350°C обеспечила формирование плотного беспористого черепка.

Таблица 8. - Фарфорово-технологические характеристики используемой каолиновой глины

Вид глины	Наименование показателя						
	Усадка			Механическая прочность, МПа	Водопоглощение, %	Адсорбция, мг/л	Остаток на сите №0056, %
	воздушная (110°C)	огневая (1350°C)	общая				
Зидды, №74							
Грубо измельчённая	3.80	16.30	20.10	7.70	10.90	12.80	25.7
	5.50	19.50	25.00	21.40	5.70	9.20	6.4
Зидды, №49							
Грубо измельчённая	3.60	8.30	11.90	1.00	2.20	11.50	24.4
	4.30	10.20	14.50	12.70	0.50	10.40	5.6
Зидды №31							
Грубо измельчённая	4.40	15.80	20.20	5.50	4.50	16.00	28.6
Просьяновск							
№237	4.70	19.60	24.30	18.20	5.70	-	5.4
№238	3.60	18.60	22.20	19.30	4.10	-	5.8
Ангрен							
№255	4.90	9.50	14.40	30.20	8.80	18.50	5.5
№248 обогащ.	7.00	13.40	20.40	41.50	9.60	25.60	0.3

Таблица 9. - Керамико-технологические свойства опытных масс

Наименование показателя	Массы по рецепту				
	№1	№2	№3	№3 с глиной	заводской
Усадка, %					
воздушная (110°C)	3.90	4.20	5.10	4.90	4.0
общая	17.10	19.01	22.01	21.0	19.30
огневая (1350°C)	13.21	14.81	16.91	16.11	15.30
Механическая прочность, МПа	29.89	25.01	29.11	26.80	25.90
Влажность, %	37.21	36.50	40.01	39.01	37.60
Адсорбция, мг/л	17.01	16.01	12.80	11.80	15.20
Коэффициент загустеваемости	2.21	2.80	2.10	2.40	2.30
Остаток на сите №0056, %	1.50	1.80	1.01	1.01	1.10
Водопоглощение, %	0.37	0.40	0.33	0.20	0.36

Проведённый комплексный анализ экспериментальных фарфоровых изделий в процессе обработки и проанализированные промышленными методами, показали, что их технические характеристики соответствуют общепринятым стандартам. Для оценки физических, механических и технологических свойств были подготовлены образцы каолина, приведённые в таблице 8, а также экспериментальные фарфоровые массы, основанные на них, согласно таблице 9. В процессе изготовления образцы готовили в различных формах, таких как трубки, цилиндры и плитки, согласно установленным инструкциям [12-А].

Сравнительный анализ результатов испытаний демонстрирует, что фарфоровые массы, созданные на основе местного сырьевого сырья, по ключевым эксплуатационным параметрам (прочность, термостойкость, водопоглощение) приближаются к характеристикам

традиционного фарфора, что подтверждает перспективность их промышленного использования.

ВЫВОДЫ

Основные научные результаты диссертации:

1. Выполнен комплекс физико-химических исследований по детальному изучению характеристик алюмосодержащих минералов, распространённых на территории Таджикистана. Изучены нефелин-сиениты, каолины, аргиллиты. С применением широкого спектра современных методов физико-химического анализа установлен состав основных компонентов, а также идентифицированы преобладающие минералогические фазы, характерные для каждого типа сырья [2-М,5-М,6-М,20-М,13-М,14-М,15-М,18-М,23-М].

2. Осуществлена термодинамическая проработка процессов деструкции структуры нефелин-сиенитов при воздействии различных кислотных реагентов - серной, фосфорной, соляной кислот, а также их комбинированных смесей. На основании расчётов и моделирования определена степень вероятности и термодинамическая целесообразность протекания реакций разложения минеральной матрицы [4-М,21-М,7-М,8-М,17-М].

3. Выполнен стехиометрический расчет обработки нефелиновых сиенитов с использованием смеси серной и азотной кислот. Проведен расчет материального баланса при разложении нефелиновых сиенитов в кислой среде [8-М,9-М].

4. В рамках изучения процессов деструкции алюмосиликатных руд с применением азотной кислоты были установлены оптимальные параметры технологической обработки исходного минерального сырья. Наиболее эффективное разложение достигается при предварительной термической активации (прокалке) в интервале температур 500–600°C, с последующим кислотным воздействием в течение 1,5 часов при температуре 95–98°C, измельчение руды до фракции менее 0,1 мм, раствор азотной кислоты с концентрацией 45% [5-М].

5. Проведён анализ эффективности разложения алюмосодержащих руд Таджикистана с применением фосфорной кислоты. Установлено, что для выделения оксида железа необходима прокалка сырья и обработка 30%-ной фосфорной кислотой при температуре 95-98°C [17-М,18-М,19-М].

6. Изучен кинетический процесс разложения нефелиновых сиенитов фосфорной кислотой. Результаты показали, что процесс извлечения оксида железа протекает ближе к кинетической зоне и смешанной зоне, тогда как извлечение оксида алюминия происходит в диффузионной зоне [1-М,3-М,21-М].

7. Найдены оптимальные параметры технологического процесса. Изучено получение шлаков из глинозёмсодержащих руд: водная и кислотная обработка после плавления с CaCl_2 [22-М,24-М,25-М].

8. В результате химической переработки нефелин-сиенитов с использованием смеси соляной и серной кислот были синтезированы высокоэффективные коагулирующие реагенты, предназначенные для очистки водных сред от загрязняющих примесей. Разработан инновационный состав коагулянта, включающий комплекс хлоридных и сульфатных соединений алюминия и железа [6-М,10-М,11-М].

9. Успешно реализована технология получения фосфатного шлама, пригодного для дальнейшего использования в производственных целях. В ходе исследований также были получены различные типы фарфора, что подтверждает высокий потенциал дальнейшего изучения и промышленного освоения глинозёмсодержащих руд региона [12-М,16-М].

Рекомендации по практическому использованию результатов:

- рекомендована инновационная методика переработки алюмосиликатных пород, характерных для геологических условий Таджикистана, с целью получения широкого спектра полезных продуктов - соединений алюминия и железа, коагулирующих агентов;
- предложенная технологическая схема позволяет синтезировать коагулянты, обладающие комплексным составом, включающим алюминий и железистые ионы, а также

сульфатные и хлоридные группы. Такие реагенты демонстрируют высокую эффективность при очистке природных и сточных вод, обеспечивая надёжное удаление механических примесей и растворённых загрязнителей;

- в рамках предложенной технологии предусмотрено рациональное использование остаточного минерального материала, остающегося после извлечения целевых компонентов. Эти остатки могут быть переработаны в сырьё для производства строительных и керамических материалов, включая фарфоровую продукцию.

- продукты, образующиеся в результате химического взаимодействия алюмосиликатных руд с фосфорной кислотой, рекомендованы к применению в аграрной отрасли в качестве многофункциональных минеральных удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, С. И. Физическая химия производства глинозёма по способу Байера / С. И. Кузнецов, В. А. Деревянкин. – М.: Metallurgizdat, 1964. – С. 320.
2. Смирнов, М. Н. Исследование свойств алюминиевых сплавов / М. Н. Смирнов, Ф. И. Цымбал // Цветные металлы. - 1962. - № 1. – С. 59-65.
3. А.с. № 196751 (СССР). Способ получения глинозёма из бокситов / М. Ф. Малышев [и др.]. - Оpubл. 1967. – № 12. – С. 19-20.
4. -Мазель, В. А. Производство глинозёма/В. А. Мазель. – М.:Metallurgizdat,1955. – 400 с.
5. Лайнер, А. И. Производство глинозёма / А. И. Лайнер. – М.: Metallurgizdat, 1961. – 350 с.
6. Совершенствование техники и технологии процессов спекания шихт, выщелачивания спёков, выпарки растворов и кальцинации в глинозёмном производстве / Н. Н. Тихонов [и др.]. – М.: Цветметинформация, 1965. – 150 с.
7. Вольпин, П. И. Материалы научно-технического совещания по совершенствованию технологии производства глинозёма / П. И. Вольпин. – М.: Цветметинформация, 1962. – С. 62-70.
8. А.с. № 194790. Способ получения алюминатных спёков из глинозёмсодержащих шихт / Ю. Г. Хавкин [и др.]. - Изобр., пром. обр. тов. знаки, 1967. - № 9. – С. 38.
9. Китлер, И. Н. Нефелины - комплексное сырьё алюминиевой промышленности / И. Н. Китлер, Ю. А. Лайнер. – М., 1962. - 237 с.
10. Ни, Л. П. Комбинированные способы переработки низкокачественного алюминиевого сырья / Л. П. Ни, В. Л. Райзман. - Алма-Ата: Наука, 1988. - 256 с.
11. Запольский, А. К. Сернокислотная переработка высококремнистого алюминиевого сырья / А. К. Запольский. - Киев: Наукова думка, 1981. - 208 с.
12. Коннов, Л. П. Нефелиновое сырьё Средней Азии: Нефелиновое сырьё / Л. П. Коннов. - М.: Наука, 1978. - С. 110-115.
13. Производство глинозёма / А. И. Лайнер, Н. И. Еремин, Ю. А. Лайнер, И. З. Певзнер. - М.: Metallургия, 1978. - 344 с.
14. Шварцман, Б. Х. Кислотные методы переработки глинозёмсодержащего сырья / Б. Х. Шварцман. - М.: Цветметинформация, 1964. - 89 с.
15. Дыбина, П. В. К вопросу очистки солянокислых растворов от железа методом экстрагирования / П. В. Дыбина // Журнал прикладной химии. – 1960. – Т. 33. - № 10. - С. 2184-2189.
16. Разработка способа получения высококонцентрированного сернокислого алюминия / Л. А. Трифонова, Ю. К. Кисиль, Г. Д. Мотовилова [и др.] // Труды Уральского научно-исследовательского химического института (УНИХИМ), 1984. - Вып. 57. - С. 125-128.
17. Запольский, А. К. Исследование и разработка серно-кислотного метода переработки высококремнистого алюминиевого сырья: дис. ... д-ра техн. наук / А. К. Запольский. – Киев, 1974. - 287 с.

18. Мирсаидов, У. М. Комплексная переработка низкокачественного алюмосодержащего сырья / У. М. Мирсаидов, Х. С. Сафиев. - Душанбе: Дониш, 1998. – 238 с.
19. Мирсаидов, У. М. Коагулянты для очистки воды из сырьевых материалов Таджикистана / У. М. Мирсаидов, Х. С. Сафиев. - Душанбе: Дониш, 2003. - 40 с.
20. Мирсаидов, У. М. Проблемы и комплексная переработка минерального сырья и отходов производства / У. М. Мирсаидов, М. Э. Исмадинов, Х. С. Сафиев. - Душанбе: Дониш, 1999. – 52 с.
21. Использование промышленных отходов при переработке алюминиевого сырья / Ш. Б. Назаров, А. К. Запольский, Х. С. Сафиев [и др.] // Комплексное использование минерального сырья. - 1992. - № 5. – С. 72-75.
22. Мирсаидов, У. М. Особенности процесса хлорного разложения бор- и алюмосиликатных руд / У. М. Мирсаидов, Э. Д. Маматов, Х. С. Сафиев. - Душанбе: Дониш, 2013. – 78 с.
23. Мирсаидов, У. М. Комплексная переработка аргиллитов и каолиновых глин / У. М. Мирсаидов, Д. Х. Мирзоев, Х. Э. Бобоев. – Душанбе: Дониш, 2016. – 92 с.
24. Мирсаидов, У. М. Комплексная переработка бор- и алюмосиликатных руд Таджикистана / У. М. Мирсаидов, Э. Д. Маматов. – Душанбе: Дониш, 2013. – 116 с.
25. Назаров, Ш. Б. Селективные методы разложения высококремнистых алюминиевых руд минеральными кислотами / Ш. Б. Назаров, Х. С. Сафиев, У. М. Мирсаидов. – Душанбе: Дониш, 2018. – 237 с.
26. Назаров, Ш. Б. Исследование двухстадийного разложения нефелиновых сиенитов серной и соляной кислотами: дис. ... канд. хим. наук / Ш. Б. Назаров. - Душанбе, 1993. - 112 с.
27. Мирзоев, Б. Химико-технологические процессы комплексной переработки глинозёмсодержащего сырья Таджикистана: дис. ... д-ра техн. наук / Б. Мирзоев. – Душанбе, 2021. - С. 238.
28. Бобоев, Х. Э. Кислотное разложение каолиновых глин и силлитов: автореф. дис. ... канд. хим. наук / Х. Э. Бобоев. - Душанбе, 1996. - 23 с.
29. Маджидов, Т. С. Физико-химические и технологические основы переработки алюмосиликатных руд для получения фарфорового сырья: дис. ... канд. техн. наук / Т. С. Маджидов. – Душанбе, 2015. - С. 107.
30. Тураев, С. С. Физико-химические и технологические основы комплексной переработки алюмокальцийфторсодержащего сырья Таджикистана: дис. ... канд. техн. наук / С. С. Тураев. – Душанбе, 2010.
31. Азотнокислотное разложение аргиллитов месторождения Зидды Республики Таджикистан / Д. Х. Мирзоев, М. М. Худойкулов, А. М. Каюмов, У. М. Мирсаидов / Доклады АН Республики Таджикистан. – 2012. - Т. 55. - № 2. – С. 141-144.
32. Кинетика сернокислотного разложения аргиллитов месторождения Чашма-Санг / Д. Х. Мирзоев, Х. Э. Бобоев, М. С. Пулатов, У. М. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2005. – Т. 48. - № 11-12. - С. 60-63.
33. Кинетика солянокислотного разложения аргиллитов месторождения Чашма-Санг / Д. Х. Мирзоев, А. М. Каюмов, М. Х. Мирзоев [и др.] // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2012. - Т. 55. - № 4. - С. 317-321.
34. Азотнокислотное разложение аргиллитов месторождения Чашма-Санг Таджикистана / А. М. Каюмов, Д. Х. Мирзоев, У. А. Турсунов, А. М. Баротов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2015. - № 2 (159). - С. 17-20.
35. Каюмов, А. М. Кинетика азотнокислотного разложения аргиллитов месторождения Чашма-Санг / А. М. Каюмов, Д. Х. Мирзоев, А. М. Баротов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2015. - № 2 (159). - С. 47-52.

36. Солянокислотное разложение минералов нефелинового сиенита Турпи / Х. Сафиев, Б. Мирзоев, К. Рахимов, У. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 1995. - Т. 38. - № 5-6. - С. 52-57.

37. Ахмадов, А. Ш. Физико-химические и технологические основы получения смешанных коагулянтов из алюмосиликатных руд Таджикистана: Дис. ... канд. техн. наук / А. Ш. Ахмадов. – Душанбе, 2018.

Список научных публикаций соискателя по теме диссертации
Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях,
рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

1-А. **Холматов, Т. Б.** Кинетика разложения нефелиновых сиенитов месторождения Турпи смешанными минеральными кислотами / Н. М. Джамолов, Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, А. М. Каюмов, У. М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. – 2022. – Т. 65. - № 11-12. – С. 788-791.

2-А. **Холматов, Т. Б.** Физико-химические основы разложения алюмосиликатных руд Таджикистана фосфорной кислотой / Т. Б. Холматов, Д. Х. Мирзоев, Ф. А. Назаров, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. – 2023. – Т. 66. - № 1-2. – С. 89-92.

3-А. **Холматов, Т. Б.** Кинетические аспекты разложения нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана с фосфорной кислотой / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Н. М. Джамолов, А. М. Каюмов, С. Ш. Иброхимова, Б. Я. Юсупов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2023. - № 1 (190). - С. 59-63.

4-А. **Холматов, Т. Б.** Термодинамическая оценка разложения нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана смесью минеральных кислот / Д. Х. Мирзоев, Н. М. Джамолов, Ш. Д. Отаев, Т. Б. Холматов, С. Ш. Иброхимова, Б. Я. Юсупов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2023. - № 2 (191). - С. 59-63.

5-А. **Холматов, Т. Б.** Азотнокислотное разложение алюмосиликатных руд Таджикистана / Д. Х. Мирзоев, А. М. Каюмов, Т. Б. Холматов, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2023. - № 2 (191). - С. 54-58.

6-А. **Холматов, Т. Б.** Комплексная переработка нефелиновых сиенитов с получением коагулянтов и жидкого стекла / М. М. Тагоев, К. И. Нематуллоев, А. М. Исоев, Т. Б. Холматов, Д. Х. Мирзоев // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2023. - № 3 (192). - С. 80-85.

7-А. **Холматов, Т. Б.** Термодинамический анализ процессов, протекающих при спекание каолиновых глин месторождения Чашма-Санг с гидроксидом натрия и с последующим азотнокислотным разложением / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Ш. Д. Отаев, У. М. Мирсаидов // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2023. - № 2-1 (108). – С. 108-111.

8-А. **Холматов, Т. Б.** Термодинамический анализ и расчёт кинетики процессов, протекающих при разложении нефелиновых сиенитов Турпи смесью серной и азотной кислот / Д. Х. Мирзоев, Н. М. Джамолов, Б. Я. Юсупов, Т. Б. Холматов, И. М. Рахимов // Вестник Таджикского национального университета. -2023. - № 4. – С. 213-222.

9-А. **Холматов, Т. Б.** Термодинамическая оценка процессов разложения каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана минеральными кислотами и уксусной кислотой / И. М. Рахимов, Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, А. М. Исоев М. М. Тагоев // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2024. - № 1 (194). - С 81-85.

10-А. **Холматов, Т. Б.** Коагулирующая способность смешанных хлор-сульфатных коагулянтов на основе алюминия и железа / Т. Б. Холматов, С. К. Кодирзода, И. М. Рахимов, Ш. Р. Каримова, А. М. Мунавваров // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2024. - № 1 (194). - С. 58-63.

11-А. **Холматов, Т. Б.** Получение коагулянта для очистки вод разложением нефелиновых сиенитов смесью соляной и серной кислот / Т. Б. Холматов, И. М. Рахимов, Х. Р. Рахмонов, С.

К. Кодирзода, Р. А. Рахимов // Известия НАН Таджикистана. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. - 2024. - № 2 (195). - С. 111-117.

12-А. **Холматов, Т. Б.** Получение сырьевых материалов для производства фарфора из алюмосиликатных руд / Т. Б. Холматов, К. А. Рахимов, М. М. Тагоев, С. К. Кодирзода, У. М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. – 2024. – Т. 66. - № 11-12. – С. 690-694.

13-А. **Холматов, Т. Б.** Ба даст овардани хлориди алюминий аз конҳои алюмосиликати Тоҷикистон / А. П. Тагаев, Р. Қ. Акрамзода, Т. Б. Холматов, М. М. Тагоев, А. С. Давлатов, П. М. Ятимов // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 59-62.

14-А. **Холматов, Т. Б.** Ҳосилкунии сулфати алюминий аз конҳои алюмосиликати Тоҷикистон / Х. Р. Раҳмонов, Қ. А. Солиев, Т. Б. Холматов, М. М. Тагоев, К. И. Изатуллозода, Д. О. Давлатов // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 63-66.

15-А. **Холматов, Т. Б.** Асосҳои физико химиявии ҳосил намудани фосфати алюминий аз маъданҳои алюмосиликати Тоҷикистон / Т. Б. Холматов, Д. Х. Мирзоев, У. Х. Усмонова, Н. А. Ашурзода, А. С. Давлатов, // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 70-72.

16-А. **Холматов, Т. Б.** Хусусиятҳои ба даст овардани маҳсулоти фарфорӣ / Т. Б. Холматов, Қ. А. Раҳимов, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов, С. М. Гафорзода // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 72-74.

Публикации в материалах конференций:

17-А. **Холматов, Т. Б.** Термодинамический анализ процессов, протекающих при разложении нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана фосфорной кислотой / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Н. М. Джамолов, Ш. Д. Отаев // XVII Нумановские чтения «Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI веке». – Душанбе, 2022. – С. 48-50.

18-А. **Холматов, Т. Б.** Фосфорнокислотное разложение нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Н. М. Джамолов, У. М. Мирсаидов // XVII Нумановские чтения «Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI веке». – Душанбе, 2022. – С. 52-56.

19-А. **Холматов, Т. Б.** Изучение кинетических параметров нефелиновых сиенитов месторождения Турпи с фосфорной кислотой / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов // Международная научно-практическая конференция «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий» в рамках 36-го заседания Совета международной ассоциации Академий наук. – Душанбе, 2022. – С. 93-96.

20-А. **Холматов, Т. Б.** Физико-химические основы переработки нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана минеральными кислотами / Д. Х. Мирзоев, Н. М. Джамолов, Т. Б. Холматов, У. М. Мирсаидов // Журнал «Международный научно-практический» ОФ “Международный научно-исследовательский центр “Endless Light in Science”. - 2023. - № 1-1. – С. 546-551.

21-А. **Холматов, Т. Б.** Расчёт кинетических параметров и термодинамических характеристик разложения нефелиновых сиенитов месторождения Турпи Таджикистана фосфорной кислотой / Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, Ш. Д. Отаев, У. М. Мирсаидов // Журнал «Международный научно-практический» ОФ “Международный научно-исследовательский центр “Endless Light in Science”. -2023. - № 3-3. – С. 249-254.

22-А. **Холматов, Т. Б.** Получение глинозёма и оксида железа из алюмосиликатных руд спеканием с CaCl_2 / С. М. Гафорзода, Х. Э. Пулатов, Д. Х. Мирзоев, А. М. Исов, Т. Б. Холматов // XVII Нумановские чтения «Развитие современной химии и её теоретические и практические аспекты». – Душанбе, 2023. – С. 50-53.

23-А. **Холматов, Т. Б.** Оценка процессов разложения каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана минеральными кислотами и уксусной кислотой / М. М. Тагоев, И. М. Рахимов, Т. Б. Холматов, А. М. Исоев, Д. Х. Мирзоев // XVII Нумановские чтения «Развитие современной химии и её теоретические и практические аспекты». – Душанбе, 2023. – С. 57-60.

24-А. **Холматов, Т. Б.** Комплексная переработка алюмосодержащих руд Таджикистана спекательным методом / У. М. Мирсаидов, Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов, С. К. Кодирзода // Международная научно-техническая конференция Института общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан, посвящённая 80-летию со дня создания АН Республики Узбекистан. – Ташкент, 2023. – С. 379-382.

25-А. **Холматов, Т. Б.** Разложение каолиновых глин месторождения Чашма-Санг с предварительной активацией руды с NaOH / Н. М. Джамолов, Х. Р. Рахимов, Т. Б. Холматов, Дж. А. Солиев // Илм аз дидгоҳи олимони ҷавон (Маҷмуаи мақолаҳои конференсияи илмӣ-амалии олимони ҷавон бахшида ба эълон гардидани соли 2024 “Соли маърифати ҳуқуқӣ”). – Душанбе, 2024. – С. 354-357.

Патенты:

26-А. **Малый патент** Республики Таджикистан № ТЈ 1489. Способ получения смешанного коагулянта из низкокачественного глинозёмсодержащего сырья / А. М. Исоев, Д. Х. Мирзоев, Т. Б. Холматов [ҳоло Холматзода, Т. Б.], С. М. Гафурзода, К. И. Негматуллоев, И. М. Рахимов, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов. - 02.10.2023.

АННОТАТСИЯИ

рисолаи илмии Холматзода Туйчи Бурихон дар мавзуи «Асосҳои физикавию химиявии коркарди маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон бо истифода аз кислотаҳои минералӣ ва усули ғудохтан, барои ба даст овардани пайвастаҳои алюминий, оҳан, коагулянтҳо ва массаҳои фарфорӣ», барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (PhD), доктор аз рӯйи ихтисоси 6D072000 – Технологияи химиявии моддаҳои ғайриорганикӣ (6D072001 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ)

Калимаҳои калидӣ: нефелинҳои сиенитӣ, гилҳои каолинӣ, ғудохтакунӣ, фарфор, кислотаи ортофосфат, таҷзиякунӣ, кинетика, тавсифоти (характеристикаҳои) термодинамикӣ, энергияи Гиббс.

Объектҳо ва усулҳои таҳқиқот, истифодаи дастгоҳ. Объекти таҳқиқот маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон мебошад, ки бо мақсади ба даст овардани коагулянтҳо барои тозакунии об ва истеҳсоли масолеҳи фарфорӣ мавриди омӯзиш қарор гирифтаанд. Таҳлили рентгенофазавӣ, дифференсиалии термикӣ ва дигар методҳои аналитикӣ дар ҳамаи зинаҳои омӯзиши хусусиятҳои физикавию химиявии ҳам маҳсулоти ибтидоӣ ва ҳам маҳсулоти ниҳоӣ васеъ истифода шудаанд. Истифодаи усулҳои нимэмпирикӣ ва ҳисобӣ, баҳодиҳии термодинамикии гузариши равандҳо муайян карда шуд. Дар ин кор усулҳои мутараққии таҳлили химиявӣ истифода шуданд: таҳлили атомӣ-адсорбсионӣ, фотометрияи шӯълавӣ, таҳлили спектралӣ. Баланси моддӣ ҳисоб карда шуд. Ба равандҳои коркарди ашё бо кислотаи ортофосфат баҳои термодинамикӣ дода шуд.

Мақсади таҳқиқот дар ин кор, таҳқиқ ва таҳияи усулҳои самаранок барои коркарди маъданҳои гилхокдор, махсусан нефелинҳои сиенитӣ ва гилҳои каолинӣ, бо истифода аз кислотаҳои минералӣ ва ғудохтан бо CaCl_2 . Инчунин омӯзиши механизм ва кинетикаи равандҳои мазкур мебошад.

Натиҷаҳои бадастомада ва нағзони илмии онҳо. Бо гузаронидани таҷрибаҳои параллелӣ ва таҳлили химиявии чандин намунаи маъданҳо мавриди омӯзиш, ки бо усулҳои физикавию химиявии таҳлил ҳамоҳанг буда ва натиҷаҳои якхела ба даст омадаанд, исбот карда шудааст. Механизмҳои равандҳои химиявӣ ҳангоми коркарди маъданҳои дорои алюминий бо истифода аз кислотаҳои минералӣ, равандҳои фаъолшавии химиявии ашёи хом, давомнокӣ, таъсири ҳарорат ва консентратсияи кислотаҳои минералӣ омӯхта шуда, барои коркарди ашёи хоми дорои алюминий бо усулҳои кислотагӣ нақшаҳои асосии технологӣ таҳия гардиданд.

Аҳамияти назариявӣ ва илмӣ-амалии таҳқиқот. Аҳамияти назариявии кор ин механизмҳои ҷудошавии маъданҳои алюминийдор дар конҳои Тоҷикистон бо истифода аз кислотаҳои ортофосфат ва нитрат таҳқиқ шуда, инчунин равандҳои ғудохтакунии маъданҳо бо хлориди калсий мебошад. Мувофиқи таҳқиқотҳои гузаронидашуда ва бо истифода аз технологияҳои самарабахш маъданҳои алюминийдори Тоҷикистон, аз ҷумла гилҳои каолинӣ ва нефелинҳои сиенитӣ, бо кислотаҳои минералӣ коркард карда шуданд.

АННОТАЦИЯ

на диссертационную работу Холматзода Туйчи Бурихон на тему: «Физико-химические основы переработки глиноземсодержащего сырья Таджикистана минеральными кислотами и спеканием с получением соединения алюминия, железа, коагулянтов и фарфоровой массы» на соискание учёной степени доктора философии (PhD), доктора по специальности 6D072000 – Химическая технология (6D072001–Технология неорганических веществ)

Ключевые слова: нефелиновые сиениты, каолиновые глины, плавление, фарфор, ортофосфорная кислота, разложение, кинетика, термодинамические характеристики, энергия Гиббса.

Объекты и методы исследования, использованная аппаратура: Объектом исследования являются алюминийсодержащие руды Таджикистана, изучаемые с целью получения коагулянтов для очистки воды и производства фарфоровых материалов. На всех этапах изучения физико-химических свойств как исходного сырья, так и конечных продуктов широко применялись рентгенофазовый анализ, дифференциальный термический анализ и другие аналитические методы. Использованы полуэмпирические и расчетные подходы для термодинамической оценки протекания процессов. В работе применялись современные методы химического анализа: атомно-адсорбционный анализ, пламенная фотометрия, спектральный анализ. Выполнен расчет материального баланса. Проведена термодинамическая оценка процессов обработки сырья ортофосфорной кислотой.

Цель исследования - разработка эффективных методов переработки глинистых руд, в частности нефелиновых сиенитов и каолиновых глин, с использованием минеральных кислот и плавления с CaCl_2 . Также изучены механизмы протекания и кинетика указанных процессов.

Полученные результаты и их новизна. Параллельные эксперименты и химический анализ множества образцов руд показали согласованность результатов, полученных с использованием различных физико-химических методов. Изучены механизмы химических процессов при кислотной обработке алюминийсодержащего сырья, активизация химических свойств исходных материалов, влияние температуры и концентрации кислот. Разработаны основные технологические схемы кислотной переработки алюминийсодержащего сырья.

Теоретическая и научно-практическая ценность работы. Теоретическая значимость работы заключается в изучении механизмов разделения алюминийсодержащих руд месторождений Таджикистана с применением ортофосфорной и азотной кислот, а также процессов плавления руд с хлоридом кальция. Согласно проведённым исследованиям, с использованием эффективных технологий алюминийсодержащие руды Таджикистана, включая каолиновые глины и нефелиновые сиениты, успешно перерабатываются с применением минеральных кислот.

ABSTRACT

for the dissertation of Kholmatzoda Tuychi Burikhon on the topic: "Physicochemical Principles of Processing Alumina-Containing Raw Materials from Tajikistan with Mineral Acids and Sintering to Obtain Aluminum, Iron, Coagulants, and Porcelain Compounds" submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the 6D072000 – Chemical technology (6D072001 – Technology of inorganic substances).

Keywords: nepheline syenites, kaolin clays, melting, porcelain, orthophosphoric acid, decomposition, kinetics, thermodynamic characteristics, Gibbs energy.

Objects and Methods of Research, Equipment Used: The object of the research is aluminum-containing ores of Tajikistan, studied with the aim of obtaining coagulants for water purification and the production of porcelain materials. At all stages of studying the physicochemical properties of both the raw materials and the final products, X-ray phase analysis, differential thermal analysis, and other analytical methods were widely used. Semi-empirical and computational approaches were applied for the thermodynamic evaluation of process progression. The study employed modern chemical analysis methods, including atomic absorption analysis, flame photometry, and spectral analysis. A material balance was calculated. A thermodynamic assessment of the processes of raw material treatment with orthophosphoric acid was carried out.

The aim of the research is to develop efficient methods for processing clay ores, particularly nepheline syenites and kaolin clays, using mineral acids and fusion with CaCl_2 . The mechanisms and kinetics of these processes were also investigated.

The results obtained and their novelty. Parallel experiments and chemical analysis of multiple ore samples demonstrated consistency in the results obtained using various physicochemical methods. The mechanisms of chemical processes during acid treatment of aluminum-containing raw materials, the activation of the chemical properties of the starting materials, and the influence of temperature and acid concentration were studied. Basic process flow charts for acid processing of aluminum-containing raw materials were developed.

Theoretical and scientific-practical significance of the work. The theoretical significance of the work lies in the study of the mechanisms of separation of aluminum-containing ores from deposits of Tajikistan using orthophosphoric and nitric acids, as well as the processes of ores fusion with calcium chloride. According to the conducted research, using efficient technologies, aluminum-containing ores of Tajikistan, including kaolin clays and nepheline syenites, are successfully processed using mineral acids.