

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

ВБД: 544+546

ТКБ: 24.5 (2Т)

Х - 71

*Бо ҳуқуқи дастнавис*



**ХОЛМАТЗОДА ТУЙЧИ БУРИХОН**

**АСОСҲОИ ФИЗИКАВИЮ ХИМИЯВИИ КОРКАРДИ МАЪДАНҲОИ**  
**АЛЮМИНИЙДОРИ ТОҶИКИСТОН БО ИСТИФОДА АЗ КИСЛОТАҲОИ**  
**МИНЕРАЛӢ ВА УСУЛИ ГУДОХТАН, БАРОИ БА ДАСТ ОВАРДАНИ**  
**ПАЙВАСТҲОИ АЛЮМИНИЙ, ОҲАН, КОАГУЛЯТҲО ВА МАССАҲОИ**  
**ФАРФОРӢ**

**ДИССЕРТАТСИЯ**

**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

Душанбе – 2025

<b>МУНДАРИЧА</b>	Саҳ.
<b>Номгӯи ихтисораҳо, аломатҳои шартӣ</b> .....	5
<b>МУҚАДДИМА</b> .....	6
<b>ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ</b> .....	8
<b>БОБИ 1. КОРКАРДИ МАЪДАНҲОИ АЛЮМИНИЙДОР</b> <i>(Шарҳи адабиёт)</i> .....	13
1.1. Принципҳои умумии коркарди маъданҳои гилхокдор.....	13
1.2. Коркарди маъданҳои алюмосиликати бо усулҳои кислотагӣ.....	25
1.3. Коркарди маъданҳои алюминийдор бо роҳи гудозиш.....	35
<b>БОБИ 2. ҚИСМИ ТАҶРИБАВӢ. МЕТОДҲОИ ТАҶРИБА, ТАҲЛИЛИ ХИМИЯВӢ, ХУСУСИЯТҲОИ ФИЗИКАВИЮ ХИМИЯВИИ МАЪДАНҲОИ АЛЮМОСИЛИКАТИИ ТОҶИКИСТОН</b> .....	40
2.1. Methodҳои таҷрибавӣ, усулҳои кор бо маъданҳои алюминийдор.....	40
2.2. Таҳлили дифференсиалии термикӣ ва марҳилаи рентгении маъданҳои алюминийдор.....	44
2.3. Арзёбии термодинамикии раванди таҷзияи маъданҳои алюмосиликати Тоҷикистон бо истифодаи кислотаҳои минералӣ.....	51
2.3.1. Таҳлили термодинамикии равандҳо ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитии Турпи бо иштироки кислотаи ортофосфат.....	52
2.3.2. Таҳлили термодинамикии равандҳо ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитии Турпи бо иштироки кислотаи сулфат.....	56
2.3.3. Таҳлили термодинамикии равандҳо ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитии Турпи бо иштироки кислотаи хлорид.....	58
2.3.4. Таҳлили термодинамикии раванди таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо истифода аз омехтаи кислотаҳои сулфат ва нитрат.....	61
2.3.5. Таҳлили термодинамикии равандҳо ҳангоми гудозиши нефелинҳои сиенитии Турпи бо иштироки хлоридҳои калсий ва натрий.....	66
2.4. Ҳисоби стехиометрии коркарди нефелинҳои сиенитии кони	

Турпи бо кислотаи фосфат.....	70
2.4.1. Ҳисоб кардани баланси моддии таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ дар раванди коркард бо кислотаи фосфат.....	72
2.4.2. Ҳисоби стехиометрии коркарди нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо омехтаи кислотаи сулфат ва нитрат.....	73
2.4.3. Ҳисоб кардани тавозуни моддии нефелинҳои сиенитии Турпӣ ҳангоми таҷзияи он бо омехтаи кислотаи сулфат ва нитрат.....	74
<b>БОБИ 3. ТАҶЗИЯИ МАЪДАНҲОИ АЛЮМИНОСИЛИКАТИИ ТОҶИКИСТОН БО КИСЛОТАҲОИ МИНЕРАЛӢ ВА БО РОҶИ ГУДОЗИШ.....</b>	
3.1. Таҷзияи маъданҳои алюмосиликатӣ бо истифода аз кислотаи нитрат.....	77
3.2. Таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпии Тоҷикистон бо кислотаи фосфат.....	80
3.2.1. Таҳлили кинетикии равандҳои таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпии Тоҷикистон бо истифода аз кислотаи фосфат.....	88
3.3. Усулҳои гудозиш барои коркарди маъданҳои алюминийдор.....	91
3.3.1. Ба даст овардани гилҳок ва оксиди оҳан аз маъданҳои алюмосиликатӣ бо роҳи гудозиш бо хлориди калсий.....	91
3.3.2. Гудозиши гилҳои каолинӣ бо хлориди калсий ва таҷзияи минбаъдаи он бо об ва кислотаи сулфат.....	94
3.3.3. Арзёбии муқоисавии коркарди маъданҳои алюмосиликатии Тоҷикистон бо усули гудозиш.....	97
3.4. Ба даст овардани коагулянт барои тоза кардани об бо роҳи таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои хлорид ва сулфат.....	98
3.4.1. Қобилияти коагулятсияи коагулянтҳои хлор-сулфати омехта дар асоси алюминий ва оҳан.....	104
3.5. Аз маъданҳои алюмосиликатӣ ба даст овардани ашёи хом барои истеҳсоли массаҳои фарфорӣ .....	108
<b>БОБИ 4. БАҶРАСӢИ НАТИҶАҲОИ ТАДҚИҚОТ.....</b>	
4.1 Баҳодиҳии имкониятҳои истифодабарии навҳои	

алоҳидаи маъданҳои алюминий.....	113
4.2. Коркарди маъданҳои алюминийдор бо усулҳои кислотагӣ ва гудозиш барои бадаст овардани маҳсулотҳои гуногун.....	115
<b>Хулосаҳо</b> .....	121
Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои тадқиқот.....	122
<b>Рӯйхати адабиётҳо</b> .....	123
интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия.....	140
<b>ЗАМИМАҲО</b> .....	146

## **Номгӯи ихтисораҳо, аломатҳои шартӣ**

ИДМ – Иттиҳоди Давлатҳои Мустиқил

ИҚШС – Иттиҳоди Ҷумҳурии Шӯравии Сотсиалистӣ

ҚСП – Ҷамъияти саҳомии пушида

ИМА – Иёлоти Муттаҳидаи Амрико

АМИТ – Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

ЭДТА – этилендиаминтетраатсетат

TGA – Таҳлили термогравиметрӣ

DTA – таҳлили дифференциалӣ

DSC – калориметрияи сканшавандаи дифференциалӣ

TG – таҳлили термогравиметрӣ

## 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 пурарзиш амалӣ карда мешавад. Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, Пешвои муаззами миллат, муҳтарам 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 ҳамаҷонибаи 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 ниҳоии тайёр, истифодаи методҳои комплекси коркарди маъдан муҳим аст.

Бо мақсади ба даст овардани ҳадди 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 самараноки 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 чудо 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  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ва  $\text{HNO}_3$  ашёи хоми пастсифатро коркард менамоянд. Усули кислотагӣ барои осон кардани марҳилаи коркарди чудокунии 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 силитсий бо истифода аз усулҳои самарабахш, инчунин таҷзияи он тавассути моддаҳои гуногуни фаъолкунанда ва ба даст овардани маҳсулоти ниҳоии 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 гудохтан бо реагентҳои гуногун ба даст омадаанд.

**Дарачаи коркарди илмӣ проблемаи мавриди омӯзиш.** Методҳои хлорронӣ ва кислотагиро ҳангоми коркарди ашёи хоми маҳаллӣ ҳанӯз аз ҷониби муҳаққиқони Институти химияи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон омӯхта шудаанд [14-18, 29-31]. Аз ҷониби муҳаққиқон хеле тадқиқотҳои зиёде нисбати ба даст овардани алюминий ва дигар пайвастагиҳои арзишманд гузаронидаанд, аммо, таҷзияи ашёи хоми дорои алюминий бо истифода аз усулҳои кислотагӣ, бо пешакӣ фаъол 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 чудокунии 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 саноатии 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 пайвастагиҳои 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 ( $HCl$ ), сульфат ( $H_2SO_4$ ) 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 фаъолгардонӣ бо  $CaCl_2$  барои ба даст овардани маҳсулоти ниҳонии 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 дорой гилхок 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 ғудохтан муайян карда шудааст.

#### **Навгониҳои илмӣ таҳқиқот:**

- механизмҳои равандҳои химиявӣ ҳангоми коркарди маъданҳои дорой алюминий бо истифода аз кислотаҳои минералӣ таҳқиқ ва муайян карда шуданд;

- равандҳои фаъолшавии химиявии ашёи хоми дорой гилхок 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 гилхокдор таҳлил ва муайян карда шуд;

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

**Аҳамияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот.** 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.

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

### **Нуқтаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:**

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

- 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 қонҳои 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 якхела 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 химиявӣю моддаҳои ғайриорганикӣ (6D072001 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ):

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

2. Равандҳои технологии (химиявӣ, физикӣ ва механикӣ) тағйирёбии таркиб, ҳолат, хосиятҳо, 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 истеҳсолии ба даст овардани маҳсулоти ғайриорганикӣ;

5. Асосҳои химиявӣ ва физикавӣю химиявии равандҳои технологӣ: таркиби химиявӣ ва хосиятҳои 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, чамъоварии 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 Нӯймонов “Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук в XXI веке” (Душанбе, 2022); Маҷмӯаи мақолаҳо ва рисолаҳои конфронси VII байналмилалӣ илмӣ-амалии “Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий” (Душанбе, 2022);

Хониши XVIII Нӯймонов “Развитие современной химии и её теоретические и практические аспекты” (Душанбе, 2023); Конфронси байналмилалӣ илмию техникӣ “Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минеральносырьевых ресурсов Узбекистана” (Тошкент 2023);

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

**Интишорот 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.

**Сохтор 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.

## **БОБИ 1. КОРКАРДИ МАЪДАНҲОИ АЛЮМИНИЙДОР**

*(Шарҳи адабиёт)*

### **1.1. Принципҳои умумии коркарди маъданҳои гилхокдор**

Дар адабиётҳои мавҷудбуда роҳҳо ва усулҳои гуногуни коркарди маъданҳои дорои алюминий мавҷуданд. Ҳамаи онҳоро ба се гурӯҳ ҷудо кардан мумкин аст: ишқорӣ, кислотагӣ ва электротермикӣ, ки истифодаи онҳо аз таркиби маъдан вобаста аст [1-6].

Усули электротермикии ҳосил намудани гилхок пешакӣ гудохтани маъданҳои алюминийро дар печҳои электрикӣ барои ҳосил намудани ферро-силитсӣ ва шлаки алюмо-калсий, ки ашёи хоми асосии истеҳсоли гилхок мебошад, дар назар дорад. Усули электротермикӣ сарфи зиёди энергияро талаб мекунад, бинобар ин дар айни замон он амалан истифода намешавад. Аммо, бо мавҷудияти энергияи арзон, тавачҷӯҳ ба он метавонад аз нав зиёд шавад [7-9].

Усули Байер (усули тар) дар соли 1889 аз ҷониби химики рус К.И Байер, патент карда шудааст. Моҳияти усул, барои ба даст овардани маҳлули алюминати натрий, ки дорои силикати ҳалшавандаи  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  аст, дар автоклав ишқоркунии боксит бо содаи каустикӣ дар ҳарорати аз 105 то 225°C ва фишори тақрибан 3 МПа мебошад. [2].

Баргараф кардани силитсӣ аз маҳлули алюминатӣ, бо роҳи пайваст кардани  $\text{SiO}_2$  ба алюмосиликати натрий ба амал меояд. Аз маҳлули ҳосилшуда гидроксидаи алюминий ҷудо мешавад.

Гидролизи алюминати натрий бо суръат бо ҷудо шудани тақшани  $\text{Al}(\text{OH})_3$  тавассути ворид кардани зарраҳо (марказҳои кристаллизатсионӣ) дар шакли  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -и нав ва омехтаи пуршиддати система дар декомпониторҳо (амалиёти печубӣ) ҳосил мешавад. Сипас, гидроксидаи алюминийи ҷудошуда калсийронӣ карда мешавад.



Бо усули Байер, бокситҳои дорои оксидҳои оҳан ва титанро ба осонӣ коркард кардан мумкин аст, зеро охири зарраҳои амалан ҳалнашуда дар маҳлулҳои ишқорӣ ва ҳангоми илова намудани маҳлул ба таври миқдорӣ тақшин мешавад [2-10].

Боксит, ки дорои миқдори нисбатан баланди силитсӣ мебошад, тавассути гудохтакунии коркард карда ва оҳаксанг ба омехтаи реаксия барои пайваст кардани он ворид карда мешавад.

Моҳияти усул аз он иборат аст, ки маъданҳои алюминийдорро бо сода ё оҳаксанг дар печҳои даврзананда гудохта мекунанд. Дар натиҷа қатрон хунук карда шуда ва бо об шӯста, ишқорронӣ карда мешавад. Алюминиати натрий ба

маҳлул мегузарад ва дар такшин кремнезём, оксиди оҳан ва титанати калсий мемонад. Як қисми ками кремнезём, ки ҳангоми гудохтакунӣ силикати натрии ҳалшаванда ҳосил мешавад, пас аз ишқорронӣ ва ҷудокунии силикатҳо ҷудо намешавад, ҳангоми дар автоклавҳо гарм кардан бо шири оҳак аз маҳлул тоза карда мешавад [11-13].

Дар автоклавҳо дар ҳарорат ва фишори баланд аз алюмосиликати калсийи ҳалнашаванда ва алюмосиликати натрийи камҳалшаванда лойи сафед ба вучуд меояд. Глинозём аз маҳлули тозашудаи алюминати натрий тавассути карбонизатсия бо гази карбон гирифта мешавад. Дар вақти карбонизатсия такшини  $Al(OH)_3$  ва маҳлули сода ба вучуд меояд, ки баъди бухоршавӣ ба давра бармегардад. Ҳангоми татбиқи усули гудохтакунӣ реаксияҳои асосии зерин ба амал меоянд:

1. Гудохтакунӣ:

- $Al_2O_3 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaAlO_2 + CO_2$
- $SiO_2 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SiO_3 + CO_2$
- $Fe_2O_3 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaFeO_2 + CO_2$
- $2Na_2SiO_3 + 2Al_2O_3 \rightarrow Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2NaAlO_2$
- $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2CaO \rightarrow 2CaSiO_3 + 2NaAlO_2$

2. Ишқорронӣ ва маҳлулгардонӣ:

- $NaFeO_2 + 2H_2O \rightarrow NaOH + Fe(OH)_3$

3. Бартараф кардани пасмондаҳои  $SiO_2$ :

- $2Na_2SiO_3 + 2NaAlO_2 + Ca(OH)_2 + 4H_2O \rightarrow$   
 $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + 6NaOH$

4. Карбонизатсия:

- $2NaAlO_2 + CO_2 + 3H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + Na_2CO_3$

5. Калсиронӣ:

- $2Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$

Имкониятҳо оиди коркард намудани маъданҳои алюмосиликати силитсӣ зиёд дошта дар натиҷаи якҷоя намудани ин ду усул фароҳам меояд, ки

на танҳо коркарди маъдан, балки содаи каустикиро метавонем бо карбонати натрийи арзонтар иваз намоем. Усули омехта, инчунин барои коркарди ҳамзамон маъданҳои алюмосиликати силитсийашон кам ва зиёд, инчунин барои бартараф кардани раванди каустикизатсияи сода, ки ҳангоми гудохташавӣ ба кор мебаранд, истифода мешавад. [14-16].

Мақсади асосии коркарди нефелин ҷудо кардани  $Al_2O_3$  аз кислотаи силикат ва ишқорҳо мебошад. Ҳангоми коркарди нефелинҳо одатан се маҳсулот ба даст оварда мешаванд: гилхок, поташ (ё сода) ва лойи оҳак-силитсий, ки барои истеҳсоли портланд-семент истифода мешаванд. Коркарди нефелин ба коркарди боксит, ки тавассути гудохтакунии ба амал меояд, монанд аст. Усулҳои гидрохимиявии коркарди нефелинҳо низ пешниҳод шудаанд [14].

Коркарди алуניתҳо бо роҳи барқароркунии - ишқорӣ дар печҳои дорои қабатҳои чушон амалӣ карда мешавад. Хусусияти асосии ин усул харобшавӣ ва барқароршавии сузиши алуניתҳо мебошад. Дар ин ҳолат ба маҳлул алюминати натрий ва сульфатҳои металлҳои ишқорӣ мегузаранд: маҳлул бухор мешавад ва сульфатҳои металлҳои ишқорӣ такшин мешаванд. Маҳлули алюминати натрий минбаъд аз рӯи усули Байер коркард карда мешавад [17].

Дар Тоҷикистон мавҷуд будани кони калони нефелинҳои сиенитии Турпи, ин ашёи хом барои саноати химия, металлургияи ранга ва истеҳсоли масолеҳи сохтумонӣ мебошад.

Минералҳои чинсҳосилкунанда инҳо мебошанд:

- асосӣ – албит, лепидомелан, микроклин, амфибол, ва нефелин;
- дуҷумдараҷа – содалит, либенерит, кайкринит;
- иловагӣ – апатит, ортит, флюорит, сфен, эпидот ва сиркон.

Таркиби маъданҳои мақсаднок тағйир меёбад, аммо бартариҳои шпати даштӣ доимӣ боқӣ мемонад [18].

Дар таркиби маъданҳои мавриди назар, бартариҳои шпати даштӣ (микроклин, микропертит, албит) бо миқдори 50-51% маълум аст, дар ҳоле ки нефелин 20-26%, лепидомелан 5-18%, калсит 3-7%, ва канкринит 3-7% ташкил медиҳад [18].

Таркиби химиявӣ ин маъданҳо аз 4,5%-6,5%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 21,5%-22,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 2,5%-3,5%  $\text{CaO}$ ; 6,6%-7,7%  $\text{K}_2\text{O}$ ; 5,5%-6,5%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 53,0%-54,0%  $\text{SiO}_2$  ва дигар омехтаҳо хосанд. Ҳамин тавр, нефелинҳои сиенитӣ таркиби мураккаб доранд ва дар таркибашон бисёр элементҳои пурқиммати химиявӣ мавҷуданд.

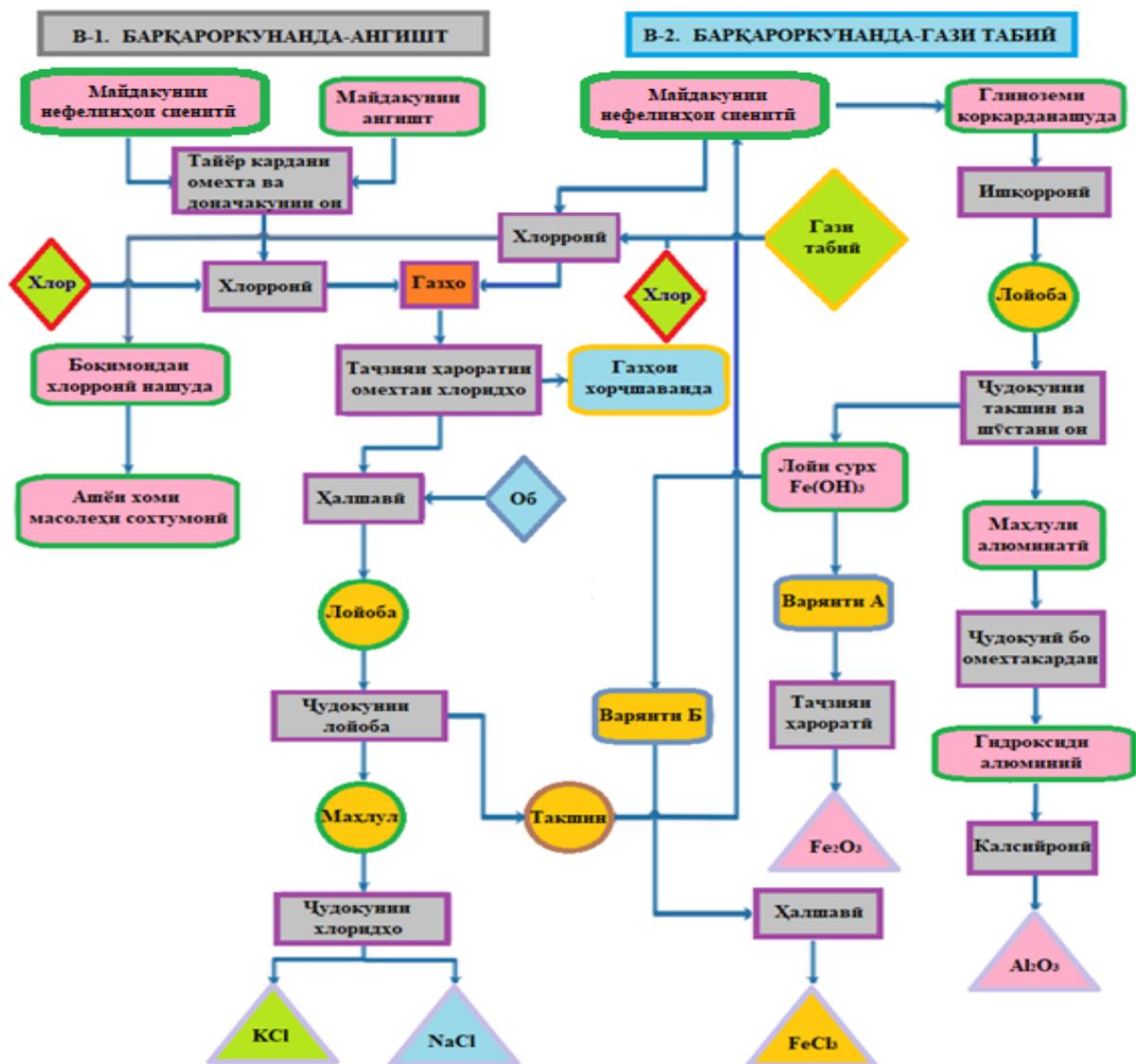
Муаллифони корҳои [14, 18, 19] нақшаи асосии технологияи коркарди комплекси нефелинҳои сиенитиро тартиб додаанд.

Дар корҳои [18, 19] бо усулҳои хлорронӣ ва кислотагӣ бо истифода аз кислотаи хлорид, коркардани нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ оварда шудааст. Мақсади истифодаи ин ду усул ба даст овардани қисмҳои таркибии маъан ва ҷудокунии онҳо ба маҳсулоди ҷудоғона мебошад.

Моҳияти ҳарду усул аз он иборат аст, ки омехтаи хлоридҳо ва ҷузъҳои таркибии онро ба даст оварда, ба маҳсулоти алоҳида ҷудо карда шаванд [18, 19].

Дар расми 1.1 ду варианти усули хлорронии нефелинҳои сиенитӣ дар шакли нақшаи технологӣ оварда шудааст. Дар варианти якум ҳамчун барқароркунанда ангишт истифода бурда шудааст. Омехтае, ки аз маъдани пешаки майдакардашуда ва хокаи ангишт иборат аст, дар шароити оптималӣ ба заррачаҳо ҷудо карда шудааст [18, 19].

Дар варианти дуюм, гази табиӣ ҳамчун барқароркунанда интихоб шудааст, ки бо истифода аз он раванди хлорронӣ соддатар ва самараноктар амалӣ мешавад. Раванди хлорронӣ бо мақсади тақвият додани реаксияҳои химиявӣ ва ҳосил намудани маҳсулоти зарурӣ истифода мешавад. Вариантҳои амалиётии раванди хлорронӣ, ки боз дар ду шакл анҷом мешаванд, ба он имкон медиҳанд, ки раванди хлорронӣ бештар миқдор ва сифати беҳтарро таъмин намояд, ки дар манбаъҳои адабӣ, аз ҷумла манбаъҳои [14, 18] ба он ишора шудааст.



**Расми 1.1.** - Нақшаи технологии коркарди комплекси нефелинҳои сиенитї бо усули хлорронї: а) маъдани дар таносуби муайян карбонизатсияшуда: ангишт ва хлоронидани омехта; б) хлоронидан дар як вақт додани хлор ва газї табїї бо нисбати молї дар шароити оптималии  $CH_4:Cl_2=1:(2-4)$

Мувофиқи пешниҳодҳо, ки дар адабиёти [18, 19] оварда шудааст, омехтаи хлоридҳои алюминий, оҳан ва калий бо роҳи интихобии чудо кардан коркард мешаванд.

Самаранокии ин усул дар он аст, ки таносуби вазнии хлоридҳои ғашдор ва хлориди алюминий дар омехта бояд ҳатман мувофиқи як таносуби қатъї, ки ба  $(0,1-0,8):1$  баробар аст, нигоҳ дошта шавад. Агар таносуби хлоридҳои металлҳои

ишқорӣ ва ишқорзаминӣ нисбат ба хлориди алюминий камтар аз 0,1:1 бошад, як маводе бо номи бемит, ки як навъи оксиди алюминий мебошад ва дар маҳлули ишқорҳо ҳалнашаванда аст, ҳосил мегардад. Вале агар миқдори  $AlCl_3$  дар омехта ба (0,8:1) нисбат ба хлоридҳои металлҳои ишқорӣ ва ишқорзаминӣ зиёд бошад, глинозёми сиёҳ дар маҳлул ҳал мешавад. Дар ин ҳолат, ба монанди раванди хлорронӣ, чараёни массаи нақша зиёд шуда, ҳаҷми маҳлулҳои обӣ меафзояд. Ин ба таври мустақим бо беҳтар шудани нишондиҳандаҳои иқтисодии раванд, аз ҷумла самаранокии ҷудо кардани моддаҳо, таъсир мекунад [18, 19].

Дар натиҷаи коркарди нефелинҳои сиенитӣ омехтаи хлоридҳои алюминий, оҳан, натрий, калий, калсий ба даст омада, вобаста ба таносуби вазнӣ ба (0,4-0,7):1 нишондиҳанда баробар мешаванд.

Дар ҳарорати 300-350°C омехтаи хлоридҳои ба даст омада ба ҷудошавӣ шурӯъ мекунанд. Бо истифодаи оби тактиршуда, глинозёми дар натиҷаи раванд ҳосилшударо ишқорронӣ намуда, тақшини ҳосилшударо аз маҳлул ҷудо менамоянд (расми 1.1). Тақшини мазкурро бо маҳлули пешакӣ омоданамудаи бо консентратсияи 260 г/л гидроксиди натрий дар муддати ду соат ва ҳарорати 60°C омехта намуда, коркард мекунанд. Ишқорро барои гирифтани маҳлули дорои модули каустукии 1,7-и алюминатӣ ба миқдори зарурӣ истифода мекунанд. Ин раванд барои ба даст овардани алюминатҳои натрийи тоза, ки дар истеҳсоли алюминий ва дигар маҳсулоти химиявӣ истифода мешаванд, муҳим аст. Модули каустукии алюминатӣ ба сифати аломат барои самаранокии коркарди ашёи хом хизмат мекунад ва миқдори он бояд мувофиқи талаботи технологӣ дар ҳар як марҳила назорат карда шавад. Маҳсулнокии ба даст омадани гилҳок дар маҳлули ҳосилшуда, ба 99% баробар аст. Маҳлули алюминатӣ, ки дар натиҷаи равандҳои печ дар печ ҷудо карда шудааст, минбаъд аз рӯи нақшаи соддакардашудаи Байер коркард карда мешавад [18, 19].

Дар натиҷаи калсийронӣ намудани тақшини гидроксиди алюминие, ки дар натиҷаи коркард кардани маҳлул ҳосилшудааст, гилҳои металлургии стандартӣ ба даст оварда мешавад. Дар натиҷаи коркард, тақшини гидроксиди алюминий бо ишқори илованамуда ба маҳлул гузашта, боз тақшини дигар ҳосил мешавад [18,

19]. Омехтае, ки пас аз ишқорронӣ ҳосил мешавад, асосан аз гидроксиди оҳан (III) иборат аст. Аз ин омехта метавон бо истифода аз кислотаи хлорид, хлориди оҳан (III) (ҳамчун коагулянт шинохта ва истифода бурда мешавад) ҳосил намуд ва ё дар натиҷаи таъсири гармӣ таҷзия намуда оксид (ҳамчун пигменти оксиди оҳани сурх истифода мешавад) ба даст овард. Маҳлуле, ки пас аз шусташавӣ бо об ба даст меояд, омехтаи хлориди калий ва натрий мебошад, ки бо усулҳои маълум ба намакҳои мувофиқ ҷудо карда мешавад. Боқимондае, ки дар натиҷаи коркарди хлорронӣ иштирок намекунад, метавонад барои истеҳсоли масолеҳи сохтумонӣ истифода шавад, ки як роҳи самарабахш барои ба кор бурдани маводи боқимонда мебошад [18, 19].

Дар раванди коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо усули хлорронӣ якҷанд камбудихо ба назар мерасанд. Яке аз ин камбудихо мавҷудияти массаи реаксия аст, ки барои анҷом додани раванди хлорронӣ зарур аст. Ба ин маъно, барои ба даст овардани суръати кофии коркарди хлорронӣ, равандро бояд дар ҳарорати баланд гузаронем [56]. Ин дар навбати худ талаб мекунад, ки барои иҷрои раванд масолеҳи махсуси тобовар ба гармӣ ва зангзанӣ истифода шавад, ки метавонанд истеҳсоли технологияи хлорронӣ барои ашёи хоми дар ҳарорати баланд коркардшударо душвор кунанд. Хлориди ҳосилшуда одатан бо маҳсулоти газӣ бо ҳам таъсири бо оксигени оксид ҳал карда мешавад. Ба мушкилоти номбаршуда инчунин мушкилоти марбут ба мавҷудияти ифлосҳои бегона дар ашёи хом илова карда мешаванд. Гази хлор захрнок мебошад. Тадбирҳои иловагии бехатарии ҷимояи истеҳсолотро боз ҳам зиёд мекунад. Баъзе аз ин камбудихо бо усули коркарди кислотаи хлоридӣ бартароф карда мешаванд.

Дар расми 1.2 нақшаи принципиалӣ-технологии коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз кислота нишон дода шудааст. Якҷанд марҳилаҳои асосии ин усул, таҷзия намудан, ҷудокунии лойоба, бухоркунии, кристаллизатсия намудани омехтаи хлоридҳо ва ғайра, ки дар расми 1.1 бо нақшаи технологӣ нишон дода шудааст, мебошанд. Дар натиҷаи коркарди кислотагии ашёи хом бо истифода аз кислотаҳои минералӣ, ҷудошавии оҳан тақрибан пурра ва гилҳои дар таркиби маъдан буда 50% ҳосил карда мешавад. Як қисми дигари маъдан, ки



ҳалнашаванда мебошад, ин омехтаи минералҳои шпати даштӣ ва кремнезёми озод мебошад ва барои ба даст овардани фарфор ашёи хоми босифат мебошад. Маҳлуле, ки дар натиҷаи таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи хлорид ба сифати коагулянт озмуда шудааст ва омехтаи алюминий ва оҳан дорад, аз ҷиҳати коагулятсияи худ аз сулфати алюминий бартарӣ дорад.

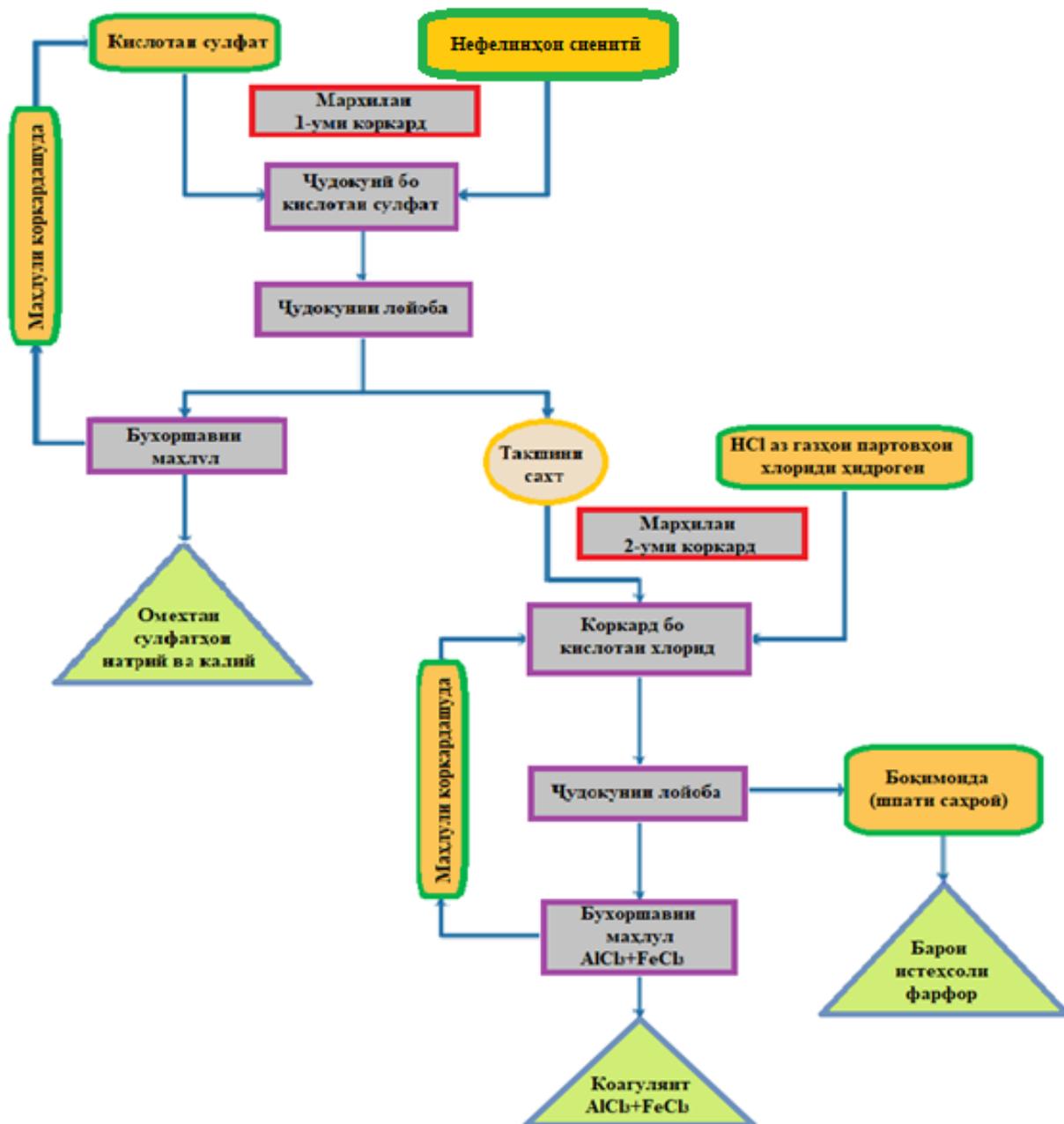
Дар шароити давлати мо истифода бурдани технологияи коркарди нефелинҳои сиенитӣ самарани калони иқтисодӣ дода метавонад. Тақшине, ки пас аз коркарди кислота ба даст омадааст, дар корхонаи фарфори Турсунзода, ки айни замон бо ашёи хоми воридотӣ фаъолият мекунад, ҳамчун ашёи хом бомуваффақият санчида шудааст [16, 18].

Вобаста ба мавҷуд будани конҳо дар Тоҷикистон ва бунёди корхонаҳои саноатии дар боло зикркардашуда, ки дар як ҳудуди комплексӣ қарор доранд, ҷалб намудани коркарди саноатии нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ метавонад хароҷоти интиқоли гилхок, нуриҳои калийгӣ ва маводи шпати даштӣ аз кишварҳои ИДМ ба Тоҷикистонро кам кунад [18].

Дар қори [17] усули думарҳилагӣ ва коркарди кислотагии нефелинҳои сиенитӣ таҳия шудааст ва нақшаи чараёни коркарди он дар расми 1.3 нишон дода шудааст. Усул аз давраҳои асосии зерин иборат аст: таҷзиякунии нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз кислотаи сулфат, филтратсия намудани лойоба ва ҷудокунии маҳлулҳои  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ва  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , ҳосилкунии омехтаи хлориди алюминий ва оҳан аз боқимондаи саҳти ба даст омада бо истифода аз кислотаи хлорид, инчунин масолеҳи шпати даштӣ.

Намунаи коркарди комплекси нефелинҳои сиенитӣ инчунин истехсоли интиҳобии ҷузъҳои он тавассути фаъолсозии термохимиявӣ мебошад [17].

Маҳлулҳои кислотаи хлоридӣ, ки ҳангоми коркарди ашёи хоми дорои алюминий ба даст омадаанд, бо истифода аз технологияи дар расми 1.4 нишон додашуда ба гилхок коркард мешаванд.

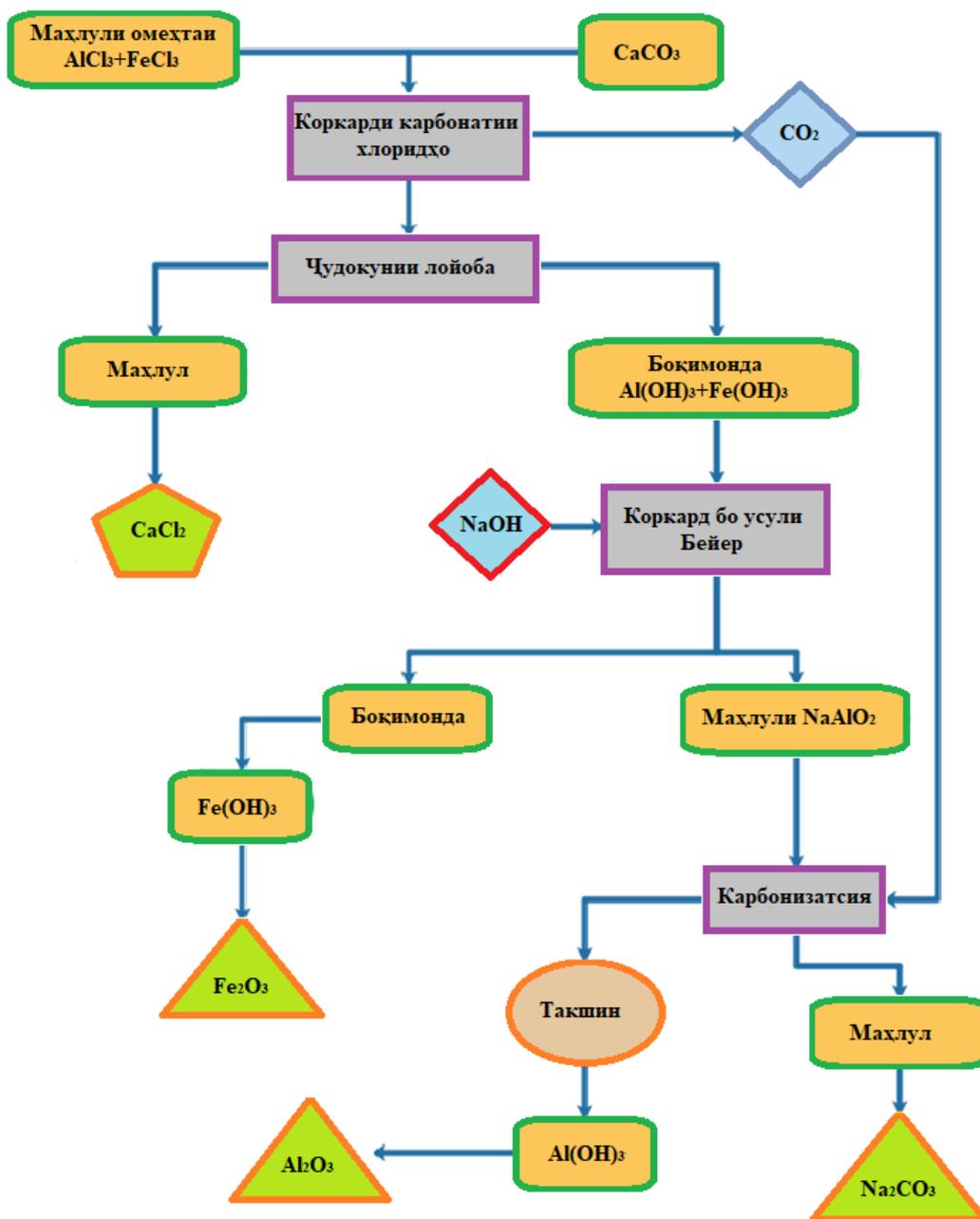


**Расми 1.3.** - Нақшаи технологии коркарди думарҳилавӣ ва кислотагии нефелинҳои сиенитӣ

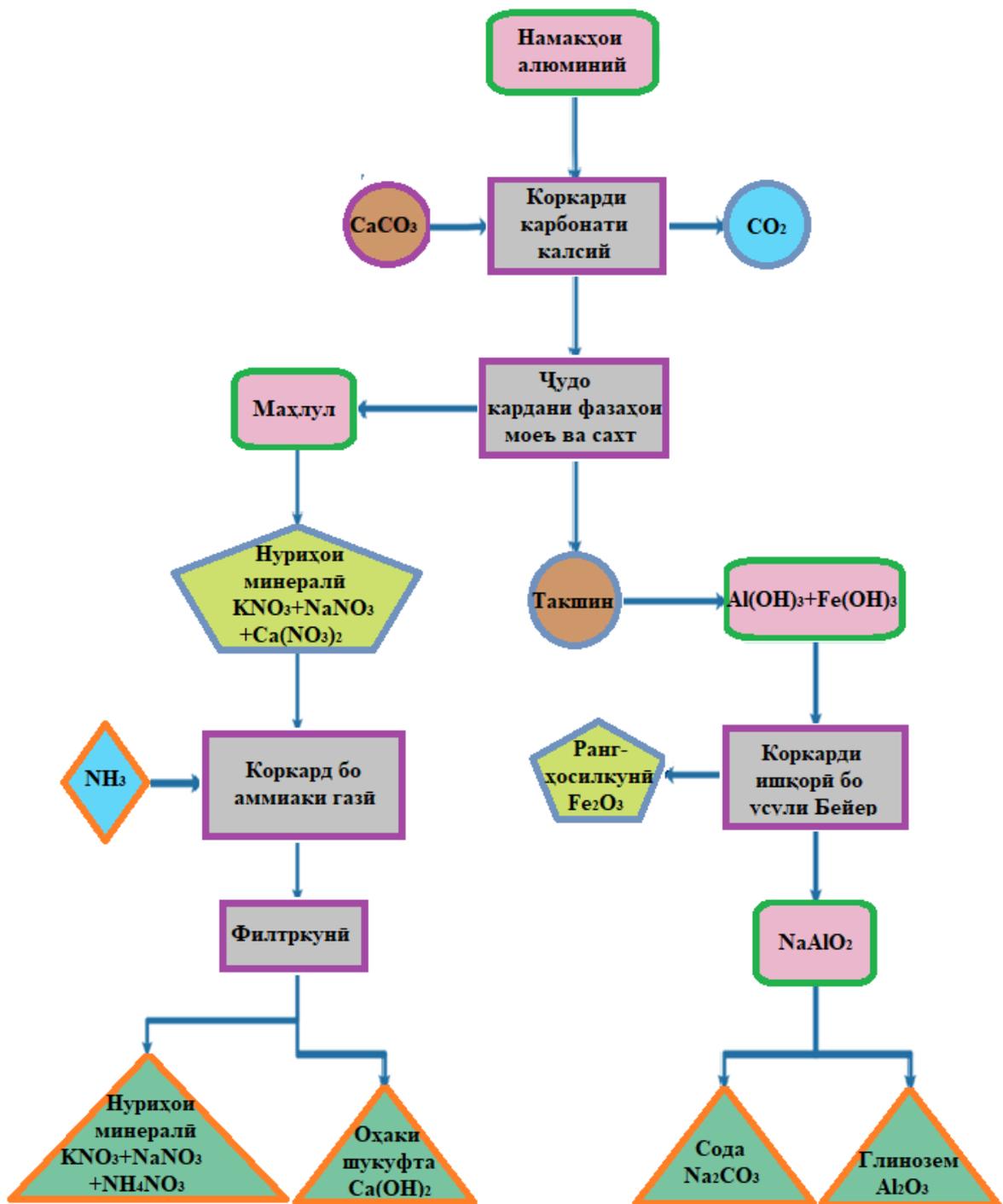
Вобаста ба маълумотҳое, ки дар адабиёти [16] оварда шудааст, нақшаи технологии коркарди нефелинҳои сиенитӣ ва гудохтакунӣ бо истифода аз хлориди калсий, инчунин бо иловакунии карбонати калсий барои ба даст овардани гилҳок аз хлоридҳои оҳан ва алюминий таҳия карда шудааст.

Муаллифи [17] таҷзияи думарҳилаи нефелинҳои сиенитиро бо кислотаҳои нитрат ва хлорид пешниҳод кардааст. Нақшаи асосии технологии ҳосил намудани

гилхок аз намаки нитрати алюминий бо истифодаи карбонати калсий дар расми 1.5 нишон дода шудааст.



Расми 1.4. - Нақшаи технологии аз омехтаи хлоридҳои алюминий ва оҳан ба даст овардани гилхок



**Расми 1.5.** - Нақшаи технология аз намаки нитрати алюминий ба даст овардани ГИЛХОК

Ин технология имкон медихад, ки дар баробари гилхок пигментҳои оксиди оҳан, сода, оҳак ва нуриҳои нитрогенӣ истехсол карда шаванд.

## 1.2. Коркард намудани маъданҳои алюмосиликати бо усулҳои кислотагӣ

Ба коркарди маъданҳои алюмосиликати бо кислотаҳои минералии асарҳои зиёде бахшида шудаанд [20-31]. Дар асарҳои [32-35] натиҷаҳои коркарди бокситҳои оҳандор бо усулҳои кислотагӣ оварда шудаанд. Усулҳои кислотагӣ чараёни мушаххаси борро ба таври назаррас коҳиш медиҳанд ва тамоми амалиёти минбаъдаро осон мекунанд.

Аслан тамоми кислотаҳои минералиро барои коркарди маъданҳои алюминийи навъи паст истифода бурдан мумкин аст. Дар асарҳои [36-38] кислотаи нитрат, дар [39-41] - кислотаи хлорид ва дар [42, 43] - кислотаи сулфат тавсия карда мешавад. Истифодаи кислотаи сулфат ва хлорид муҳфид мебошад, чунки дар байни ин кислотаҳо онҳо арзонтар буда, фишори буғҳояшон камтар мебошад ва маҳсулоти ба даст омадаи таҷзияро метавонем ҳамчун коагулянтҳои омехта барои тозакунии об истифода барем [43, 44]. Дар [45, 46] натиҷаҳои таҷзия бо кислотаи сульфати гилҳои каолини бо сӯзондани пешакии ашёи хом оварда шудаанд.

Институти химияи Академияи илмҳои ҶШС Ёзбекистон якҷоя бо ҶСП «Унихим» оид ба истеҳсоли  $Al_2(SO_4)_3$  аз гилҳои каолинии кони Ангрени ҶШС Ёзбекистон таҳқиқот гузаронд [45].

Муаллифони асарҳои [46-49] аз гили каолинии конҳои гуногун имкони ба даст овардани сульфати алюминий ва оҳан, инчунин як зумра чузъҳои фойданокро нишон додаанд.

Барои аз алуниҳо гирифтани коагулянтҳо низ таҳқиқот гузаронида шудаанд [50-51]. Вобаста ба истеҳсоли коагулянтҳо аз алуниҳои кони Бягани ҶШС Украина, Институти химияи умумӣ ва ғайриорганикии ИҶШС Украина ва комбинати химиявии Сум қорҳои таҷрибавӣ гузаронидаанд [52-55]. Дар [56] коркарди комплекси алуниҳо ба сульфати алюминий ва нуриҳои мураккаб пешниҳод шудааст.

Усули ҳосил намудани коагулянтҳо қор қарда баромада шуда, имкони истифодаи алуниҳои кони Заглик дар Озарбойҷон барои ҳосил намудани гилҳоқ нишон дода шудааст [56-58].

Корҳои [35, 59] низ ба кислотаи хлорид барои коркарди гил бахшида шудаанд. Пешниҳод карда мешавад, ки маҳлуҳои кислотаи хлорид аз оҳан бо роҳи хориҷ кардани хлориди оҳан бо роҳи экстраксия бо эфири изопропилӣ тоза карда шаванд; кристаллҳои  $AlCl_3$  бо хлориди гидроген шӯр карда шаванд. Дар ИМА ва Республикаи Демократии Германия усулҳои кислотаи хлоридӣ барои истеҳсоли оксиди баландсифат санчида шудаанд [60].

Таҷзияи нефелинӣ бо кислотаи нитрат барои ба даст овардани гилхок ва омехтаи нитрати натрий ва калий дар Донишқадаи давлатии химияи амалӣ омӯхта шудааст [61, 62]. Бо ин усул ба таври комплексӣ кор карда баромадани маъданҳои апатит-нефелин гузаронда шуд. Солҳои охир таҳқиқот дар соҳаи бо кислотаи нитрат таҷзияи нефелин, асосан дар филиали дар Кола будаи собиқ Академияи илмҳои ИҶШС гузаронида шудааст [63].

Вобаста ба технологияи навтарини коркарди кислотагии нитратӣ, муайян карда шуд, ки барои коркарди ашёи хом маҳлули 30-40%-аи кислотаи нитрат нитрат истифода бурда мешавад. Аз рӯи ҳисоби стехиометрӣ бояд сарфи кислота на камтар аз 120% бошад, ва то ин ки тавонад танҳо бо чузъҳои ишқор дар ашёи хом мутақобила кунад [68].

Дар ИМА усулҳои нитрати коркарди гил ва каолинҳо кор карда баромада шудаанд. Ба гуфтаи яке аз онҳо [64], гилро дар ҳарорати  $800^{\circ}C$  метафсонанд ва дар автоклав дар ҳарорати  $160-180^{\circ}C$  бо кислотаи 50-70%-аи кислотаи нитрат ишқорронӣ мекунанд. Миқдори кислотаи гирифташуда камтар аз ҳисоби стехиометрӣ барои ҳал кардани гилхок аст, ки дар натиҷа оҳан танҳо қисман ба маҳлул меравад ва дар баробари тақсон тавассути филтратсия чудо мешавад. Филтрат бухор карда мешавад, маҳлули коркардашуда барои коркарди кислотагӣ баргардонида мешавад ва кристаллҳои нитрати алюминий бо кислотаи нитрати концентронида омехта карда мешаванд ва дар  $500^{\circ}C$  бо барқароршавии кислотаҳо таҷзия мешаванд. Ин усулро нисбат ба гилҳои ватанӣ муфассалтар Х. Р. Исмаилов кор кардааст [65].

Н. К. Саракуз ва С. И. Савчук масъалаҳои бо истифода аз кислотаи сулфат коркард кардани нефелинҳои сиенитӣ ва ба даст овардани коагулянти нефелиниро

омӯхтаанд [66, 67]. Барои таҷзияи нефелин, як маҳлули 70%-и кислотаи сулфат ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) истифода шуд, ки дараҷаи ҷудошавии маҳсулот ба 85-90% расид.

Усули маъруфи таблиғшуда аз ҷониби ширкати фаронсавии «Пешинэ-Южин-Кулман» ҳамроҳанг бо ширкати канадии «Алкан» таҳия шуда, ҳамчун раванди  $\text{H}^+$  шинохта мешавад [68, 69]. Вақте ки маъдани алюминий бо кислотаи сулфати гарм дар фишори атмосферӣ коркард мешавад [68], ба даст овардани маҳсулоти баландсифат ва самарабахш, ки барои истифода дар саноат мувофиқ аст, имкони рушди афзояндаи коркардро ба вуҷуд меорад. Пас аз он муҳити маҳлул иваз карда шуда,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ба  $\text{AlCl}_3$  табдил меёбад. Кислотаи сулфат дар натиҷа барқарор мешавад ва  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  тавассути кристаллизатсия тоза карда мешавад. Усули Калунит [70] ба ҷудо кардани гилхок дар  $200^\circ\text{C}$  аз маҳлули  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  асос ёфтааст, ки пас аз ҷудо кардани маҳлули коркардашуда ва шустани дар  $1000^\circ\text{C}$  калсийронӣ карда мешавад. Газҳои  $\text{SO}_2$  ва  $\text{SO}_3$ , ки дар вақти калсийронӣ ба даст омада, ба истеҳсоли кислотаи сулфат фиристода мешаванд. Маҳсулот аз таҷзияи гилхок бо об омехта карда мешавад, дар ин ҳол сулфатҳои металлҳои ишқорӣ ҳал мешаванд ва гилхок дар такшин боқӣ мемонад.

Дар кори [71] усули «Калунит» ба таври назаррас такмил дода шуд. Бартарафсозии харошаҳои алюминий аз сатҳи оҳан тавассути барқарорсозии  $\text{Fe}^{3+}$  то  $\text{Fe}^{2+}$  ва сипас бо кристаллизатсияи намакҳо на бо таносуби 1:1, балки бо таносуби молярии  $\text{K}_2\text{SO}_4:\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 1:3$  интихоб карда мешавад. Ин раванд инчунин бо сӯзонидани моддаҳои оксидшаванда дар ҳарорати  $1000^\circ\text{C}$  бо истифода аз шароити ҳароратии паст ва иваз намудани барқароркунанда мегузарад.

Таклифҳо оид ба коркарди бо кислотаи сулфат кор кардани ашёи хоми алюминийдор дар Институти химияи коллоидӣ ва химияи обӣ Академияи илмҳои Украина, бо роҳбарии А. К. Запольский [72, 82] гузаронида шудааст. Мувофиқи корҳои гузаронидашудаи [74], алуниро бо истифода аз кислотаи сулфати 10-15%-а коркард намуда, баъдан дар ҳарорати  $500-620^\circ\text{C}$  барои заррачашавӣ ба танӯри «қабати ҷӯшон» гузошта мешавад. Дар ҳарорати  $100-103^\circ\text{C}$  заррачаҳои дар

натичаи ин раванд ба даст овардашуда бо кислотаи сулфати боқимонда бо усули гузариш омехта ва ҳал карда мешаванд. Дар натиҷа ҷудошавии гилхок ба 87-90% баробар шуда, ҳосилшавии оксидҳои металлҳои ишқорӣ ва ангидриди сулфат бошад ба 90-93% мерасад.

Гуруҳи олимони Институти политехникии Қазоқистон [18, 83] усули равандҳои ишқоркунии ашёи хомро бо кислотаи хлорид кор карда баромаданд ва ин усул зинаҳои зеринро дар бар мегирад: ҳосил намудани маҳлули хлорид, кристаллизатсиякунии хлоридҳо аз маҳлул, таҷзияи ҳароратии кристаллҳо то ба гилҳои сиёҳ, омехташавии он бо об ва ишқор барои ҳосилкунии маҳлули алюминийдор.

Муаллифи кори [84] усули мураккаби кислотаи нитрати ро барои коркарди гил барои тавлиди гилхок ва нитрати аммоний пешниҳод мекунад. Нақшаи технологӣ давраҳои зеринро дар бар мегирад: сӯзондани гилхок; омехта кардани гилҳои пӯхта бо маҳлули кислотаи нитрат; нейтрализатсияи маҳлул бо аммиак ва тақшини гидролитикунии  $Al(OH)_3$  ва  $Fe(OH)_3$ ; гудохтани  $Al(OH)_3$  бо ишқори каустикӣ барои ба даст овардани маҳлули алюминат ва коркарди он аз рӯи усули Байер. Ин истеҳсоли  $Al_2O_3$ -ро дар ҳудуди 92-94% таъмин мекунад, ки 0,015% оҳан дорад. Маҳлулҳои селитраи аммонийи 40-50%-а ба сифати нуриҳо истифода мешаванд.

Таҷзияи ҷинсҳои нефелинӣ бо оксидҳои нитрогенро Т. И. Авдеева ва ҳамкорон [85], М. Е. Позин ва Е. Сабо [62] оид ба коркарди комплекси ҷинсҳои апатит-нефелин бо кислотаи нитрат кор карда буданд. Усули кислотаи нитратӣ барои коркарди гилхок ва каолинҳои ватаниро Х.Р. Исмаилов ва ҳамкорон [86, 87] кор кардаанд.

Дар кори [56, 88] раванди таҷзияи нефелинҳо бо кислотаи хлорид таҳқиқ карда шудааст. Дар ин таҳқиқот омилҳои асосии таъсиррасон ба таркиб ва дараҷаи истеҳсоли маҳсулоти асосии маҳлули хлорид муайян карда шудаанд.

Таҳқиқот оид ба дар автоклав обшӯй кардани кислотаи хлоридии хокистар аз ҳарорати пасти ангиштҳои экибастуз бо мақсади ҳосил кардани гилхок

гузаронда шуд. Дар шароити оптималӣ барқароршавии  $Al_2O_3$  ба 95-96% мерасад [89, 90].

Дар корҳои [91-93] муфассалтар раванди сулфатизатсия барои муайян намудани шароити оптималии таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ ва ноил гардидан ба суръати максималии филтратсия омӯхта шудааст. Сулфатизатсияи нефелинҳои сиенитӣ дар асари [91] бо усули камеравӣ (дохилӣ) оварда шудааст. Ҳангоми татбиқи раванд бо усули камеравӣ, силитсийи гидратшуда қисман хушк мешавад. Ин ҳолат метавонад ба беҳтар шудани шӯсташавии маҳсулоти таҷзияшуда бо об мусоидат намояд. Хусусан, ҳангоми ҷудо кардани маҳлули кислотаи сулфат аз тақшини ҳосилшудаи силитсий, ин таъсир ба баланд шудани суръати филтратсия мусоидат мекунад. Нишондиҳандаи баланди филтратсия ин ҷудошавии гилхок ба 75-78% ва ишқорҳо ба 92-95% мебошад [91, 94]. Ҳангоми таъсир кардани кислотаи сулфат дар ҳарорати паст ба нефелинҳои сиенитӣ, дар вақте омехта намудан, часпакии маҳлул хеле зиёд мешавад, метавонад ба мушкилоте оварда расонад, ки ҳалшавандагии намакҳо кам мешавад [56]. Ин камшавии ҳалшавандагӣ метавонад дар раванди сулфатизатсия таъсири манфӣ дошта бошад. Ба ин маънӣ, раванде, ки дар он намакҳо ё моддаҳои химиявӣ бояд ба осонӣ дар маҳлул ҳал шаванд, метавонад дар натиҷаи зиёд шудани часпакии маҳлул ва коҳиш ёфтани ҳалшавандагии намакҳо барои раванди химиявии сулфатизатсия камтар самаранок бошад. Кор кардани нефелинҳои сиенитӣ бо усули комплексӣ бо истифода аз кислотаи сулфатро бо ду роҳ пешниҳод ва таҳия намудаанд [6, 91, 95]: якум – коркарди алюминий-натрий ва алюминий-калий дар якҷоягӣ барои ба даст овардани гилхок, поташ ва сода мебошад, дуюм - алоҳида кор карда баромадани алюминий-калий ва алюминий-натрий барои ҳосил кардани гилхок, сода ва сулфати калийро дар бар мегирад. Таркиби минералогӣ ба таҷзияи концентратҳои нефелинӣ ва чинсҳо бо кислотаҳо таъсири калон мерасонад [6, 94]. Дар концентрати нефелинҳои сиенитӣ, ки таркибаш аз 80% минерали нефелин ва на зиёда аз 9% шпати сахроии ишқорӣ ташкил ёфтааст, муҳаққиқон ба натиҷа расиданд, ки суръати максималии таҷзия ва филтратсияи массаи сулфатизатсия ба даст омадааст. Ин концентратҳои минералӣ бо таркиби 65% нефелин ва 18-20%

чинсҳои дигар, аз ҷумла канкринит, содалит ва дигарҳо, нишон медиҳанд, ки ҳосилшавии гилхок ва ишқорҳо ба 86-88% баробар мешавад. Аммо, мушоҳида мешавад, ки филтратсияи лойоба назар ба концентрати нефелинӣ бадтар мешавад. [56].

Таҷзияи кислотаи нитрати нефелинҳои сиенити кони Турпии Тоҷикистон дар шароити автоклав дар асари В. Макарова ва дигарон оварда шудаанд [97]. Ба сифати реактив истифода бурдани кислотаи нитрат имконият медиҳад, ки истеҳсоли гилхок бо истеҳсоли нуриҳои нитрогенӣ пайваस्त карда шавад.

Дар кори [56, 98] механизми таъсири мутақобилаи каолин бо кислотаи сулфат барои ҳосил кардани сулфати алюминий ба таври муфассал таҳлил шудааст. Ба назар мерасад, ки ин раванд бо як қатор реаксияҳои химиявӣ, ки дар онҳо кислотаи сулфат бо каолин таъсир мекунад, бурда мешавад. Маҳсулотҳои асосии ин раванди химиявӣ сулфати алюминий мебошанд, ки метавонад ба миқдори муайян ҳосил шавад. Ин сулфат баъдан метавонад бо кислотаи сулфат боз ҳам таъсир карда, намакҳои турши сулфати алюминийро ҳосил кунад.

Сулфатизатсияи думарҳилаи каолинҳо имкон медиҳад, ки шартҳои зеринро тавсия кунем: ҳарорати гудозиш - 550-600°C, давомнокӣ - 1 соат, миқдори кислота барои гудозиш - 20%, ҳарорати таҷзия - 101-103°C, андозаи заррачаҳо - 1-2 мм, миқдори кислота барои таҷзия - 100%. Дар вақти омехтакунии бо об дар натиҷаи пайваستшавии як қисми миқдори он каолинит варам мекунад [99, 100].

Раванди баҳамтаъсирии зарраҳои каолинит бо об бо ёрии гидроген ба амал оварда мешавад [101]. Об тавассути сурохиҷаҳои хурд ба дохили заррачаҳо ворид шуда, таъсири бисёр ҳам печида мекунад [102, 103]. Дар натиҷа қабатҳои оби адсорбсионӣ зарраҳоро аз ҳам ҷудо карда, боиси варам кардан ва боиси хеле зиёд шудани ҳаҷм мегардад. Варамкунии ин марҳилаи ибтидоии тар кардан мебошад, яъне парокандашавии зарраҳоро ифода мекунад. Бо баландшавии раванди ишқоркунии, шиддатнокии таршавӣ ҳам меафзояд.

Дар натиҷаи гармкунии каолинит дар ҳарорати аз 500°C ва зиёдтар аз он, банди байни бастаҳои пайвастагӣ канда шуда, оби гидроксиди дар таркиби каолинит буда хориҷ мешавад (ионҳои гидроксил хориҷ мешаванд). Дар натиҷа аз

сабаби ба ҳам наздик шудани зарраҳо ҳаҷми он кам мешавад [104, 105]. Дар ин ҳол, майдони алоқаҳои фазавии қавӣ, ки ҳангоми гудохтан ба вучуд меоянд, зиёд мешавад, ки муқовимати каолинитро ба коҳиши қувват ҳангоми намнокӣ зиёд мекунад.

Шпангенберг ва Роде [106] дар асоси осон будани ҳалшавандагии гилхок ва ҳалнашавандагии кремнезём ба хулосае омаданд, ки молекулаҳои гилхок дар торчаи булӯрӣ хеле ҳаракаткунандаанд. Элементҳои кислотаи силикат робитаи байни бо атомҳои худро ҳатто пас аз обшавӣ ва тоза кардани гилхок нигоҳ медоранд.

Сулфатизатсияи ашёи хоми алюминии серсилитсӣро, чунон ки дар боло қайд карда шуд, бо истифода аз сулфат ва бисулфати аммоний гузарондан мумкин аст.

Дар патенти [107] гилҳои майдашуда ва пӯхташуда бо кислотаи сулфати 30-60%-а дар давоми 12-20 соат ба андозаи шумораи стехиометрӣ 55-70% ҷудо карда шуд. Лойобаро маҳлул карда, ифлосҳои оҳанро дар ҳарорати 60-90°C дар иштироки оксидкунанда (персулфат, перманганат) 12-18 соат ҷӯшонидани тоза мекунанд. Сулфати алюминии дорои оҳани камтар аз 0,25-0,003 фоиз гирифта мешавад.

Усули истифодаи кислотаи сулфат барои коркарди бокситҳои силитсӣдор ва каолинҳо таҳия шудааст, ки дар адабиёт бо номи «CSIRO» маъруф аст [108].

Усули истифодаи кислотаи сулфати коркарди каолинӣ дар Институти умумироссиягии алюминий-магний (ш. Санкт-Петербург) бо роҳбарии Н. И. Еремина [109] кор карда шудааст. Моҳияти усул аз он иборат аст, ки каолин ё ашёи хоми дигар бо миқдори пурраи  $H_2SO_4$  дар аппарати қабати моеъ дар ҳарорати 195-215°C гудохта карда мешавад. Заррачаҳо бо об шӯста мешаванд ва лойоба филтр карда мешавад. Филтрат бо  $SO_2$  коркард карда мешавад, баъд гидролиз барои ҷудо кардани гилхок ва намаки асосӣ такшин мешавад. Намаки асосии алюминийро бо аммиак дар автоклав ё бо усули гармидиҳӣ барои ба даст овардани гилхок таҷзия мекунанд.

Дар кори [110] барои аз гилхок хориҷ кардани оҳан бо маҳлули сусти кислотаи сулфат, онро сӯзонданд ва бо кислотаи сулфат таҷзия намуданд. Аз маҳлули намакҳои сулфат бо иловаи сода, гидроксидҳои оҳан ва алюминий ҷудо карда шуданд, ки онҳоро дар ишқор ҳал намуданд ва карбонизатсия намуданд, гидроксиди тозаи алюминий ба даст омад, ки гилхок калсийронӣ карда шуда буд.

Мақсади кори [56, 111] муайян кардани шароити коркарди комплекси аргилитҳо бо усули кислотаи хлорид мебошад. Таҳқиқот дар асоси таҳлили нақшаи технологӣ, ки ҳамагӣ омехтани шлак бо кислотаи хлорид, пӯхтани чинс, ва пас аз он тоза кардани маҳлулҳои кислотаи хлорид бо катронҳои ион ивазкунанда чараён мегирад, сурат мегирад. Ин раванд инчунин барои вайрон кардани хлориди алюминий бо роҳи термикӣ ва ҷудо кардани гилхок истифода мешавад.

Дар усули усули кислотагии коркарди маводи дорои каолинит, ҷудошавии об як амалиёти муҳим ба ҳисоб меравад. Дар натиҷа, метакаолинити сусти кристаллшуда ҳосил мешавад, ки бо афзоиши ҳарорат (зиёда аз 800°C) тадричан ба сохтори муллит табдил меёбад [68, 112].

Илова бар ин, як усули перспективии коркарди каолинҳо ва гилҳо ба гилхок усули кислотаи нитратӣ мебошад. Ин усулро Институти химия ва металлургияи ба номи А. А. Байков дар Узбекистон таҳия кардааст, ки дар он дар як вақт селитраи аммоний ва сиштоф бо ҳосияти баланд (тақрибан 80%  $Al_2O_3$ ) истеҳсол мешавад [113].

Муаллифон [114] оид ба шусташавии каолинит бо маҳлули кислотаи хлорид барои истеҳсоли алюминий таҳқиқот гузарониданд. Барои гузаронидани таҳқиқот намунаҳои каолинит бо омехтаҳои монтмориллонит, квартс ва шпати даштӣ гирифта шуданд. Таҷриба нишон дод, ки бе пешакӣ оташ задани каолинит шӯста шудани алюминий бо маҳлули кислотаи хлорид ба амал намеояд.

А. А. Исмаилов ва дигарон таркиб, сохт ва усулҳои коркарди каолинҳои кони Ангренро омӯхтаанд [115]. Намунаҳои каолинҳо, ки дар ду категорияи ибтидоӣ ва дуюмдараҷа қарор доранд, аз ҷиҳати ранг хокистарранг ва рангоранг, барои таҳқиқот ҷамъоварӣ карда шуданд. Ин намунаҳо барои гузаронидани таҳлилҳои

гуногун, ки шомили таҳлили ситовӣ, химиявӣ, рентгенӣ, термикӣ ва петрографӣ мебошанд, омода карда шуданд. Ҳадафи асосии ин таҳлилҳо муайян кардани хосиятҳо ва таркиби минералогии каолинҳо ва фаҳмидани хусусиятҳои химиявии онҳо дар шароити гуногун мебошад.

Таҳлили марҳилаи рентгенӣ танҳо сидеритро муайян кард, ки миқдори баландтарини он дар каолини ибтидоӣ (3,5%) мушоҳида мешавад. Аз минералҳои дорои оҳан танҳо магнетит ҳамчун магнитии баланд тасниф карда мешавад [116], ки мазмуни он дар ҳар се намуна хеле кам аст.

Дар кори [117] дар бораи гили туаркирс таҳқиқот гузаронида шудааст, ки ҳамчун манбаи ашёи хоми истеҳсоли маҳсулоти фарфорӣ маҳз ҳаминро пешкаш менамояд.

Дар моддаи тафсонидашуда фоизи  $Al_2O_3$  ба 31,7% баробар аст. Аз рӯи миқдори  $Fe_2O_3$  (1,66%), намунаи мавриди омӯзиш ба ашёи хоми дорои миқдори миёнаи оксидҳои рангкунанда [118],  $TiO_2$  камтар аз 1% тааллуқ дорад. Мувофиқи тавсияи Институти таҳқиқотии илмии фарфории бинокорӣ аз гили туаркирӣ барои тайёр кардани фарфор, фарфори санитарӣ, плахтаҳои рӯйкаш истифода бурдан мумкин аст.

Спектри инфрасурх аз худкунии гили хоми ба оташ тобовар равшан, дискретӣ, бо хатҳои зиёди танг дар минтақаи призмаҳои  $KBr$  ва  $NaCl$  бурида шудааст. Давраи азхудкунӣ дар минтақа аз 3300 то 3800  $cm^{-1}$  ба ларзишҳои дарозшавии гурӯҳи  $OH$  вобаста аст. Бандҳои азхудкунӣ дар 810-790  $cm^{-1}$  ба катионҳои ба сохтор дохилшуда дахл доранд. Андозаи асимметрияи майдони қувва, ки дар он анион ҷойгир аст, метавонад банди адсорбсияи  $Si-O-Al$  дар 532  $cm^{-1}$  бошад. Бандҳои инфрасурх дар минтақаи 1100  $cm^{-1}$  ва 430-470  $cm^{-1}$ , инчунин банд дар 668  $cm^{-1}$ , аз ҷаббиши гуруҳи  $Si-O$  шаҳодат медиҳад [68, 119].

Спектрҳои инфрасурхи азхудкунии намунаи таҳлилшаванда ба спектрҳои гилҳои оташтобовар ва каолинҳо шабоҳати зиёд доранд [68, 120].

Дар асар Л. В. Гладушко [121] раванди сулфатизатсияи гилҳои каолиниро таҳия кардааст. Дар қор [122] равандҳои қорқарди якҷояи алуניתҳо ва каолинҳо бо усули кислотаи сулфат омӯхта шудаанд.

Дар кори [68, 123] кинетикаи шустушӯи алюминий аз каолин пас аз оташ заданӣ мавриди таҳлил қарор гирифтааст. Суръати баҳамтаъсирии алюминий бо метакаолини тунук дар шароити ҳарорат ва концентратсияи гуногуни кислотаи сулфат таҳқиқ гардида, бо таъя ба маълумоти таҷрибавӣ модели амалӣ таҳия шудааст. Ҳамчунин, параметрҳои кинетикии раванди ишқоркунӣ муайян карда шудаанд.

Муаллифони [124] раванди аз гилҳои кони Sierra de Cartagena бо кислота ишқорронии алюминийро омӯхтаанд. Аз гили дар ҳарорати 750°C сӯзондашуда ва дар натиҷаи коркард бо кислотаҳои хлоридӣ, нитратӣ ва сулфатӣ, инчунин ҳангоми бе сӯзондан коркарди концентратсияи H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> дар ҳарорати 340-400°C дар муддати 0,5-3 соат, истеҳсоли алюминий муайян карда шуд. Дар ҳарорати оптималӣ истеҳсоли алюминий аз 90 фоиз зиёд мешавад.

Дар маҷмӯаи гузоришҳо [113, 125] натиҷаҳои таҳқиқоти физикавӣ ва химиявӣ ва технологияи коркарди ашёи хоми дорои алюминий пешниҳод шудаанд. Ин таҳқиқот намудҳои гуногуни минералҳо, аз ҷумла нефелинҳо, каолинҳо, алунитҳо, алюминатҳо, рисчорритҳо, бокситҳо, синниритҳо ва қисми минералии ангиштҳоро дар бар мегиранд. Барои коркарди онҳо усулҳои кислотагии нитрат, сулфат ва хлорид истифода шуда, маҳсулоти гуногун, аз ҷумла гилҳок, намаки металлҳои ишқорӣ, металлҳои нодир, коагулянтҳо ва маҳсулоти силитсӣдор ҳосил карда шудаанд. Масъалаҳои васеъ кардани базаи ашёи хом ва такмил додани усулҳои кислотагии коркарди комплекси алюмосиликатҳо низ мавриди муҳокима қарор гирифтаанд.

Раванди ба даст овардани гилҳок аз гил ё каолинҳо бо усули кислотагии хлоридӣ ишқорронии ашёи хом таҳқиқ карда шудааст [126]. Раванди кор карда баромадашуда ҳам аз нуқтаи назари сиклӣ, технологӣ ва ҳам аз ҷиҳати эътимоднокии таҷҳизоти истифодашаванда ва устувории материалҳои интиҳобшуда худро асоснок кард. Маҳсулоти ниҳоии бадастомада ҳамчун маводи ибтидоӣ барои электролиз мувофиқ аст.

Дар кори [127] усули ишқорронии маводи ғафс бо мисоли ишқоркунии гил оварда шудааст.

Таҷзияи каолини калсийронидашуда бо маҳлули кислотаи сулфати концентратсияҳои гуногун амалӣ мешавад. Тибқи таҳқиқоти Г. М. Бунич ва Е. И. Хазанов, концентратсияи оптималии кислотаи сулфат 70% муайян шудааст [68, 128], дар ҳоле ки В. М. Кузнетсов [68, 129] концентратсияи 48%-ро пешниҳод мекунад. Муаллифони [68, 130] ба хулосае расидаанд, ки концентратсияи кислотаи сулфат таъсири назарраси мустақим ба истеҳсоли оксиди алюминий аз маъдан надорад.

Таҳқиқоти таҷзияи гилҳои украинӣ бо маҳлулҳои кислотаи сулфат дар концентратсияи 10 то 50% нишон додаанд, ки бо афзоиши концентратсияи кислота, истеҳсоли алюминий аз 80 то 100% меафзояд [131].

Коркарди маводи алюмосиликатӣ дар шароити автоклавӣ дар ҳарорати 200-300°C бо истифода аз намаки сулфати оҳан амалӣ мешавад [68, 132, 133]. Сӯзондан ва гудохтани маъданҳои хом бо кислотаи сулфат ва сипас ишқорронӣ кардани маҳсули гудозиш бо об ё маҳлулҳои сусти кислотаи сулфат метавонанд бо муваффақият анҷом дода шаванд. Ҳарорати тавсияшавандаи гудозиш дар доираи 100-400 °C қарор дорад [68, 134-137].

Дар мавриди дигаргунсозии замони оташ задани каолинҳо то ҳол тавофуқ вучуд надорад, гарчанде ки ба омӯзиши ин масъала корҳои зиёде бахшида шудаанд.

Бархе аз муҳаққиқон бар ин назаранд, ки дар ҳарорати 500-600°C, ҳангоми нобудшавии каолинит бо чудошавии об, ба даст омадани омехтаи оксидҳои алюминийи аморфӣ ва силитсий ба амал меояд [138]. Муаллифони дигар даъводоранд, ки метакаолинити  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ба вучуд меояд [139]. Дар [140] низ дар бораи тайёр кардани метакаолинит, ки дар 930°C таҷзия шуда,  $\gamma$ -глинозем ва кремезём ба вучуд меорад, фикрҳо баён шудааст. Дар сурати гармшавии минбаъдаи зиёда аз 900°C, пайдоиши силлиманит ё муллит ба амал меояд [141].

### **1.3. Коркарди маъданҳои алюминдор бо роҳи гудозиш**

Барои коркарди боксити пастсифат ба гилхок усули гудозиши омехтаи тар истифода мешавад, ки аз боксит, оҳаксанг ва сода иборат аст [142, 143].

Истеҳсоли гилхок бо роҳи гудохтакунӣ чунин ба охир мерасад. Бокситро бо иловаи оҳаксанг майда карда, баъд дар маҳлули содатар ва суфта карда мешавад. Таркиби лойобаи ҳосилшуда танзим карда мешавад ва ба танӯр барои гудозиш фиристода мешавад. Раванди гудохтакунӣ дар ҳарорати 1100-1200°C гузаронида мешавад. Дар натиҷаи ин раванд, як қатор маҳсулоти химиявӣ, аз ҷумла ферритҳои натрийи гидролизшаванда, алюминати натрий, ки дар об хеле хубҳалшаванда аст ва силикати дукалсийдори камҳалшаванда, ки одатан дорои хусусиятҳои устувор ва тозашаванда мебошад, ба вуҷуд меоянд. [144]

Маҳсули гудозиш майда карда шуда, бо об ишқорронӣ карда мешавад. Дар ин маврид алюминий ба маҳлул дар шакли алюминати натрий мегузарад. Феррити натрий таҷзия шуда, гидроксиди оҳани ҳалнашаванда ва гидроксиди натрийро ба вуҷуд меорад, ки устувории маҳлули алюминатро зиёд мекунад. Қисми асосии силикати дукалсийдор бетағйир мемонад ва ба лой табдил меёбад. Бо вуҷуди ин, як қисми  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ҳанӯз ҳам бо об омехта шуда, яққоя бо маҳлул реаксия мекунад, дар натиҷа маҳлул бо кремнезём олуда мешавад [144, 145].

Барои такмил додани раванди коркарди маъданҳои дорои силитсӣи баланд, як қатор тадбирҳо оид ба баланд бардоштани сифати гудозишҳо, кам кардани хароҷот, зарракунии омехта дар қабати моеъ ва ғайра пешниҳод шудаанд [141, 147].

Як қатор муҳаққиқон таъсири пайвастагиҳои калий [148], калсий [149] ва фтор [150] - ро ба раванди гудохтакунӣ ва бо ҷудокунии силитсӣ омӯхтанд. Муқаррар карда шудааст, ки ҳамроҳ кардани намакҳои фтор ба омехтаи боксит ба зиёд шудани ҳосилшавии гилхок ва ишқор аз маҳсули гудозиш ёрӣ мерасонад. Дар баробари ин гузариши  $\text{SiO}_2$  аз маҳсули гудохташуда ба маҳлул кам мешавад [151-153].

Мувофиқи кори [154], дар як корхонаи таҷрибавии Порту-Маргера (Италия) дар лентайи гудозиш бо сода ва оҳаксанг, пухтани маъдани алюминий бомуваффақият истифода шудааст. Дар муқоиса бо гудозиш дар танурҳои даврзананда, сарфи гармӣ бо истеҳсоли хеле баланди гилхок ва ишқор 40%

камтар мешавад. Ғайр аз ин, ин усули гудохтакунӣ имконият медиҳад, ки хароҷоти асосӣ хеле кам карда шавад.

Маълумотҳои чолиб ва усулҳо дар бораи гудохтакунии омехтаҳои дорои гилхокдор дар мошинҳои гудохтакунӣ дар адабиёти зерин нишон дода шудааст [155].

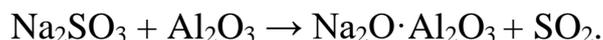
Дар корҳои [142, 156] нақшаҳои технологӣ пешниҳод карда шудаанд, ки омезиши усули Байер ва гудозишро дар бар мегиранд.

Ҳангоми аз бокситҳои таркибашон гуногун истеҳсол кардани гилхок бо истифода аз версияи параллели Байер-гудозиш, арзиши як воҳиди истеҳсол нисбат ба коркарди омехтаи ин бокситҳо танҳо бо усули Байер ё танҳо гудохтакунӣ хеле кам мешавад. Ин асосан аз ҳисоби зиёд кардани истеҳсоли  $Al_2O_3$  аз бокситҳои пастсифат ва чуброни талафоти ишқор дар шоҳаҳои Байер нақшаи комбинатӣ бо материалҳои арзонтар: сода ва оҳаксанг ноил гардид. Барои гудоختан танҳо боксители силитсӣ зиёд дошта, гирифта мешавад, аз ин ҳисоб сарфи хоси гармӣ кам мешавад [156].

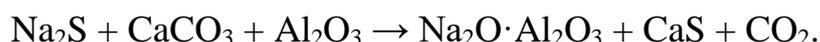
Барои кам кардани хароҷоти истеҳсоли гилхок аз боксители пастсифат як қатор муаллифон ба ҷои сода ва оҳаксанг истифода бурдани сулфати натрийро пешниҳод кардаанд [153,156].

Раванди муттасил барои гудозиши омехтаи боксит, ангишт ва  $Na_2SO_3$  дар танӯри гардиши кубурӣ бо таҷзияи минбаъдаи маҳсули гудозиш ва истеҳсоли гилхок пешниҳод шудааст [153 ,156].

Дар кори [157] нишон дода шудааст, ки ҳангоми бо боксит омехта кардани  $Na_2SO_3$  алюминати натрий ҳосил мешавад:



Дар вақти гудохтакунӣ бо сулфити натрий ба омехтаи бокситҳое, ки дорои силитсӣ зиёд мебошанд, оҳаксанг илова мекунанд, то ки аз  $SiO_2$  дар натиҷаи раванд силикати калсий ҳосил шавад. Дар ҷараёни гудозиш сулфиди натрий ба вучуд меояд, ки таъсири мутақобилаи он бо  $CaCO_3$  гудохтакуниро бо гилхок метезонад:



Усули гидрометаллургии сулфидро барои ҳосил намудани гилхок аз бокситҳои серсилитсӣ В. Д. Пономарев ва дигарон [158-160] омӯхтанд. Барои бокситҳои камсилитсӣ В. Д. Пономарев, Л. П. Ни ва дигарон [161-163] усули сульфид-каустикиро барои ҳосил намудани гилхок пешниҳод карданд, ки ба усули Байер монанд аст. Бо ин усул бокситро бо маҳлули гардишкунанда, ки аз омехтаи дуоксиди сулфур ва содаи каустикӣ иборат аст, ишқорронӣ мекунад. Равандҳои минбаъда ва ивазкунии онҳо ба равандҳои усули Байер монанданд. Чуброни талафоти ишқор бо сулфиди натрий анҷом дода мешавад, ки нисбат ба содаи каустикӣ арзонтар аст.

Роҳҳои ҷолиб оид ба коркарди бокситҳои серсилитсӣро Л. П. Ни пешниҳод намуд [161]. Вай ба ҷои нақшаи мураккаби технологияи версияи пайдарпайи усули Байер, худозиш усули пай дар пай омехтаи Байер - гидрохимияро тавсия мекунад. Мувофиқи ин нақша ҳамаи бокситҳо бо маҳлулҳои гардиши модули каустикии 12-14 ишқорронӣ мешаванд. Дар натиҷа, қисми зиёди гилхок ба маҳлул меравад. Пайдарпайии амалиётҳои минбаъда, аз ҷумла таҷзияи маҳлул ба монанди усули Байер аст.

Дар маводҳои конфронс оид ба назарияи равандҳои металлургӣ, усули бикарбонати ҳосил кардани гилхок аз бокситҳои серсилитсӣ, ки дар натиҷаи коркард намудани бокситҳо бо маҳлулҳои содо - бикарбонатӣ ва таҷзияи минбаъдаи ин пайваستاгӣ бо маҳлулҳои дар гардишбудаи ишқорӣ, дар натиҷа гидроалюмокарбонати натрий ба даст омадааст, пешниҳод шудааст [165]. Истифодаи ин усул барои коркарди бокситҳои серсилитсӣ ба гилхок талафоти зиёди ишқорро бартараф мекунад.

Ҳамин тавр, усули бо реактивҳои гуногун худохтакунии маъданҳои алюминии серсилитсӣдор имкон медиҳад, ки гилхок барои эҳтиёҷоти саноати алюминий ҷудо карда шавад.

Бо вучуди ин, усули худохтакунии камбудихои хоси худро дорад. Камбудии аз ҳама муҳим дар он аст, ки барои ба даст овардани гилхок асосан барои худохтакунии гармии зиёд 1100-1200°C (ҳарорати худохтакунии) гарм кардан ва миқдори зиёди оҳаксанг ва содомаҳсулоти омехтаи бокситӣ сарф кардан лозим

аст. Илова бар ин, татбиқи амалии усул маблағгузори калони сармояро талаб мекунад, зеро ғудохтакунӣ дар таҷҳизоти вазнин ва гаранбаҳо анҷом дода мешавад.

## **БОБИ 2. МЕТОДҲОИ ТАҶРИБА, ТАҶЛИЛИ ХИМИЯВӢ, ХУСУСИЯТҲОИ ФИЗИКАВИЮ ХИМИЯВИИ МАЪДАНҲОИ АЛЮМИНОСИЛИКАТИИ ТОҶИКИСТОН**

### **2.1. Методҳои таҷрибавӣ, усулҳои кор кардан бо маъданҳои алюминийдор**

Усулҳои таҷрибавии коркарди маъданҳои алюмосиликати аз марҳилаҳои зерин иборат аст:

- чорӣ намудани усулҳои ҳозиразамони таҳқиқоти лаборатории таркиби химиявию минералогии маъданҳо ва коркарди нави дуруст пайвастҳосилкунӣ.

- кор карда баромадани усули таҳлили таркиби минералии маъданҳои алюминийдор.

- кор карда баромадани баҳодиҳии нави технологияи коркарди маъданҳои алюминийдор бо усули кислотагӣ ва гудохтакунӣ.

Дар рафти кор техникаҳо барои таҷзияи маъданҳои алюминийдор, ки аз термостати васлшаванда барои додани масолеҳи ибтидоӣ, вентили дарозмуддат барои додани кислотаҳо ва ғайра иборатанд, чамъ оварда шуданд.

Хусусиятҳои маъданҳои алюминийдорро нисбат ба намнокӣ ва оксигени ҳаворо ба назар гирифта, тамоми қисми таҷрибавии кор дар биноҳои стандартии лаборатория гузаронда шуд. Ҳама амалиётҳо барои васл кардани дастгоҳҳо, чорӣ намудани реактивҳо, ҷудо кардани фазаҳо, хушккунӣ ва ғайра дар Институти химияи ба номи В. И. Никитини АМИТ лабораторияи “Коркарди комплекси ашӯи хоми минералӣ ва партовҳо” гузаронида шудаанд.

#### Таҳлили химиявӣ

Дар кор усулҳои зерини таҳлили химиявӣ истифода шудаанд: комплексометрия, фотометрияи шуъла, спектрофотометрия, таҳлили аргентометрӣ.

Муайян кардани миқдори алюминий бо истифода аз усули комплексометрӣ яке аз роҳҳои дақиқ ва маъмул дар таҳлилҳои химиявӣ ба ҳисоб меравад. Ин метод бар қобилияти иони алюминий дар ташаккули пайвастагиҳои мураккаби устувор асос ёфтааст. Он бо истифода аз кислотаи этилендиаминтетраатсетат

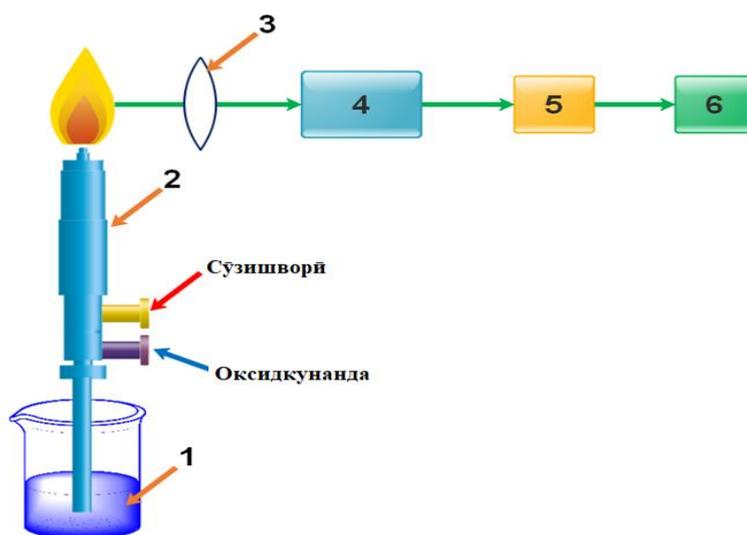
(ЭДТА) ва намаки натрийи он, ки бо номи трилон-Б маъруф мебошад, амалӣ карода мешавад. Дар ин раванд, алюминий бо ЭДТА ҳамоҳанг шуда, бо ташаккули комплексҳои устувор имкон медиҳад, ки миқдори он бо усули титриметрӣ ё спектрофотометрӣ дақиқ муайян карда шавад. Ин усул дар таҳлилҳои саноатӣ, лабораторияҳои илмӣ ва назорати сифат васеъ истифода мешавад. Ҳисоб кардани концентратсияи алюминий тавассути титркунии бозгашт бо истифода аз маҳлули стандартӣ атсетати руҳ сурут мегирад, ки дар ин раванд кселено норинҷӣ ҳамчун индикатор нақш мебозад.

Усули аргентометрӣ (усули Волгард) барои муайян кардани иони хлор дар  $\text{CaCl}_2$  ва маҳсулоти гудохташуда истифода шудааст. Муайянкунӣ бо роҳи пайвасти кардани иони хлор бо нитрати сератон ва титр кардани реагенти зиёдатӣ бо тиосианати аммоний дар иштироки намакҳои оҳани севалента анҷом дода шуд.

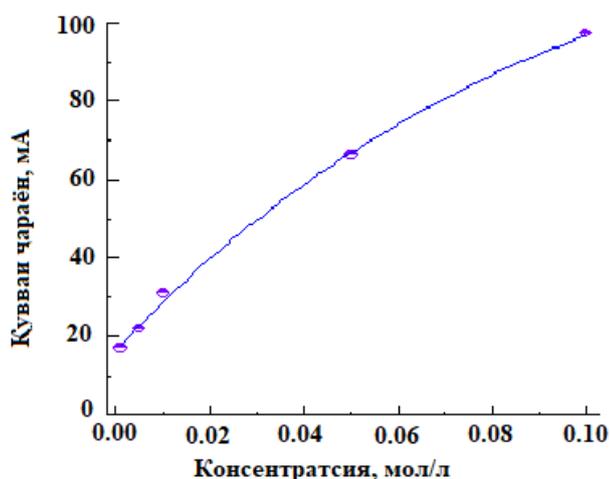
#### Усули фотометрияи шуълавӣ.

Фотометрияи шуъла яке, аз намудҳои таҳлили спектралӣ мебошад, ки асоси он ченкунии мустақими шиддатнокии радиатсияи намунаи таҳлилшуда мебошад ва ба шуъла ҳамчун манбаи ҳаяҷон ворид карда мешавад. Қиматҳои, ки дар натиҷаи ченкунии фотометрӣ ба даст омадаанд, дар ниҳоят аз концентратсияи элементҳои дар намунаҳо муайяншуда вобастаанд. Андозагирии фотометрӣ бо истифода аз асбобҳои мувофиқ, аз ҷумла манбаи рушноӣ (шуъла) ва системаи ченкунии радиатсия анҷом дода мешавад. Маҷмуи чунин таҷҳизотро фотометрияи шуъла меноманд.

Раванди усул чунин аст: маҳлул бо истифода аз ҳавои фишурда хорич карда мешавад, оксиген оксидкунанда аст, дар баробари гази равшанкунанда ба миксер дохил мешавад ва алангаи сӯзишворӣ ба вучуд меояд. Диаграммаи дастгоҳ дар расми 2.1 нишон дода шудааст. Графики калибрченкунӣ барои муайянкунии фотометрияи шуъла концентратсияи натрий, калсий ва дигар ионҳои металлҳои ишқорӣ дар расми 2.2 нишон дода шудааст.



**Расми 2.1.** - Диаграммаи фотометрии шӯъла. 1 - маҳлули таҳлилшаванда, 2 - миксер бо оташдон, 3 - линза, 4 - филтри нур, 5 - фотоэлемент, 6 – микроамперметр



**Расми 2.2.** - Графики калибрченкунӣ барои бо фотометрии шӯъла муайян кардани консентратсияи натрий, калсий ва дигар ионҳои металлҳои ишқорӣ

Дар шӯъла равандҳои пай дар пай ба амал меоянд: бухоршавии об аз маҳлул, ба газ табдил ёфтани ҳиссаҳои саҳт ва атомшавии онҳо. Атомҳои натрий, калсий ва дигар металлҳои ишқорӣ ҳангоми ҳаяҷон ба сатҳи дигари энергетикӣ мегузаранд ва ором мегиранд, ки аз он квантҳои майдони электромагнитии дарозии мавҷашон 589,3 нм мебароранд.

Болсман, аммо бо хусусияҳои раванди доимӣ ва концентратсияи хеле паст ё миёна, ин кудрат ба вобастагии хатӣ таъдил меёбад. Ҳангоми таҳлили фотометрияи шуълавӣ маҳлулҳои дорои дараҷаи баланди элементҳои таҳлилшаванда квантҳои рушноиро атомҳои ҳамсоя қабул карда, онҳоро ба ҳаяҷон оварда ва мутаносибан азнавҳосилшавии квантҳо ба амал меояд. Ин равандро худабсорбсияшавӣ меноманд ва дар чараёни реэмиссия як квант метавонад аз ҷониби якчанд атом бароварда шавад, дар ҳоле ки вобастагӣ аз ғайрихаттӣ ба хаттӣ мегузарад ва ҳассосияти усул коҳиш меёбад. Аз ин рӯ, ин усул барои муайян кардани миқдори ками элементҳо пешниҳод карда мешавад, ки дар сурати зиёд будани таркиби онҳо тавсия дода мешавад, ки ба маҳлулҳои мавриди омӯзиш об илова карда шавад.

#### Усули муайян намудани металлҳои ишқорӣ ва калсий

Яке аз методҳои самарабахш барои муайян кардани металлҳои ишқорӣ ва калсий дар маҳлулҳо фотометрияи шуълавӣ мебошад. Ин усул имкон медиҳад, ки концентратсияи элементҳои мавриди назар бо дақиқии баланд муайян карда шавад.

Дар таҷрибаҳои аналитикӣ, барои таҳлили миқдори металлҳои ишқорӣ ва калсий, фотометри модели М425 истифода шудааст, ки дар асоси фотометрияи шуълавии пастҳарорат фаъолият мекунад. Ин таҷҳизот имкон медиҳад, ки таркиби маҳлул бо усули чорканал таҳлил карда шавад, ки дақиқии андозагириро зиёд мекунад.

Муайян кардани концентратсияи литий, натрий, калий ва калсий дар муҳитҳои гуногуни маҳлулҳо, ки дар таҳқиқоти илмӣ ва татбиқоти саноатӣ аҳамияти калон дорад. Фотометри шуълавии модели М425 дар муқоиса бо модели қаблии М420 тақмил дода шуда буда, имконияти таҳлили дақиқтари таркиби маҳлулҳои дорои металлҳои ишқорӣ ва калсийро фароҳам меорад.

Пеш аз ҳама барои муайян намудани таркиби маҳлулҳо, аввал бо усули стандартӣ хати калибрченкунӣ тартиб дода ва баъдан мавҷудияти таркиби металлҳои ишқорӣ ( литий, натрий, калий) ва калсий муайян карда шудааст.

### Усулҳои муайян намудани оҳан ва алюминий.

Спектрометрияи атомӣ-абсорбсионӣ яке аз усулҳои дақиқ ва самараноки химияи аналитикӣ мебошад, ки барои муайян кардани концентратсияи металлҳо, аз ҷумла магний, титан ва оҳан, дар маҳлулҳо истифода мешавад.

Ин метод ба қобилияти атомҳои элементҳо дар ҷаббиши шуоъҳои электромагнитӣ асос ёфта, имконият медиҳад, ки миқдори онҳо бо дақиқии баланд муайян карда шавад.

Ин усули таҳлил ба истифодаи спектрометрҳои атомӣ абсорбсионӣ дохил мешавад. Ин дастгоҳҳои номбурда, ки ба категорияҳои дастгоҳҳои автоматӣ ва хеле дақиқ ворид мешаванд, барои иҷрои баланди ҷенкунӣ ва такроршавии натиҷаҳо таъмин мекунад. Дар ин дастгоҳҳо ҷорӣ кардани намунаи маъданҳо барои андозагирӣ ва ба даст овардани натиҷаҳо ва сабти автоматии онҳо дар як раванди устувор ва бениҳоят дақиқ иҷро карда мешавад.

Дастгоҳи спектрометрияи атомӣ-абсорбсионӣ аз унсурҳои зерин иборат аст:

- Манбаи рушнӣ – хати спектралӣ хоси ҳар як элементи таҳлилшавандаро тавлид мекунад;
- Атомизатор – модаро ба буғи атомӣ табдил медиҳад;
- Спектрометр – хатҳои спектралӣ элементҳои мавриди таҳлиро муайян менамояд;
- Системаи электронии коркард – сигналҳои азхудкуниро ошкор, таҳлил ва тақвият медиҳад;

Ҳамкории ин қисмҳо имкон медиҳад, ки таҳлили элементҳо бо дақиқӣ ва ҳассосияти баланд анҷом дода шавад.

## **2.2. Таҳлили дифференсиалии термикӣ ва марҳилаи рентгении маъданҳои алюминийдор**

Ҳамаи маълумотҳои асосии лозимаро вобаста ба хусусиятҳои термикӣ бо истифодаи усулҳои таҳлили дифференсиалии термикӣ ба даст овардаанд.

Тавре маълум аст, ҳангоми гузаштани реаксияҳои химиявӣ дар бисёр ҳолатҳо энергия ҷаббида ё хориҷ карда мешавад. Ин равандҳо бо эффектҳои гармии реаксия алоқаманд мешаванд ва вобаста ба ин, усулҳои таҳлили дифференсиалии термикӣ барои муайян ва тавсиф намудани таркиби навҳои гуногуни ашёи хоми минералӣ истифода бурда мешаванд.

Яке аз усулҳои муҳим ва маъуфи таҳлил, ки барои муайян кардани таркиби маъданҳо ва чинсҳо истифода мешавад, таҳлили дифференсиалии термикӣ мешавад. Ин усул вобаста ба дақиқӣ дар байни дигар усулҳо бартарӣ дорад. Дар ин усул ҳам моддаи стандартӣ ва ҳам моддаи санчишӣ ҳарду дар як вақт гарм карда мешавад. Вобаста ба моддаи стандартӣ хусусиятҳои намунаи санчиш омӯхта мешаванд. Вазифаи моддаи стандартӣ аз он иборат аст, ки нагузорад ба тағироти химиявӣ дучор шавад. Дар ин усул, ҳарорат бо истифода аз се термопар сабт карда мешавад. Барои муайян кардани ҳарорати  $t$  термопари якум истифода мешавад. Термопарҳои дуюм ва сеюм дар як сикли дифференсиалӣ ба ҳам пайваस्त шудаанд, ки вазифаи муқобили якдигарро иҷро мекунанд. Ин тартиби пайваستшавӣ имкон медиҳад, ки тафовути ҳарорат ба дақиқӣ ба назар гирифта шавад, ки барои таҳлилҳои термохимиявӣ ва коркардҳои илмӣ хеле муҳим аст. Дар ин кор дериватографи Labsys Evo-1600 аз (Setaram) истифода шудааст (расми 2.3). Дар зер мо хусусиятҳои пурраи дастгоҳро нишон медиҳем.



**Расми 2.3.** - Дериватографи Labsys Evo-1600 Setaram ДСК (Калориметрияи сканкунии дифференсиалӣ)

LabSys Evo як дерватографи муосир (анализатори гармидиҳии синхронӣ) мебошад, ки дар таҳлилҳои термогравиметрӣ ва калориметрии дифференсиалии сканер (TGA-DTA/DSC, TG-DTA/DSC) истифода мешавад. Ин дастгоҳ якҷо термогравиметрия ва калориметрияро муттаҳид мекунад, ки имкон медиҳад беҳтарин ҳассосият ва дақиқии таҳлилҳо таъмин карда шаванд.

LabSys Evo дорои вазни дақиқии 0,01 мг бо сенсори гармии 3D (Calvet) мебошад, ки барои таҳлили ҳарорат бо калориметрияи дифференсиалӣ ва гармидиҳии баланд то 1600°C пешбинӣ шудааст. Ҳассосияти сенсори 3D ба 0,5 мВ/мВт ва суръати гармидиҳии/хунуккунии печка 100°C/дақ аст, ки барои таҳлилҳои дақиқ ва зуд муносиб мебошад. Дақиқии андозагирии Ср (салоҳият барои гарм кардани модда) дар тамоми фосилаи ҳарорат то 2% мерасад. Сенсори 3D Ср (Calvet) аз 10 термопар иборат аст, ки намунаро пурра ихота мекунад, барои таъмини дақиқии баланди таҳлил.

Тиглҳои корунд ва платинагӣ бо ҳаҷми 0,1 миллилитр дар муҳитҳои гуногуни газҳо (оксиген, гидроген, нитроген, гелий, аргон, ҳаво ва омехтаҳои онҳо) истифода мешаванд, ки барои таҳлилҳои махсус ва гуногун ғоиданок мебошанд.

Хусусиятҳои техникӣ: аниқияти изотермикӣ -  $\pm 1^\circ\text{C}$ , меъёри ҳарорат - аз ҳарорати ҳонагӣ то 1600°C, ҳадди аксари вазн - 20 г, меъёри вазн -  $\pm 1000$  мг ва  $\pm 200$  мг, суръати хунуккунии печка - 32 дақиқа (аз 1600 то 50°C), суръати тағйирёбии ҳарорат - аз 0,01 то 100°C/дақиқа, дурустии вазн -  $\pm 0,01\%$ , иҷозати DSC - 0,4 мВт/10 мВт вобаста ба намуди сенсор, ғизодиҳандаи намуна (ихтиёрӣ) - 30 намунаи корӣ ва 6 намунаи муқоисавӣ, вакуум -  $<10^{-1}$  мбар, ҳассосияти TG - 0,2 ва 0,02 мг, дурустии андозагирии Ср (3D ядро) - 2%, таҳлили газ (ихтиёрӣ) - пайваस्तшавии MS ва FTIR, газҳо - ду вурудгоҳ барои газҳои корӣ, ихтиёрӣ - ду контроллерҳои чараён барои таъмини дақиқ ва омехта кардани то 4 газ, қувваи барқ - 220 В, андоза ва вазн - 56x53x58 см, 55 кг.

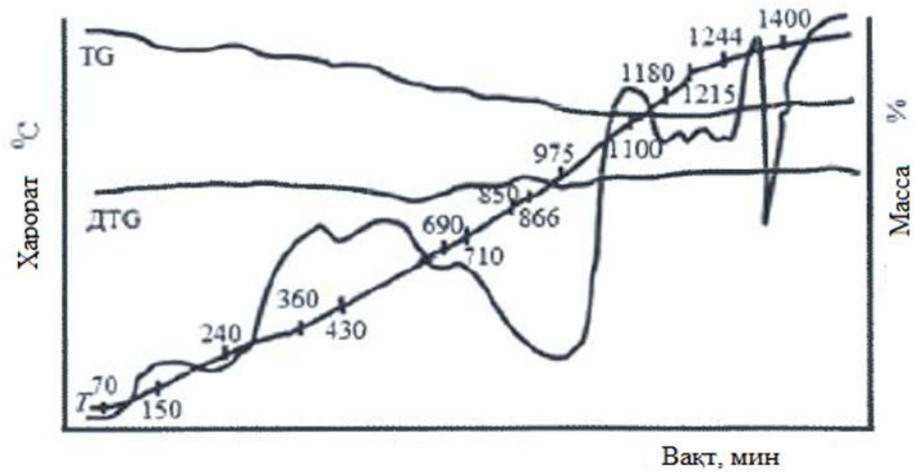
LabSys Evo имкон медиҳад, ки намудҳои гуногуни чӯбҳоро барои андозагирии DSC, DTA, TG алоҳида ва ё дар якҷоягӣ истифода баред.

DTA: 1200 ё 1600°C, тигелҳо 20, 100, 160 мл аз алюминий,  $Al_2O_3$ , платина.  
DSC: 800 ё 1600°C, тигелҳо 75, 100, 110 мл аз алюминий,  $Al_2O_3$ , платина. ТГ:  
1600°C, тигел 400 ва 500 мл  $Al_2O_3$ , платина.

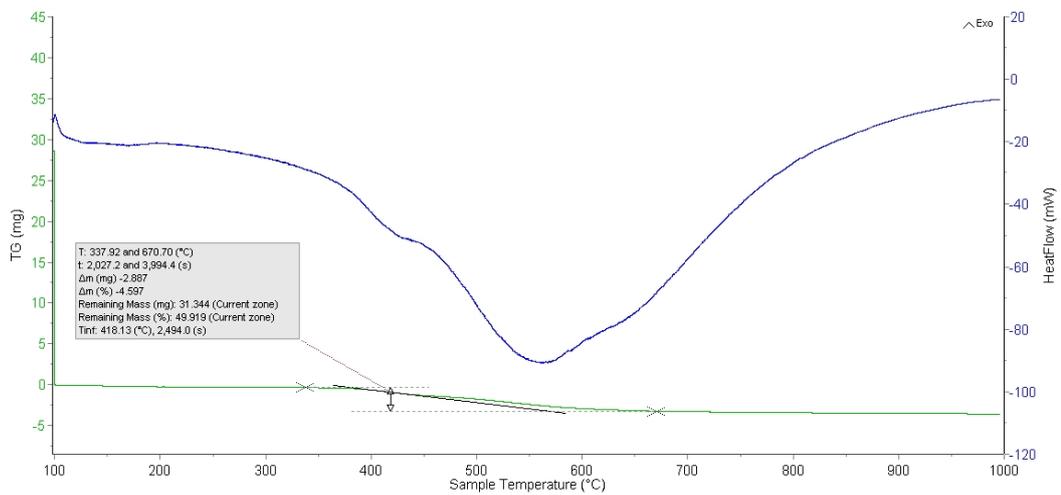
Дар расми 2.4 термограммаи алюмосиликат – нефелинҳои сиенитии Турпӣ оварда шудааст. Сабти термограмма бо суръати гармкунии 7°K/дақ иҷро гардида, дар фосилаи 690-850°C эндоэффекти васеъ мушоҳида мешавад, ки ба табдили фазавии каолинит ва эҳтимолан ба раванди дегидроксилкунии он вобаста аст. Ҳамчунин, таҳлили термограммаҳои маъданҳои дигари алюмосиликати аз ҷумла гили каолинӣ (расми 2.5) ва аргиллит (расми 2.6), нишон медиҳад, ки дар ҳароратҳои 339-671°C (гили каолин) ва 467-634°C (аргиллит) эндоэффектҳои назаррас ба назар мерасанд. Ин таъсири 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 интиҳоби шароити оптималии гудозиши ашёи 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 сохтори минералҳо ишора мекунад. Дар ҷунин шароит, эндоэффектҳо (тағйирот ё ҷаббиши энергия) дар ҳарорати баланд нишон медиҳанд, ки табдили фазавии моддаҳо ва таъсири мутақобила байни минералҳо рӯй медиҳанд. Ин равандҳо барои фаҳмидани равандҳои физикавӣ ва химиявӣ дар мавод дар шароити гармидиҳӣ аҳамияти муҳим доранд, чунки онҳо кӯмак мекунанд, ки таъсири гуногуни гармидиҳӣ ва табдили фазавии маводро дарк кунем.

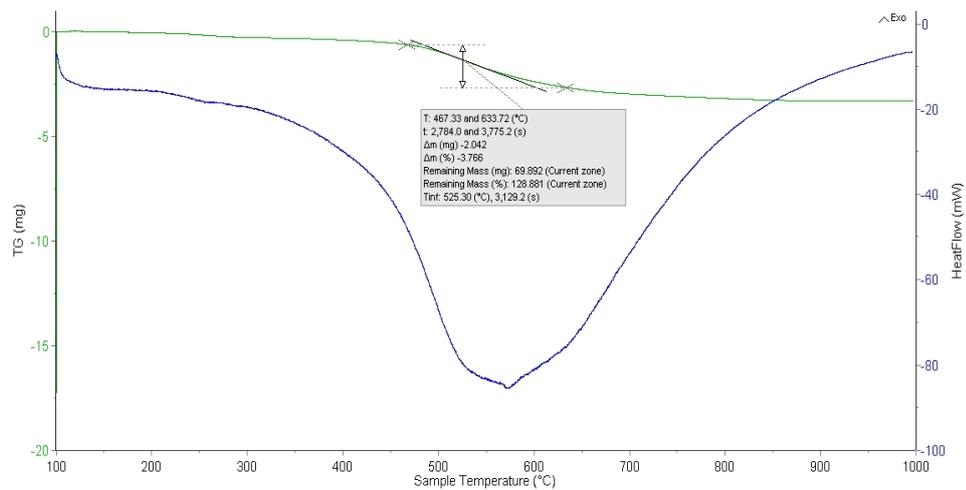
Маълумоти ба дастамада нишон медиҳад, ки бо афзоиши ҳарорат, тағироти термодинамикӣ ва фазавии моддаҳо сурат мегирад, ки ин метавонад ба раванди дегидротатсия, таҷзияи термикӣ ва дигар табдилҳои химиявӣ минералҳо алоқаманд бошад.



Расми 2.4. - Таҳлили термографии нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ



Расми 2.5. - Таҳлили термографии маъдани алюмосиликат – гили каолинӣ (масса 53,48 мг,  $T=1000^{\circ}\text{C}$ )



Расми 2.6. - Термограммаи аргилитҳо аз кони Зиддӣ (вазнаш 54,23 мг,  $T=1000^{\circ}\text{C}$ )

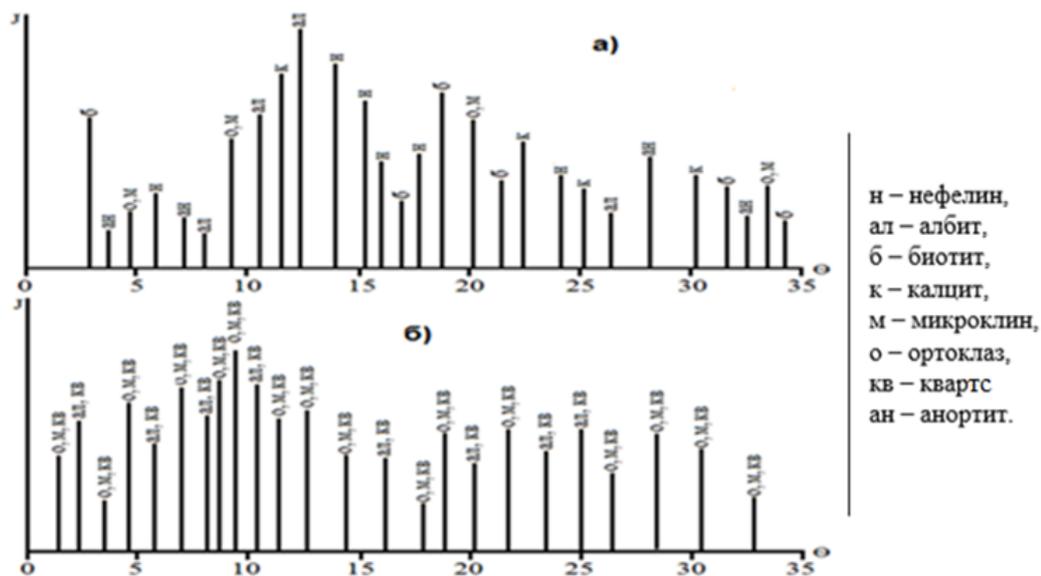
Дар таҳқиқоти лабораторӣ асбобҳои рентгении навъи ДРОН бо таъминоти барномавӣ ба таври васеъ мавриди истифода қарор гирифтанд. Ин асбобҳо имконият медиҳанд, ки таҳлили рентгенофазавӣ бо дақиқии баланд барои муайян кардани таркиби минералогии мавод анҷом дода шавад. Усули мазкур дар адабиёти илмӣ [121-126] муфассал тавсиф ёфта, дар таҳқиқоти гуногун барои омӯзиши хусусиятҳои физикавӣю химиявӣю моддаҳо васеъ истифода мешавад. Илова бар ин, барои татбиқи таҳлили рентгенофазавӣ дар гузоришномаҳои илмӣ ва дастурҳои методӣ усулҳои гуногун пешбинӣ шудаанд, ки иҷрои дақиқи таҳқиқотро таъмин мекунанд.

Барои омӯзиши маъданҳои алюминий, аз ҷумла гилҳои каолинӣ, каолинии сабз ва аргиллит, таҳлили рентгенофазавӣ тавассути дифрактографи Dron-3 бо истифода аз шуоъдиҳии  $\text{CuK}\alpha$ , ки тавассути филтри никел тоза карда шудааст, анҷом дода шуд. Ин таҳқиқот на танҳо барои муайян кардани таркиби маъданҳои аслӣ, балки барои таҳлили маҳсулоти коркарди маъданҳо низ истифода гардид. Пас аз коркарди ҳароратӣ дар  $500\text{--}600^\circ\text{C}$  ва таҷзияи минбаъда бо кислотаҳои минералӣ, маҳсулоти мазкур ба даст оварда шудаанд.

Натиҷаҳои таҳлил нишон доданд, ки дақиқии таҷрибавӣ дар ин таҳқиқот  $\pm 0,005$  нм-ро ташкил медиҳад, ки бо маълумоти пешниҳодшуда дар манбаъи [125] мувофиқат мекунад ва дар доираи хатогии иҷозатшуда қарор дорад. Ин нишон медиҳад, ки усули истифодашуда метавонад барои омӯзиши дақиқи фазавии минералҳо дар ҷараёни коркарди саноатии ашёи хом самаранок татбиқ гардад.

Намунаҳои дифраксияи рентгенӣ барои маъданҳои дорои алюминий, ки тавассути дифрактографи ДРОН-3 ба даст оварда шудаанд, дар расмҳои 2.7–2.9 оварда шудаанд.

Таҳлили рентгенофазавӣ ҳамчун яке аз усулҳои бозътимоди муайянкунии таркиби минералҳо, имконият медиҳад, ки тағйироти фазавии мавод дар шароити гуногуни гармидиҳӣ ва таъсири химиявӣ таҳлил карда шавад. Ин усул дар саноати истихроҷи маъдан ва истеҳсоли маводи дорои алюминий барои оптимизатсияи шароити коркард аҳамияти муҳим дорад.



**Расми 2.7.** - Диаграммаи ҳатти таҳлили рентгенофазавии нефелинҳои сиенитии кони Турпи

Диаграммаи мазкур ду ҳолати мавадро 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 чузъҳои минералогӣ тағйир ёфтаанд, ё нест шудаанд.

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

Муқоисаи фазавии спектрҳо нишон медиҳад, ки баъзе чузъҳои минералӣ 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.



кислотаҳо дар равандҳои химиявӣ ва технологӣ бо хусусиятҳои хос ва самарабахши худ боэътимод ва муассир кор кардаанд, ки ба мукамалӣ расидан ва ба натиҷаҳои беҳтарин дар коркарди маводҳо кӯмак мерасонанд. Ин кислотаҳо дастрас, арзон ва хеле муассир мебошанд. Ҳангоми истифодаи онҳо дар марҳилаҳои иловагӣ ё такмили равандҳо, онҳо таъсири манфӣ ё ҳалал барои фаъолияти технологӣ намегузоранд. Ин хусусият онҳоро барои равандҳои саноатӣ ва илмӣ қобили қабул мегардонад. Ғайр аз ин, дар марҳилаҳои ибтидоии таҷзия ё ҷудокунии маъдан, ин кислотаҳо метавонанд маҳсулоти ҳадафиро ба осонӣ аз маҳлулҳои истехсолӣ ҷудо кунанд, ки ин маъзаратро дар чараёни истехсолот осон мекунанд.

Дар манбаъҳои адабиёт маълумот ва натиҷаҳои таҳқиқот дар бораи истифодаи кислотаҳои минералӣ барои ҷудо кардани маъданҳо ва арзёбии термодинамикии равандҳои таҷзия бо истифодаи баъзе кислотаҳо оварда шудаанд. Дар таҳқиқоти мо, арзёбии термодинамикии равандҳои бо истифода аз кислотаҳои фосфат ( $H_3PO_4$ ), сулфат ( $H_2SO_4$ ), хлорид ( $HCl$ ) ва омехтаи кислотаҳои ( $H_2SO_4 + HNO_3$ ) сулфат ва нитрат ҷудо кардани нефелинҳои сиенитӣ пешниҳод шудаанд [113]. Арзёбӣ ва таҳлили термодинамикӣ як ҷузъи муҳими таҳқиқот дар омӯзиши равандҳои таҷзия ва ҷудо кардани нефелинҳои сиенитӣ ва минералҳои марбут ба онҳо мебошад. Ин арзёбӣ ба мо имкон медиҳад, ки таъсири кислотаҳои мазкурро дар равандҳои химиявии минералҳо муайян кунем ва фаҳмем, ки оё равандҳои ҷудо кардани маъдан имкон пазиру ҳастанд ё не. Баъд аз ин, мо метавонем донише пайдо кунем, ки чӣ гуна кислотаҳо бо минералҳои гуногун дар алоқа буда, реаксияҳо ва шартҳои ҷудо кардани молекулаҳоро таҳлил намоем.

### ***2.3.1. Таҳлили термодинамикии равандҳо ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитии Турни бо иштироки кислотаи ортофосфат***

Таҳлили рентгенофазавӣ муайян кард, ки нефелинҳои сиенитӣ дорои маъданҳои зерин мебошанд: албит  $Na[AlSi_3O_8]_2$ , нефелин  $(Na, K)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot$

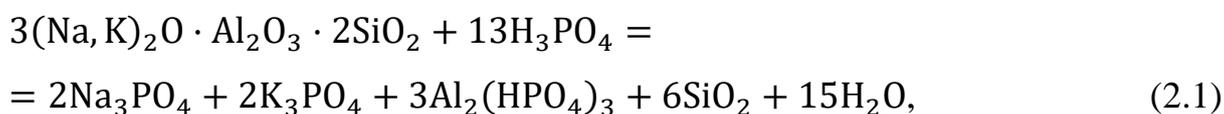
2SiO<sub>2</sub>, анортит CaO • Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> • 2SiO<sub>2</sub>, биотит K<sub>2</sub>O • 3MgO • (Al, Fe)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> • 3SiO<sub>2</sub> • H<sub>2</sub>O [21-A], калсит CaCO<sub>3</sub>, ортоклаз – микроклин K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>].

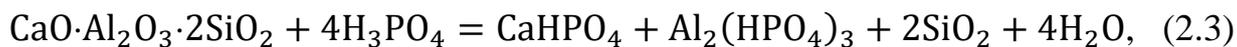
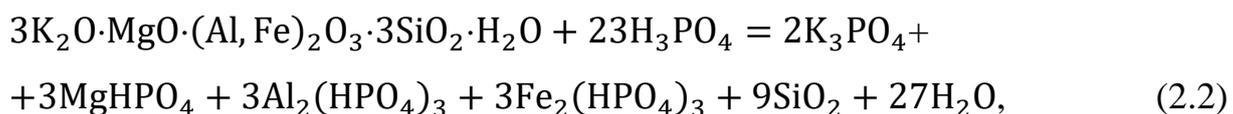
Дар ҷадвали 2.1 маълумотҳои дар дастур омада оид ба тағйирёбии энталпия ва энтропияи моддаҳо ва минералҳои, ки дар таркиби нефелинҳои сиенитии кони Турпи мавҷуданд, оварда шудаанд.

**Ҷадвали 2.1.** - Функцияҳои термодинамикӣ ва арзишҳои он дар маъданҳои нефелинҳои сиенитии кони Турпи

Минералҳо ва моддаҳои дар равандҳо иштирок кунанда	$\Delta S^0_{298}$	$\Delta H^0_{298}$
K <sub>2</sub> O•MgO•(Al,Fe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> •3SiO <sub>2</sub> •H <sub>2</sub> O	354.7	-2336
(Na,K) <sub>2</sub> O•Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> •2SiO <sub>2</sub>	124	-2093
CaCO <sub>3</sub>	91.71	-1219.7
CaO•Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> •2SiO <sub>2</sub>	214.8	-4222.9
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	110.5	-1282.5
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	173.8	-1916.9
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	81.32	-2028.3
Al <sub>2</sub> (HPO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	90.7	-1733
Fe <sub>2</sub> (HPO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	80.22	-1317.87
CaHPO <sub>4</sub>	111.37	-1808.56
MgHPO <sub>4</sub>	194.8	-1756.02
SiO <sub>2</sub>	42	-910.9
H <sub>2</sub> O	70	-286
CO <sub>2</sub>	213.67	-393.51

Дар вақти баҳамтаъсирии кислотаи фосфат ва нефелинҳои сиенитӣ реаксияҳои зерин ба амал меоянд [21-M]:





(2.4)

Барои ҳар як реаксия характеристикаҳои термодинамикӣ ҳисоб карда шуданд, ки дар ҷадвали 2.2 ва 2.3 оварда шудаанд.

**Ҷадвали 2.2.** - Хусусиятҳои термодинамикии реаксияҳо, ҳангоми баҳамтаъсирии минералҳои нефелинҳои сиенитӣ бо  $H_3PO_4$

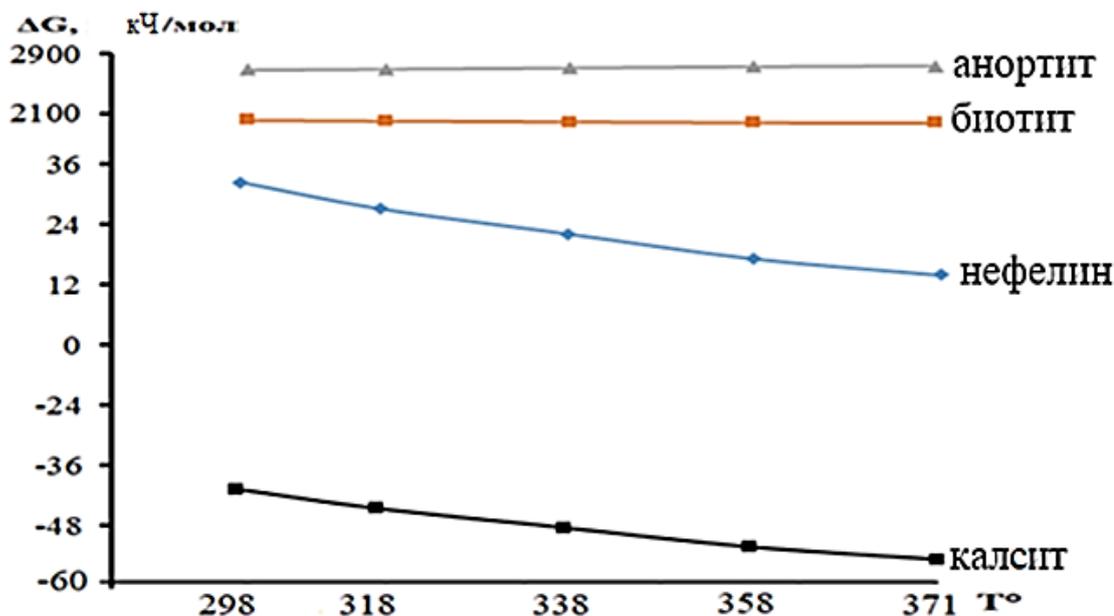
№ реаксияҳо	$\Delta H^0_{298}$ , кҶ/мол	$\Delta S^0_{298}$ , Ҷ/мол·дараҷа	$\Delta G^0_{298}$ , кҶ/мол
(2.1)	106.7	0.25	32.2
(2.2)	2108.13	0.069	2087.57
(2.3)	2845.54	0.09	2872.36
(2.4)	14.13	0.192	-43.09

**Ҷадвали 2.3.** - Арзишҳои энергетикӣ Гиббс ( $\Delta G$ , кҶ/мол) дар ҳароратҳои гуногун дар реаксияҳои (2.1)-(2.4) таъсири мутақобилаи нефелинҳои сиенит бо  $H_3PO_4$

№ реаксияҳо	$\Delta G_{298}$	$\Delta G_{318}$	$\Delta G_{338}$	$\Delta G_{358}$	$\Delta G_{371}$
(2.1)	-32.5	-27.2	-22.2	-17.2	-13.95
(2.2)	-2087.57	-2086.19	-2084.8	-2083.43	-2082.53
(2.3)	-2872.36	-2874.16	-2875.96	-2877.76	-2878.93
(2.4)	-43.09	-46.93	-50.77	-54.61	-57.1

Натиҷаҳои ҳисобкунии характеристикаҳои термодинамикии реаксияҳои пешниҳодшуда (2.1)-(2.4) (ҷадвали 2.2) нишон медиҳад, эҳтимолияти ҷараёни ин

равандҳо дар шароити стандартӣ вуҷуд дорад. Дар ҷадвали 2.3 ва расми 2.10 таъсири ҳарорат ба арзишҳои энергетикӣ Гиббс ва ҷараёни реаксияҳо мавриди баррасӣ қарор гирифтааст. Тавре аз маълумоти ҷадвали 2.3 ва расми 2.10 бармеояд, афзоиши ҳарорат ба ташаккул ва пешрафти ҳамаи реаксияҳои таҳқиқшаванда (2.1)-(2.4) мусоидат мекунад.



**Расми 2.10.** - Вобастагии тағйирёбии энергияи Гиббс ( $\Delta G$ ) аз ҳарорати таҷзияи минералҳои дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ буда ҳангоми таҷзия бо  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Дар диаграмма барои чор минерали асосӣ тағйироти термодинамикӣ ҳангоми реаксия бо кислота нишон дода шудааст:

1 – нефелин, 2 – биотит, 3 – анортит, 4 – калсит [8-М].

Маълумоти бадастомада нишон медиҳад, ки барои таҷзияи ин минералҳо дар муҳити кислотаи фосфат ҳарорати оптималӣ дар доираи 298–371 К қарор дорад. Дар ин шароит раванди таҷзия ба самаранокии бештар ноил мегардад ва ҷузъҳои фойданоки мавод бо дараҷаи баланди маҳлулшавӣ ҳосил мешаванд.

Ҳамин тариқ, коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи фосфат аз ҷиҳати термодинамикӣ дар ҳарорати муътадил имконпазир буда, интихоби шароити мувофиқ барои истихроҷи моддаҳои фойданок аҳамияти калон дорад.

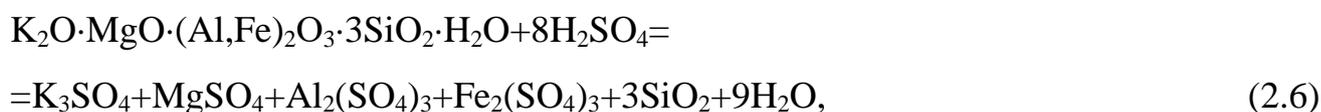
**2.3.2. Таҳлили термодинамикии равандҳо ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитии Турпӣ бо иштироки кислотаи сулфат**

Арзишҳои функсияҳои термодинамикии маъданҳои нефелини сиенитӣ дар кони Турпӣ дар ҷадвал 2.4 оварда шудаанд.

**Ҷадвали 2.4.** - Арзишҳои функсияҳои термодинамикии маъданҳои нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ [21-М]

Минералҳо ва моддаҳои дар равандҳо иштирок кунанда	$\Delta S^0_{298}$	$\Delta H^0_{298}$
$K_2O \cdot MgO \cdot (Al,Fe)_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O$	354.7	-2336
$(Na,K)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	124	-2093
$CaCO_3$	91.71	-1219.7
$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	214.8	-4222.9
$H_2SO_4$	156.9	-811.3
$Na_2SO_4$	149.4	-1384
$K_2SO_4$	175.73	-1433.44
$Al_2(SO_4)_3$	239.2	-3434
$Fe_2(SO_4)_3$	283	-2584
$CaSO_4$	106.7	-1424
$MgSO_4$	126.5	-1610.4
$SiO_2$	42	-910.9
$H_2O$	70	-286
$CO_2$	213.67	-393.51

Дар вақти ба якдигар таъсиркунии минералҳо бо кислотаи сулфат чунин реаксияҳо мегузарад:





Барои ҳар як реаксия хусусиятҳои термодинамики ҳисоб карда шуда, дар ҷадвали 2.5 ва 2.6 нишон дода шуда аст.

**Ҷадвали 2.5.** - Хусусиятҳои термодинамикии реаксияҳо ҳангоми таъсири мутақобилаи минералҳои нефелинҳои сиенитӣ бо  $\text{H}_2\text{SO}_4$

№ Реаксияҳо	$\Delta H^0_{298}$ , кҶ/мол	$\Delta S^0_{298}$ , Ҷ/мол·дараҷа	$\Delta G^0_{298}$ , кҶ/мол
(2.5)	-3353.74	0.0746	3375.97
(2.6)	-5542.14	-0.05	-1527.24
(2.7)	-355.7	0.133	-316.06
(2.8)	-72.51	0.142	-114.83

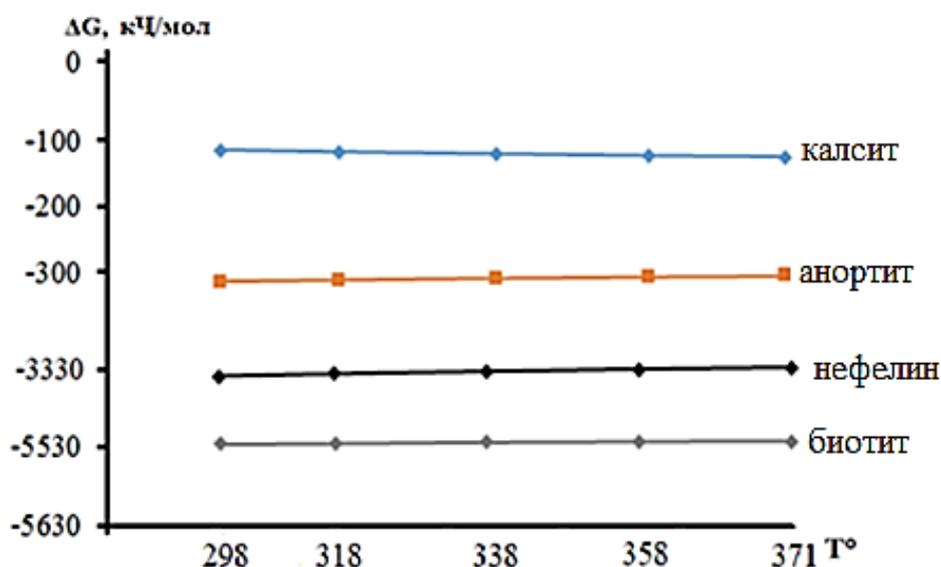
**Ҷадвали 2.6.** - Арзишҳои энергияи Гиббс ( $\Delta G$ , кҶ/мол) дар ҳароратҳои гуногун дар реаксияҳои (2.5)-(2.8) таъсири мутақобилаи нефелинҳои сиенитӣ бо  $\text{H}_2\text{SO}_4$

№ Реаксияҳо	$\Delta G_{298}$	$\Delta G_{318}$	$\Delta G_{338}$	$\Delta G_{358}$	$\Delta G_{371}$
(2.5)	-3375.97	-3377.46	-3378.95	-3380.45	-3381.42
(2.6)	-1527.24	-5526.24	-5525	-5524.24	-5523.59
(2.7)	-316.06	-313.41	-310.75	-308.08	-306.36
(2.8)	-114.83	-117.67	-120.51	-123.35	-125.19

Натиҷаҳои ҳисоб кардани характеристикаҳои термодинамикии реаксияҳои пешниҳодшуда (2.5)-(2.8) (ҷадвали 2.5) эҳтимолияти дар шароити стандартӣ ба амал омадани равандҳоро нишон медиҳанд. Ҷадвали 2.6 ва расми 2.11 натиҷаҳои таъсири ҳароратро ба арзишҳои энергияи Гиббс ҷараёнҳои баррасишаванда нишон медиҳанд.

Ҳамин тариқ, таъзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи сулфат нишон медиҳад, ки раванд бояд дар ҳарорати 298-371 К гузаронида шавад, то ҷузъҳои

фоиданоки он ба даст оварда шаванд. Ин раванд дар ҳарорати муайяншуда кӯмак мекунад, ки чузъҳои минералӣ ба таври самаранок ҷудо шаванд, ки барои истеҳсоли маводҳои фоиданок муҳим мебошад.

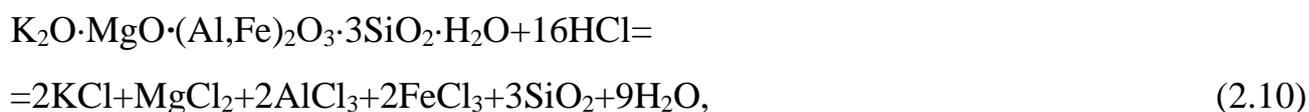


**Расми 2.11.** - Вобастагии тағйирёбии  $\Delta G$  аз ҳарорат дар ҷараёни таҷзияи минералҳои мавҷуд дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ ҳангоми таҷзияи онҳо бо кислотаи сулфат ( $H_2SO_4$ )

### 2.3.3. Таҳлили термодинамикии равандҳо ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитии Турни бо иштироки кислотаи хлорид

Таҳлил намудани равандҳои термодинамикии нефелинҳои сиенитӣ ҳангоми таҷзияи онҳо бо кислотаи хлорид, яке аз равандҳои муҳим ҳангоми омӯзиш ба ҳисоб меравад. Аз ин ру дар ҷадвали 2.7, мо қиматҳои термодинамикии маъданҳои нефелинҳои сиенитӣ ва моддаҳои дигари дар равандҳо иштирок кунандаро ҷамъоварӣ намудем.

Дар вақти таъсир кардани кислотаи хлорид бо минералҳои сиенитҳои нефелинӣ реаксияҳои зерин ба амал меоянд:





**Чадвали 2.7.** - Қиматҳои функсияҳои термодинамикии маъданҳои нефелинҳои сиенити кони Турпи [21-М]

Минералҳо ва моддаҳои дар равандҳо иштирок кунанда	$\Delta S^0_{298}$	$\Delta H^0_{298}$
$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	214.8	-4222.9
$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot (\text{Al,Fe})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	354.7	-2336
$(\text{Na,K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	124	-2093
$\text{CaCO}_3$	91.71	-1219.7
$\text{HCl}$	55.2	-167.4
$\text{NaCl}$	115	-407.5
$\text{KCl}$	28.12	-419
$\text{AlCl}_3$	167	-697.4
$\text{FeCl}_3$	193.4	-547.7
$\text{CaCl}_2$	108.37	-795.92
$\text{SiO}_2$	42	-910.9
$\text{CO}_2$	213.67	-393.51
$\text{H}_2\text{O}$	70	-286
$\text{MgCl}_2$	89.54	-641.83

Барои ҳар як реаксияҳо хусусиятҳои термодинамикӣ ҳисоб карда шуда дар чадвалҳои 2.8 ва 2.9 нишон дода шуда аст.

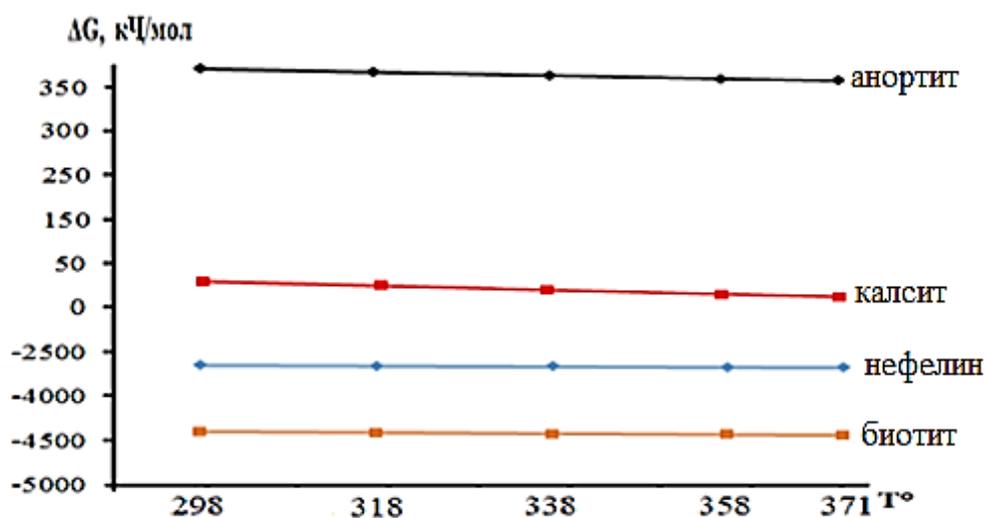
Натиҷаҳои ҳисоб кардани характеристикаҳои термодинамикии реаксияҳои пешниҳодшуда (2.9)-(2.12) (чадвали 2.8) эҳтимолияти дар шароити стандартӣ ба амал омадани равандҳоро нишон медиҳанд. Дар чадвали 2.9 ва расми 2.12 натиҷаҳои таъсири ҳарорат ба арзишҳои энергетикӣ Гиббс дар ҷараёнҳои баррасишаванда нишон дода шудаанд.

**Ҷадвали 2.8.** - Хусусиятҳои термодинамикии реаксияҳо ҳангоми таъсир кардани минералҳои нефелинҳои сиенитӣ бо HCl

№ реаксияҳо	$\Delta H^0_{298}$ , кҶ/мол	$\Delta S^0_{298}$ , Ҷ/мол·дараҷа	$\Delta G^0_{298}$ , кҶ/мол
(2.9)	-2532.6	0.378	-2645.24
(2.10)	-4239.33	0.557	4405.32
(2.11)	405.58	0.15	360.88
(2.12)	79.07	0.191	22.15

**Ҷадвали 2.9.** – Қиматҳои энергияи Гиббс ( $\Delta G$ , кҶ/мол) дар ҳароратҳои гуногун дар реаксияҳои (2.9)-(2.10), таъсири мутақобилаи нефелинҳои сиенитӣ бо HCl

№ реаксияҳо	$\Delta G_{298}$	$\Delta G_{318}$	$\Delta G_{338}$	$\Delta G_{358}$	$\Delta G_{371}$
(2.9)	-2645.24	-2652.8	-2660.36	-2667.92	-2672.84
(2.10)	-4405.32	-4416.46	-4427.6	-4438.74	-4445.98
(2.11)	360.88	357.88	354.88	351.88	349.93
(2.12)	22.15	18.33	14.51	10.69	8.21



**Расми 2.12.** - Вобастагии тағйирёбии  $\Delta G$  аз ҳарорат дар раванди таҷзияи минералҳои мавҷуд дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз HCl

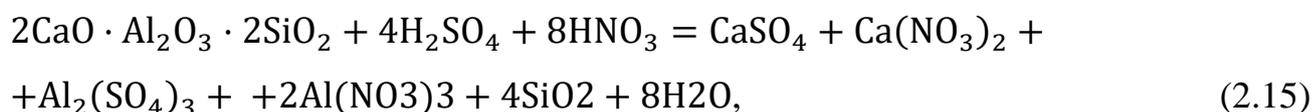
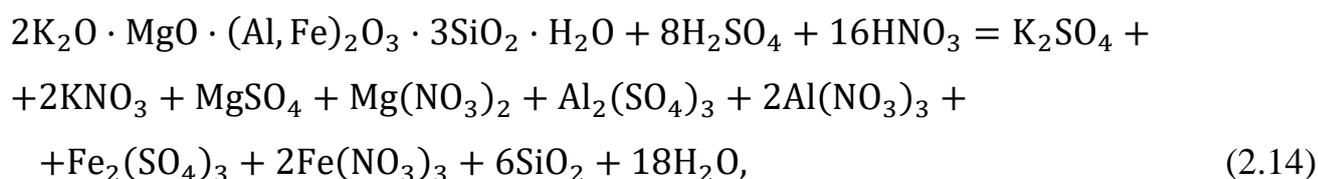
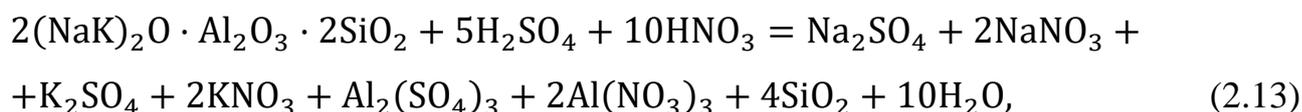
Натиҷаҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи хлорид бояд дар ҳарорати 298-371 К сурат гирад, то чузъҳои

фоиданоки он бо самаранокии баланд чудо карда шаванд. Дар ин фосилаи хароратӣ, раванд самараноктар ва бо эҳтимоли зиёд чузъҳои фоиданок чудо мешаванд, ки барои таҳқиқот ва истифодаи минералҳо муҳим аст.

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

Дар ин кор натиҷаҳои таҳлили термодинамикӣ ва ҳисобҳои характеристикаи кинетикии равандҳои химиявӣ ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо истифода аз омехтаи кислотаҳои сулфат ва нитрат пешниҳод гардидаанд [8-М]. Ҳангоми таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ, ки дорои маъданҳои муҳим барои истеҳсоли алюминий ва дигар металлҳои саноатӣ мебошад, якҷанд реаксияҳои химиявӣ гузаронида шуд. Ин реаксияҳо дар ҳар қадом қадами раванд боиси ҳосилшавии маҳсулоти гуногун гардид. Аз ҷумла, баъзе чузъҳои минералогӣ метавонанд дар натиҷаи таъсири кислотаҳо, ё харорати баланд чудо ва тағйир ёбанд, ки дар охир барои истеҳсоли металлҳо ва маводҳои фоиданок истифода мешаванд.

Дар вақти таҷзияи сианитҳои нифелинӣ реаксияҳои зерин мегузаранд [8-М]:



Барои ҳисоб кардани тағироти термодинамикӣ дар натиҷаи ин реаксияҳо (2.13)-(2.16), стандартҳои термодинамикӣ барои ҳар як модда, ки дар ин равандҳо иштирок мекунанд, истифода шудаанд. Арзиши стандартии термодинамикӣ, ки барои реаксияҳои мазкур истифода мешаванд, дар ҷадвали 2.10 оварда шудааст.

Ҳамин тариқ, ба ҳисоб гирифтани ва ба ҳисобоварии тағирёбии гармӣ ва энтропия ба мақсади муайян кардани самарани химиявии ин реаксияҳо зарур аст.

Барои ҳисоб кардани эффеҶтҳои гармии стандартии реаксияҳо, истифодаи муодилаи зерин зарур аст:

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \sum \Delta_f H^{\circ}_{298} (\text{маҳсулоти кон.}) - \sum \Delta_f H^{\circ}_{298} (\text{маҳсулоти асли})$$

Ин муодила имкон медиҳад, ки мо барои ҳар як модда арзиши гармии стандартиро ҳисоб кунем, ки барои реаксияҳои маъданҳои сиенитии нифелинӣ мавриди истифода қарор мегирад. Ҳамчунин, ин арзёбӣ ба мо кумак мекунад, ки боздорандаи муҳими реаксияҳо ва имконияти татбиқи онро дар иқтисоди саноатӣ муайян кунем.

Барои ҳисоб кардани тағирёбии иқтисоди гармии система, ки бо муодилаи термодинамикӣ дастгирӣ шуда, муодилаи зерин истифода мешавад:

$$\Delta C_p^{\circ} = \sum v_{\text{кон}} C_p^{\text{кон}} - \sum v_{\text{аввала}} C_p^{\text{исх.}}$$

Инчунин, муодилаи Кирхгоф барои ҳисоб кардани эффеҶтҳои гармӣ дар ҳарорати мушаххас дар равандҳои химиявӣ дар ҳарорати муқаррарӣ (298 К) истифода мешавад. Ҳангоми гузариш ба ҳарорати дигар, муодилаи зерин кумак мекунад:

$$\Delta H^{\circ}_T = \Delta H^{\circ}_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT.$$

$$\text{Вақте ки } \Delta C_p^{\circ} = \text{const} = \Delta C_p^{\circ}_{298}.$$

Дар шароити муайян, ки агар тағирёбии иқтисоди гармии система ( $\Delta C_p^{\circ}$ ) дар ҳарорати 298 К баробар бо муқоиса дигар ҳолатҳо бошад, муодила ба чунин шакл кӯчонида мешавад:

$$\Delta H^{\circ}_T = \Delta H^{\circ}_{298} + \Delta C_p^{\circ}_{298} (T - 298 \text{ К}).$$

Қадами нахустини муҳими таҳлилӣ термодинамикӣ барои реаксияҳои химиявӣ дар расидани беҳтарин натиҷаҳо дар муайян кардани тағирёбии энтропияи реаксия мебошад. Барои ҳисоб кардани тағирёбии энтропия, ки як марҳилаи муҳим дар ҳар як реаксия ва равандҳои химиявӣ аст, муодилаи зерин истифода мешавад:

$$\Delta S^{\circ}_{298} = \sum \Delta S^{\circ}_{298} (\text{маҳсулоти ниҳоӣ}) - \sum \Delta S^{\circ}_{298} (\text{моддаи аввала}).$$

Ин ҳисобҳо ва таҳлилҳо ба мо кумак мекунанд, ки имконияти амалӣ кардани равандҳои химиявиро дар саноат ва истеҳсолот баррасӣ намоем. Дар ҳоле, ки арзёбӣ ва ҳисобҳои термодинамикӣ ва кинетикӣ нишон медиҳанд, ки кадом омилҳо барои ба даст овардани самаранокии баланд ва истифодаи оқилонаи кислотаҳои минералӣ дар равандҳо муҳим мебошанд.

**Ҷадвали 2.10.** - Қиммати функсияҳои термодинамикии моддаҳои нефелинҳои сиенити Турпӣ

Минералҳо	$\Delta S^{\circ}_{298}$ , Ҷ/мол·дараҷа	$\Delta H^{\circ}_{298}$ , кҶ/мол
$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2_{\text{кр}}$	214.8	-4222.9
$(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2_{\text{кр}}$	124.10	-2093.10
$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot (\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_{\text{кр}}$	354.81	-2336.10
$\text{CaCO}_3_{\text{кр}}$	91.71	-1219.61

Табдил додани ҳарорати стандартӣ (298 К) ба ҳама гуна ҳароратҳои дигар мувофиқи муодилаи сураат гирифт:

$$\Delta S_T = \Delta S_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p / T, dT = \Delta S_{298} + \Delta C_{\text{ор}, 298} \ln(T/298) \quad [8-M].$$

Дар шароити стандартӣ, тағйирёбии энергияи Гиббс ( $\Delta G_{298}$ ) инчунин бо истифода аз муодилаи зерин ҳисоб карда шуд:

$$\Delta G_{298} = \Delta H_{298} - \Delta S_{298}.$$

Барои ҳарорати мушаххас, тағйирёбии энергияи Гиббс ( $\Delta G$ ) тавассути формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\Delta G_T = \Delta H_T - T \Delta S_T.$$

$\Delta H_T$  — тағйирёбии энталпия,

$T$  — ҳарорат (К),

$\Delta S_T$  — тағйирёбии энтропия.

Ҳангоми таҳлили таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз омехтаи кислотаҳои сулфат ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ва нитрат ( $\text{HNO}_3$ ), ҳудуди ҳарорат дар фосилаи 298 то 371 К муайян карда шудааст. Паст шудани ҳарорат аз 298 К боиси коиши суръати

реаксияҳо мегардад, ки барои раванд номатлуб аст, дар ҳоле, ки боло рафтани ҳарорат аз 371 К метавонад бухорҳавии маҳлулҳои кислотаҳо ба вучуд оварад ва самаранокии ҷараёноро коҳиш диҳад [8-М].

Аз ин рӯ, барои оптимизатсия кардани равандҳои химиявӣ ва таъмини иҷрои дурусти реаксияҳо, фосилаи ҳарорати интиҳобшуда барои таъзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи сулфат ва нитрат зарур аст.

Нуқтаи муҳим: Агар эҳтимолияти таъсири иқтисодии гармӣ ва энталпияи пайвастагиҳои мураккаб ба назар гирифта нашавад, пас барои баррасии таъсири термодинамикӣ ба ҳулосаҳои дақиқ дар доираи ҳароратҳои интиҳобшуда диққат дода мешавад.

Дар ҷадвали 2.11 ҳулосаҳои асосиро дар бар мегирад, ки хусусиятҳои термодинамикии реаксияҳо дар натиҷаи таъсири мутақобилаи омехтаи кислотаҳои сулфат ( $H_2SO_4$ ) ва нитрат ( $HNO_3$ ) бо минералҳои нефелинҳои сиенитӣ нишон медиҳанд [8-М]. Дар ин ҷадвал таҳлил ва арзёбӣ мешаванд, ки чӣ гуна омехтаи ин кислотаҳо дар раванди таъзия ва коркарди минералҳои сиенитӣ таъсир мерасонад, ки ин кӯмак мекунад дар фаҳмидани механизмҳои термодинамикӣ ва самаранокии равандҳои химиявӣ.

**Ҷадвали 2.11.** - Хусусиятҳои термодинамикии реаксияҳои химиявии реаксияҳои (2.13)-(2.16) ва қиматҳои энталпия ( $\Delta H^{\circ}_{298}$ ), энтропия ( $\Delta S^{\circ}_{298}$ ) ва энергияи Гиббс ( $\Delta G^{\circ}_{298}$ ) барои ҳар як реаксия дар ҳарорати 298К

№ реаксияҳо	$\Delta H^{\circ}_{298}$ , кҶ/мол	$\Delta S^{\circ}_{298}$ , Ҷ/мол·дараҷа	$\Delta G^{\circ}_{298}$ , кҶ/мол
(2.13)	-7249.6	-97.22	-7220.63
(2.14)	-11542.8	-2053.55	-10930.84
(2.15)	-1328.5	-941.3	-1048
(2.16)	-1374.3	214.82	-1438.31

Барои ҳисоб кардани  $\Delta G$  дар фосилаи ҳарорати 298–371 К, тағйирёбии энталпия ( $\Delta H$ ) ва энтропия ( $\Delta S$ ) барои ҳар як реаксия истифода шудааст. Бар

асоси ин маълумот, графикаи вобастагии  $\Delta G$  аз ҳарорат таҳия карда шудааст, ки дар ҷадвали 2.12 ва расми 2.13 нишон дода шудааст [8-М].

Ин график метавонад вобастагии термодинамикии реаксияҳоро дар доираи ҳароратҳои интиҳобшуда (298–371 К) тавсиф кунад ва нишон диҳад, ки тағйироти энталпия ва энтропия дар ҳарорати гуногун чӣ гуна таъсир мерасонад, ки ба шароити оптималии коркард мусоидат мекунад.

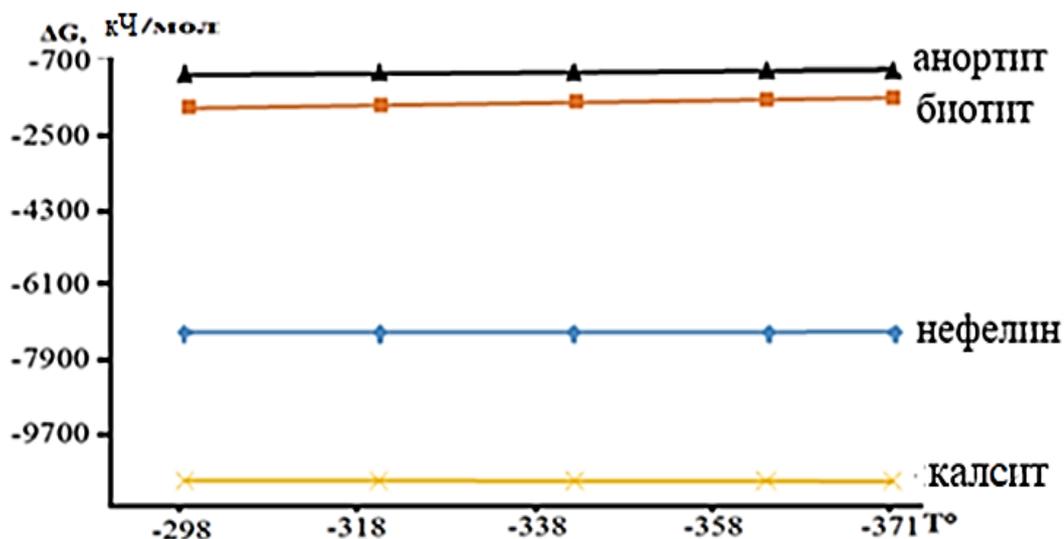
Аз арзишҳои ҷадвали 2.12 ва расм метавон ба хулосае омад, ки дар реаксияҳо (2.13)-(2.16) арзишҳои манфии  $\Delta G$  бо баланд шудани ҳарорати раванд зиёд мешаванд, ки ин ба пешрафти раванд таъсири мусбӣ мерасонад.

Дар диаграмма барои ҳар як минерали асосӣ (нефелин, биотит, анортит, калсит) тағйироти  $\Delta G$  дар доираи ҳароратҳои 298–371 К расмӣ шудааст.

Ҳамин тариқ, коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи хлорид дар доираи ҳароратҳои 298-371 К ба ҳосил шудани чузъҳои фоиданок кумак мекунад. Ин ҳарорат барои ҳар як минерал мувофиқ буда, беҳтарин натиҷаҳои химиявии эҳтимолиро ба даст меорад.

**Ҷадвали 2.12.** - Қиматҳои энергияи Гиббс ( $\Delta G$ , кҶ/мол) дар доираи ҳарорати 298-371 К дар реаксияҳо, ки мавриди баррасӣ қарор дода шудаанд [8-М]

№ реаксияҳо	$\Delta G^{\circ}_{298}$	$\Delta G^{\circ}_{318}$	$\Delta G^{\circ}_{338}$	$\Delta G^{\circ}_{358}$	$\Delta G^{\circ}_{371}$
(2.13)	-7220.63	-7218.7	-7216.74	-7214.8	-7213.53
(2.14)	-10930.84	-10889.77	-10848.7	-10807.63	-10780.93
(2.15)	-1048	-1029.17	-1010.34	-991.51	-979.28
(2.16)	-1438.31	-1442.61	-1446.9	-1451.2	-1454



**Расми 2.13.** - Вобастагии тағйирёбии  $\Delta G$ -ро аз ҳарорат барои таҷзияи минералҳои нефелинҳои сиенити Турпи бо омехтаи кислотаҳои сулфат ва нитрат

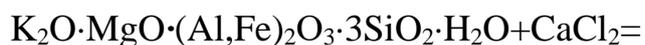
### 2.3.5. Таҳлили термодинамикии равандҳои ҳангоми худозиши нефелинҳои сиенити Турпи бо иштироки хлориди калсий ва натрий

Арзишҳои функсияҳои термодинамикии маъданҳои нефелини сиенитӣ дар қони Турпи дар ҷадвал 2.13 оварда шудаанд.

**Ҷадвали 2.13.** - Арзишҳои функсияҳои термодинамикии маъданҳои нефелинҳои сиенити қони Турпи

Формулаи минералҳо	$\Delta H^0_{298}$	$\Delta S^0_{298}$
$(\text{Na},\text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	-2093	124
$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot (\text{Al},\text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-2336	354.7
$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	-4222.9	214.8
$(\text{Na},\text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	-2093	124

Вақте, ки минералҳои нефелинҳои сиенитӣ бо  $\text{CaCl}_2$  таъсир мекунад, реаксияҳои зерин ба амал меоянд:





Барои ҳар як реаксия характеристикаҳои термодинамикӣ ҳисоб карда шуда, дар ҷадвали 2.14 ва 2.15 оварда шудаанд.

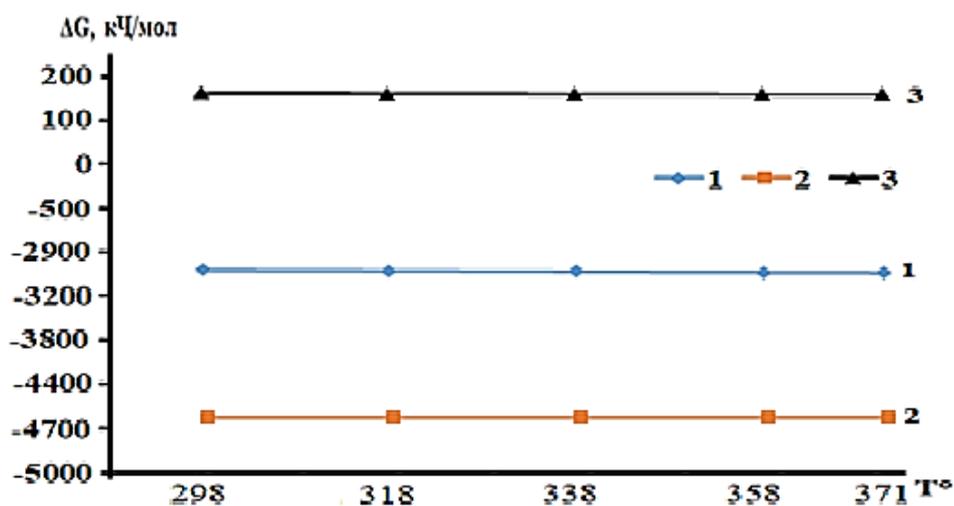
**Ҷадвали 2.14.** - Характеристикаҳои термодинамикии ғудозиши нефелинҳои сиенитӣ бо  $CaCl_2$

№ реаксияҳо	$\Delta H^0_{298}$ , кҶ/мол	$\Delta S^0_{298}$ , Ҷ/мол·дараҷа	$\Delta G^0_{298}$ , кҶ/мол
(2.17)	-2986.98	0.268	-3066.84
(2.18)	-4549.38	0.034	-4559.51
(2.19)	191.1	0.16	143.42

**Ҷадвали 2.15.** - Қиматҳои энергияи Гиббс ( $\Delta G$ , кҶ/мол) дар ҳароратҳои гуногун дар реаксияҳо (2.17)-(2.19) тавассути ғудозиши нефелинҳои сиенитӣ бо  $CaCl_2$

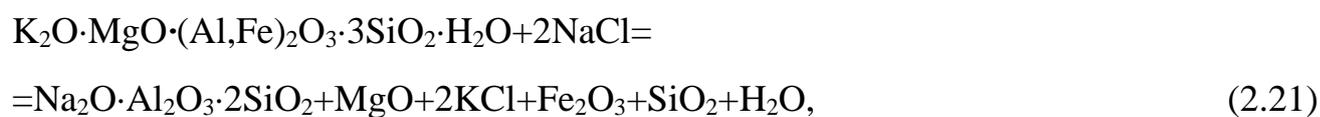
№ реаксияҳо	$\Delta G_{298}$	$\Delta G_{318}$	$\Delta G_{338}$	$\Delta G_{358}$	$\Delta G_{371}$
(2.17)	-3066.84	-3072.2	-3077.56	-3082.92	-3086.41
(2.18)	-4559.51	-4560.19	-4560.87	-4561.55	-4561.99
(2.19)	143.42	140.22	137.02	133.82	131.74

Натиҷаҳои ҳисоб кардани характеристикаҳои термодинамикии реаксияҳои дар рақамҳои (2.17)-(2.19) пешниҳодшуда (ҷадвали 2.14) эҳтимолияти ба амал омадани равандҳое, ки дар шароити стандартӣ иҷро мешаванд, нишон медиҳанд. Дар ҷадвали 2.15 ва расми 2.14 натиҷаҳои таъсири ҳарорат бар арзишҳои энергияи Гиббс дар равандҳои таҳлилшаванда нишон дода шудаанд.



**Расми 2.14** - Вобастагии тағйирёбии  $\Delta G$  аз ҳарорати таҷзияи минералҳои дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ ҳангоми гудозиши  $\text{CaCl}_2$ : (1 - нефелин, 2 - биотит, 3 – калсит)

Дар вақти гудозиши минерал бо  $\text{NaCl}$  чунин реаксияҳо мегузаранд:



Барои ҳар як реаксия характеристикаҳои термодинамикӣ ҳисоб карда шуда ва маълумотҳои зарурӣ дар ҷадвали 2.16 (характеристикаи термодинамикии реаксияҳо) ва 2.17 (қиматҳои энергияи Гиббс ( $\Delta G$ , кҶ/мол) дар ҳароратҳои гуногун дар реаксияҳо) оварда шудаанд.

Натиҷаҳои ҳисоб кардани характеристикаҳои термодинамикии реаксияҳои пешниҳодшуда (2.20)-(2.23) (ҷадвали 2.16) эҳтимолияти гузаштани равандҳо дар шароити стандартӣ оварда шудааст.

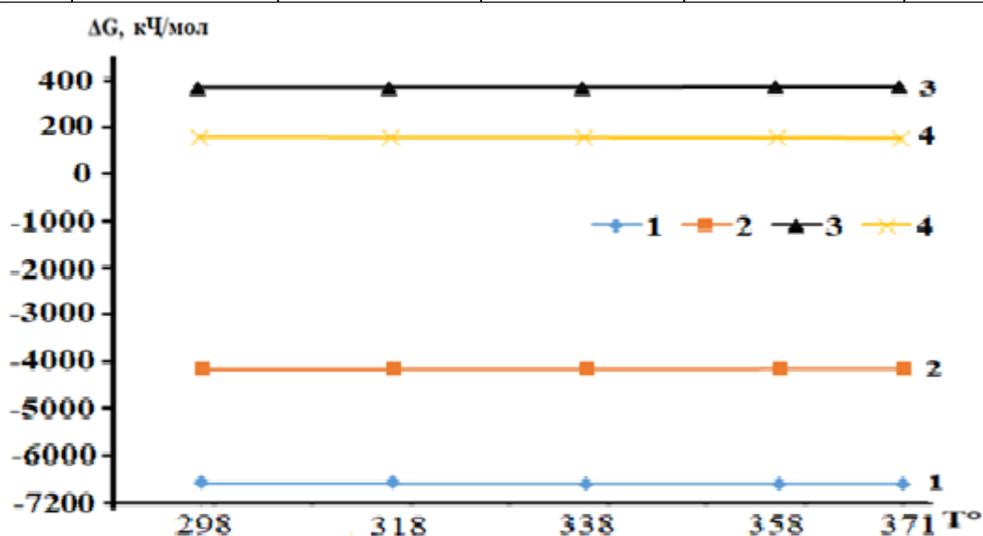
Натиҷаҳои таъсири ҳарорат ба арзишҳои энергетикӣ Гиббс дар ҷадвали 2.17 ва расми 2.15 пешниҳод карда шудааст.

**Ҷадвали 2.16.** - Харақаристикаҳои термодинамикии реаксияҳо, ҳангоми ғудозиши нефелинҳои сиенитӣ бо NaCl

№ реаксияҳо	$\Delta H^0_{298}$ , кҶ/мол	$\Delta S^0_{298}$ , Ҷ/мол·дараҷа	$\Delta G^0_{298}$ , кҶ/мол
(2.20)	-7083.99	0.0183	-7089.44
(2.21)	-4220.8	-0,1	-4191
(2.22)	328.5	0.131	367.54
(2.23)	191.1	0.16	143.42

**Ҷадвали 2.17.** - Қиматҳои энергияи Гиббс ( $\Delta G$ , кҶ/мол) дар ҳароратҳои гуногун дар реаксияҳои (2.20)-(2.23) тавассути ғудохтакии нефелинҳои сиенитӣ бо NaCl

№ реаксияҳо	$\Delta G_{298}$	$\Delta G_{318}$	$\Delta G_{338}$	$\Delta G_{358}$	$\Delta G_{371}$
(2.20)	-7089.44	-7089.81	-7090.18	-7090.54	-7090.78
(2.21)	-4191	-4189	-4187	-4185	-4183.7
(2.22)	367.54	370.16	372.78	375.4	377.1
(2.23)	143.42	140.22	137.02	133.82	131.74



**Расми 2.15.** – Вобастагии тағйирёбии  $\Delta G$  (энергияи Гиббс) аз ҳарорати таҷзияи минералҳои дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ ҳангоми ғудохтакунии бо NaCl (1 – нефелин, 2 – биотит, 3 – анортит, 4 – калсит)

Дар расм, тағйироти энергияи Гиббс барои минералҳое, ки дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ дохил мешаванд, пешниҳод карда шудааст.

Инчунин, ғудохта кардани нефелинҳои сиенитӣ бо истифодаи намакҳои минералӣ аз ҷумла хлориди калсий ( $\text{CaCl}_2$ ) ва хлориди натрий ( $\text{NaCl}$ ) зарурати ба даст овардани ҷузъҳои фойданокро дар фосилаи ҳарорати 298-371 К нишон медиҳад.

#### **2.4. Ҳисоби стехиометрии коркарди нефелинҳои сиенитии кони Турпи бо кислотаи фосфат**

Таркиби химиявӣ минералогии ҷинсҳои тадқиқшуда бо усулҳои таҳлили ҳачмӣ, фотометрии шуълавӣ, спектралӣ ва рентгенофазавӣ муайян карда шуд. Таркиби химиявӣ нефелинҳои сиенитии кони Турпи дар зербанди 2.4 оварда шудааст.

Барои маъданҳои алюминийдор, ки 1000 г бо дақиқӣ гирифта шудааст, ҳисобҳои дақиқ гузаронида шуданд. Дар ин раванд, аввал миқдори дақиқи ҳар як оксид, ки дар намунаи маъдани алюминий мавҷуд аст, бо истифода аз усулҳои муосир муайян карда шуд. Ин кор барои муайян кардани сатҳи аниматсияи ҳар як ҷузъи маъдан дар шароити ғуногуни таҷрибавӣ муҳим мебошад.

$$\text{оксиди алюминий} - m(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{1000 \cdot 22.3}{100} = 223 \text{ г};$$

$$\text{оксиди оҳан} - m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1000 \cdot 6.4}{100} = 64 \text{ г};$$

$$\text{оксиди силитсий} - m(\text{SiO}_2) = \frac{1000 \cdot 53}{100} = 530 \text{ г};$$

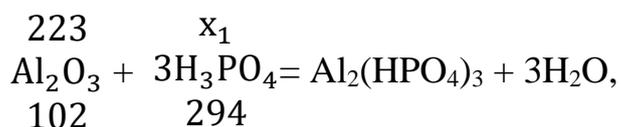
$$\text{оксиди натрий} - m(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{1000 \cdot 6.5}{100} = 65 \text{ г};$$

$$\text{оксиди калий} - m(\text{K}_2\text{O}) = \frac{1000 \cdot 6.6}{100} = 66 \text{ г};$$

$$\text{оксиди калсий} - m(\text{CaO}) = \frac{1000 \cdot 2.5}{100} = 25 \text{ г};$$

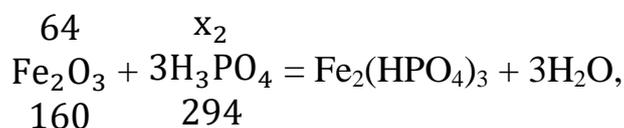
Қадами навбатӣ ин ҳисоб кардани миқдори кислотаи фосфат, дар асоси реаксияҳои кислотаи фосфат бо ҳар як оксиди маъданҳои алюминийдор буд:

барои оксиди алюминий:



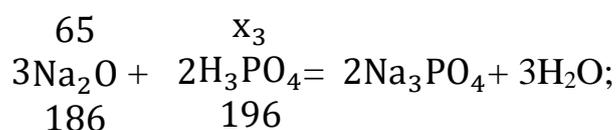
$$x_1 = \frac{223 \cdot 294}{102} = 642.76 \text{ г};$$

барои оксиди оҳан(III):



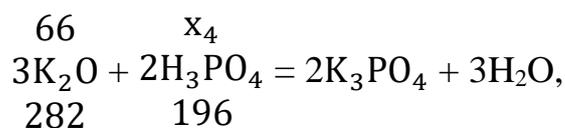
$$x_2 = \frac{64 \cdot 294}{160} = 117.6 \text{ г};$$

барои оксиди натрий:



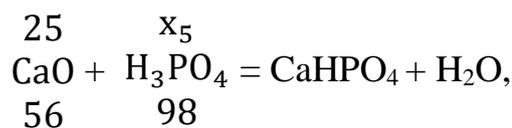
$$x_3 = \frac{65 \cdot 196}{186} = 68,5 \text{ г};$$

барои оксиди калий:



$$x_4 = \frac{66 \cdot 196}{282} = 45.87 \text{ г};$$

барои оксиди калсий:



$$x_5 = \frac{25 \cdot 98}{56} = 43.75 \text{ г};$$

Барои ҳисоб кардани миқдори умумии кислотаи фосфат, ки барои таҷзияи 1000 г намунаи маъдани алюминийдор зарур аст, аввал бояд миқдори кислотаи фосфатро барои ҳар як оксиди маъдани алюминийдор муайян кунем. Ин миқдорро бо истифода аз формулаи зерин ҳисоб мекунем:

$$m_1(\text{H}_3\text{PO}_4) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5.$$

$$m_1(\text{H}_3\text{PO}_4) = 642.76 + 117.6 + 68.5 + 45.87 + 43.75 = 918,48 \text{ г}.$$

### 2.4.1. 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%  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 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 2.18).

**Ҷадвали 2.18.** - Тавозуни моддии таҷзияи кислотаи фосфат (ҳисоб барои 1 кг нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ)

Даромад	Бо грамм	%	Масраф	Бо грамм	%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	223	11.62	$\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$	324.73	16.93
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	64	3.34	$\text{Fe}_2(\text{HPO}_4)_3$	88.88	4.63
$\text{Na}_2\text{O}$	65	3.39	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	114.62	5.98
$\text{K}_2\text{O}$	66	3.44	$\text{K}_3\text{PO}_4$	99.23	5.17
$\text{CaO}$	25	1.3	$\text{CaHPO}_4$	60.71	3.16
$\text{SiO}_2$	530	27.63	$\text{SiO}_2$ , аз ҷумла элементҳои боқимондае, ки ба реаксия намераванд	684.6	35.68
Оби кристаллизатсионӣ	27	1.4	$\text{H}_2\text{O}$	129.83	6.77
$\text{H}_3\text{PO}_4$ , 30%	918.48 (0.78 л)	47.88	$\text{H}_3\text{PO}_4$ , барзиёд	415.88	21.68
<b>Дар маҷмӯъ:</b>	<b>1918.48</b>	<b>100</b>	<b>Дар маҷмӯъ:</b>	<b>1918.48</b>	<b>100</b>

Ҳангоми истифодаи миқдори муайяншудаи  $\text{H}_3\text{PO}_4$  аз маъданҳои нефелинӣ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 43,43%, гирифта мешавад яъне дар таҷрибаҳо 324,73 г  $\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$  гирифта шудааст ва дар вақти ба реаксия рафтани сианитҳои нефелинӣ бо  $\text{H}_3\text{PO}_4$  миқдори

чудошавии  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ба 55,55%, ва 88,88 г ё 44,45%  $\text{Fe}_2(\text{HPO}_4)_3$  ҳосил мешавад. К, Na ва Ca ба маҳлул мегузаранд, дар ин вақт кислотаи зиёдагии  $\text{H}_3\text{PO}_4$  дар қисми сарфшавандаи баланс 415,88 граммро ташкил медиҳад.

#### **2.4.2. Ҳисоби стехиометрии коркарди нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо омехтаи кислотаи сулфат ва нитрат**

Барои нефелинҳои сиенитӣ, ки намунаи он 1000 г буд, ҳисобҳо гузаронида шуданд, ки дар онҳо миқдори ҳар як оксиди мавҷудбуда дар намунаи нефелинҳои сиенитӣ (бо грамм) муайян карда шуд. Дар зер натиҷаҳои ин ҳисобҳо оварда шудаанд:

$$\text{оксиди алюминий} - m(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{1000 \cdot 22.3}{100} = 223 \text{ г};$$

$$\text{оксиди оҳан} - m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1000 \cdot 6.4}{100} = 64 \text{ г};$$

$$\text{оксиди силитсий} - m(\text{SiO}_2) = \frac{1000 \cdot 53}{100} = 530 \text{ г};$$

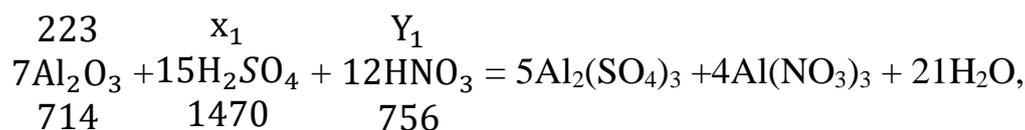
$$\text{оксиди натрий} - m(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{1000 \cdot 6.5}{100} = 65 \text{ г};$$

$$\text{оксиди калий} - m(\text{K}_2\text{O}) = \frac{1000 \cdot 6.6}{100} = 66 \text{ г};$$

$$\text{оксиди калсий} - m(\text{CaO}) = \frac{1000 \cdot 2.5}{100} = 25 \text{ г};$$

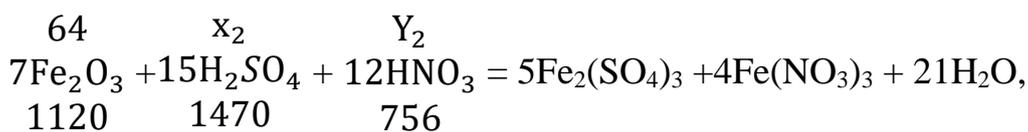
Баъд аз ҳисоб ва муайян кардани таркиби химиявии оксидҳо, ҳисобкуниҳоро ба анҷом расонидан лозим аст. Вобаста ба он, миқдори кислотаи сулфат ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ва кислотаи нитрат ( $\text{HNO}_3$ )-ро ҳисоб кардем, ки барои баҳамтаъсирии оксидҳои дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ буда заруранд. Ин ҳисобҳо мувофиқи ифодаҳои зерин анҷом дода шуданд:

барои оксиди алюминий:



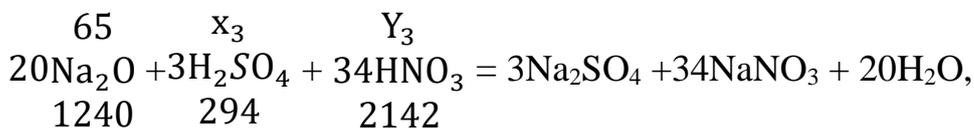
$$x_1 = \frac{223 \cdot 1470}{714} = 459.1 \text{ г}; \quad Y_1 = \frac{223 \cdot 756}{714} = 236.1 \text{ г};$$

барои оксиди оҳан (III):



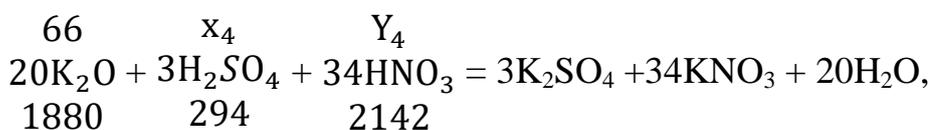
$$x_2 = \frac{64 \cdot 1470}{1120} = 84 \text{ г}; \quad Y_2 = \frac{64 \cdot 756}{1120} = 43.2 \text{ г};$$

барои оксиди натрий:



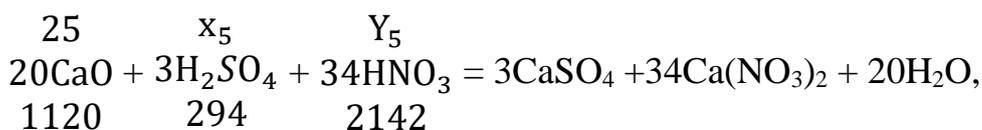
$$x_3 = \frac{65 \cdot 294}{1240} = 15.4 \text{ г}; \quad Y_3 = \frac{65 \cdot 2142}{1240} = 112.3 \text{ г};$$

барои оксиди калий:



$$x_4 = \frac{66 \cdot 294}{1880} = 10.32 \text{ г}; \quad Y_4 = \frac{66 \cdot 2142}{1880} = 75.2 \text{ г};$$

барои оксиди калсий:



$$x_5 = \frac{25 \cdot 294}{1120} = 6.563 \text{ г}; \quad Y_5 = \frac{25 \cdot 2142}{1120} = 47.81 \text{ г};$$

Вобаста ба оксидҳои мавҷудбуда дар таркиби маъдан, ки барои 1кг ҳисоб карда шудааст, миқдори зарурии кислотаҳои сулфат ва нитрат гирифта ва ҳисоб карда шуда ва чунин ифода мешаванд:

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5.$$

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 459.1 + 84 + 15.41 + 10.32 + 6.56 = 575.4 \text{ г}.$$

$$m_2(\text{HNO}_3) = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5.$$

$$m_2(\text{HNO}_3) = 236.1 + 43.2 + 112.3 + 75.2 + 47.81 = 514.61 \text{ г}.$$

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) + m_2(\text{HNO}_3) = 575.4 + 514.61 = 1090 \text{ г}.$$

### **2.4.3. Ҳисоб кардани тавозуни моддии нефелинҳои сиенитии Турпӣ ҳангоми таҷзияи он бо омехтаи кислотаи сулфат ва нитрат**

Баланси моддӣ ба 1000 г нефелинҳои сиенитии Турпӣ ҳангоми таҷзияи он бо омехтаи кислотаҳои  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ва  $\text{HNO}_3$  ҳисоб карда шуд. Омехтаи кислотаҳои

минералии зикршуда барои раванд бо омехта кардани кислотаи сулфат 50% ( $H_2SO_4$ ) ва кислотаи нитрат 40% ( $HNO_3$ ) кислотаи омода карда шуд. Мутаносибан, барои пурра таъзия шудани нефелинҳои сиенитӣ дар ин ҳолат 1090 г 50%  $H_2SO_4$  + 40%  $HNO_3$  сарф карда шуд (ҷадвали 2.19).

**Ҷадвали 2.19.** - Тавозуни моддӣ барои таъзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо кислотаи сулфат ва нитрат)

Даромад	Бо грамм	%	Масраф	Бо грамм	%
$Al_2O_3$	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	$SiO_2$ , аз ҷумла элементҳои боқимондае, ки ба реаксия намераванд	619.59	29.65
Оби кристаллизатсионӣ	27	1.29	$H_2O$	179.21	8.57
$H_2SO_4$ , 50% $HNO_3$ , 40%	1090	52.15	$H_2SO_4 \cdot HNO_3$ , барзиёд	392.7	18.79
<b>ДАР МАҶМУЪ:</b>	<b>2090</b>	<b>100</b>	<b>ДАР МАҶМУЪ:</b>	<b>2059.6</b>	<b>100</b>

Тавозуни моддӣ барои таъзия бо кислотаи сулфат ва нитрат (ҳисоб барои 1 кг нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ) дар ҷадвали 2.14 оварда шудааст.

Миқдори оксиди алюминийро ҳангоми таъзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи  $H_2SO_4$  ва  $HNO_3$  тавассути тавозуни моддӣ муайян намудем, ки 45,98% аз миқдори умумии оксиди алюминийро ташкил медиҳад. Мутаносибан, дар натиҷаи таҷрибаҳои гузаронидашуда пайвастагиҳои  $Al_2(SO_4)_3$  ва  $Al(NO_3)_3$  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 намекунад 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  $Fe_2O_3$  86,5% мебошад. Дар натиҷа, пайвастагиҳои  $Fe_2(SO_4)_3$  ва  $Fe(NO_3)_3$  ба даст омада, миқдори умумии онҳо 146,71 граммро ташкил дод, ки танҳо 13,5% аз  $Fe_2O_3$  бо омехтаи кислотаҳо ба реаксия дохил намешавад.

Ҳамзамон, оксидҳои силисий, калий, натрий ва калсий дар маҳлул боқӣ мемонанд. Миқдори зиёдатии омехтаи кислотаҳои  $H_2SO_4 + HNO_3$  дар қисми сарфшаванда, ки дар баланси моддӣ бо оксидҳои мазкур ба даст омад, ба 392,7 г баробар шуд.

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 фоиданок доранд.

### БОБИ 3. ТАҶЗИЯИ МАЪДАНҶОИ АЛЮМИНОСИЛИКАТИИ ТОҶИКИСТОН БО КИСЛОТАҶОИ МИНЕРАЛӢ ВА БО РОҶИ ГУДОЗИШ

#### 3.1. Таҷзияи маъданҳои алюмосиликати бо истифода аз кислотаи нитрат

Таҷзияи маъданҳои алюмосиликати дар бисёр корҳо муфассал омӯхта шудааст [165, 166]. Бо кислотаи нитрат таҷзияи ин маъданҳо аҳамияти махсус дорад, зеро дар ин сурат барои эҳтиёҷоти соҳаҳои гуногуни хоҷагии халқ пайвастагиҳои нитратҳо гирифтани мумкин аст.

Масалан, нитрати алюминий ва оҳан дар соҳаҳои зерин истифода мешаванд (расми 3.1):



Расми 3.1. - Истифодаи нитратҳои алюминий ва оҳан

Дар ин зербахш мо таҷзияи маъданҳои гилхокдор (аргилитҳо)-ро бо кислотаи нитрат омӯхтем.

Таркиби химиявии аргилитҳо бо роҳи таҳлили химиявӣ ва рентгенофазавӣ (бо %) муайян карда шуд:  $Al_2O_3 = 19.75$ ,  $Fe_2O_3 = 5.0$ ,  $SiO_2 = 59.9$ ,  $Na_2O = 0.2$ ,  $K_2O = 1.2$ ,  $CaO = 1.1$ ,  $MgO = 1.1$ , боқимонда = 10.

Ба таркиби аргилитҳо минералҳои кварс, каолинит, иллит, геоматит ва ғайраҳо дохил мешаванд. Намунаро ба андозаи 0,1 мм майда карда, дар ҳарорати

600-700°C 60 дақиқа гудохта карда шудааст; бо истифода аз кислотаи нитрати 45%-а, ки дар асоси миқдори стехиометрӣ ҳисоб карда шудааст.

Шароити мувофиқтарин барои таҷзияи аргиллитҳо бо истифода аз омехтакунии шадид дар кавитатор бо маҳлули 45%-и кислотаи нитрат дар ҳарорати 98°C ва давомнокии 60 дақиқа муайян карда шуд.

Таҳлили каолинитҳо бо усулҳои қабулшудаи умумӣ гузаронида шуд.

Дараҷаи ҷудошавии оксидҳои алюминий ва оҳан дар усулҳои нишондодашуда ба  $Al_2O_3 = 56\%$  ва  $Fe_2O_3 = 88\%$  баробар шуд.

Мо асосҳои технологияи таҷзияи маъданҳои алюмосиликатро ба низом даровардаем. Шароити оптималии таҷзияи маъданҳои алюмосиликатро муайян намудем (ҷадвали 3.1).

**Ҷадвали 3.1.** - Таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ (ҷузъҳои асосӣ), бо % [5-М]

Маъданҳои алюмосиликатӣ	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>
Аргиллитҳо (к.Зиддӣ)	1.2	0.11	1.1	4.98	-	19.75	1.0	0.62	60.0
Аргиллитҳо (к.Чашма-Санг)	2.96	0.11	1.0	8.75	-	31.6	1.01	0.62	42.9
Гилҳои забзи каолинӣ (к.Чашма-Санг)	2.46	1.0	0.6	11.98	-	20.37	1.0	1.81	51.3
Нефелинҳои сиенитӣ (к.Турпи)	6.61	6.5	2.5	6.4	-	22.3	-	-	53.01
Гилҳои каолинӣ (к.Чашма-Санг)	2.65	0.31	1.0	10.99	-	24.84	1.1	1.8	49.93

Интихоби кислотаи нитрат ба он асоснок карда мешавад, ки маҳсулоти таҷзияи ҷудошуда пайвастагиҳои нитроген мебошанд, ки дар саноат ва кишоварзӣ васеъ истифода мешаванд (ниг. расми 3.1) [5-М].

Хусусиятҳои маъданҳои дорои гилхок қаблан таҳқиқ гардида, муайян шудааст, ки асоси таркиби минералҳо аз чунин моддаҳо иборатанд: каолинит, нефелин, ортоклаз, албит, микроклин, калсит, биотит, анортит ва кремнезём, ки миқдори онҳо бештар аз 50%-ро ташкил медиҳад [2-М].

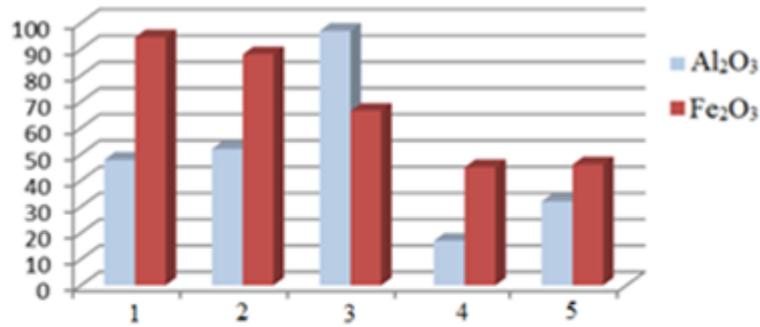
Тавре, ки дар расми 3.2 нишон дода шудааст, ҳангоми коркарди маъданҳои алюмосиликати бо маҳлули 40-45%-и кислотаи нитрат дар ҳарорати 95-98°C ҳосилшавии чузъҳои фойданок хеле кам буда, ба истиснои аргилитҳои конҳои Чашма-Санг ва Зиддӣ, миқдори он аз 50% бештар нест (ҷадвали 3.2).

**Ҷадвали 3.2.** - Дараҷаи истеҳсоли гилхок ва оксиди оҳан аз маъданҳои гилхокдор бо кислотаи нитрат

Маъданҳои алюмосиликати	Ҷудошавӣ баъд аз пӯхтан, % ҳосилшавӣ	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Нефелинҳои сиенитӣ (к. Турпи)	94.5	47.8
Аргиллитҳо (к. Чашма-Санг)	66.5	97.2
Аргиллитҳо (к. Зиддӣ)	88.2	52.1
Гилҳои каолинӣ (к. Чашма-Санг)	45.3	17.5
Гилҳои сабзи каолинӣ (к. Чашма-Санг)	46.6	32.4

Бо истифода аз натиҷаҳои кори [31] масъалаи баҳодиҳии муқоисавии таҷзияи бо пешакӣ гудохтакунии нефелинҳои сиенитӣ, аргиллитҳо ва гилҳои каолинии конҳои Турпӣ, Чашма-Санг ва Зиддӣ бо кислотаи нитрат дида баромада шуд.

Дар расми 3.2 диаграммаи истеҳсоли чузъҳои фойданок аз маъданҳои алюмосиликати ҳангоми таҷзия бо кислотаи нитрат нишон дода шудааст. Тавре ки диаграмма нишон медиҳад, сатҳи баландтарини истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан ҳангоми таҷзияи аргиллитҳо аз конҳои Зиддӣ ва Чашма-Санг мушоҳида мегардад [2-М].



1. Нефелинҳои сиенитӣ (к. Турпи)
2. Аргиллитҳо (к. Зиддӣ)
3. Аргиллитҳо (к. Чашма-Санг)
4. Гилҳои каолинӣ (к. Чашма-Санг)
5. Гилҳои сабзи каолинӣ (к. Чашма-Санг)

**Расми 3.2.** - Дараҷаи истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан пас аз пӯختани маъданҳои алюмосиликатӣ

Ҳамин тариқ, таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки барои ҳосил кардани гилҳок ва оксиди оҳан ҳангоми коркарди маъданҳои алюмосиликатӣ истифодаи кислотаи 45%-и нитрат дар ҳарорати то 95-98°C зарур мебошад [2-М].

### **3.2. Таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпии Тоҷикистон бо кислотаи фосфат**

Дар корҳои [10, 29, 169], асосҳои физикавӣю химиявӣю коркарди маъданҳои алюминии пастсифат - нефелинҳои сиенитии кони Турпии Ҷумҳурии Тоҷикистон омӯхта шудаанд. Таҷзияи ин маъданҳо бо кислотаҳои минералӣ нишон дода шудааст, ки кислотаҳои минералӣ дар ҳарорати муқаррарӣ ба нефелинҳои сиенитӣ таъсири кам доранд. Шароитҳои оптималии равандҳои таҷзия пайдо карда шуданд. Нақшаҳои асосии технологияи коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо усулҳои кислотагӣ ва хлорронӣ пешниҳод карда шудаанд.

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

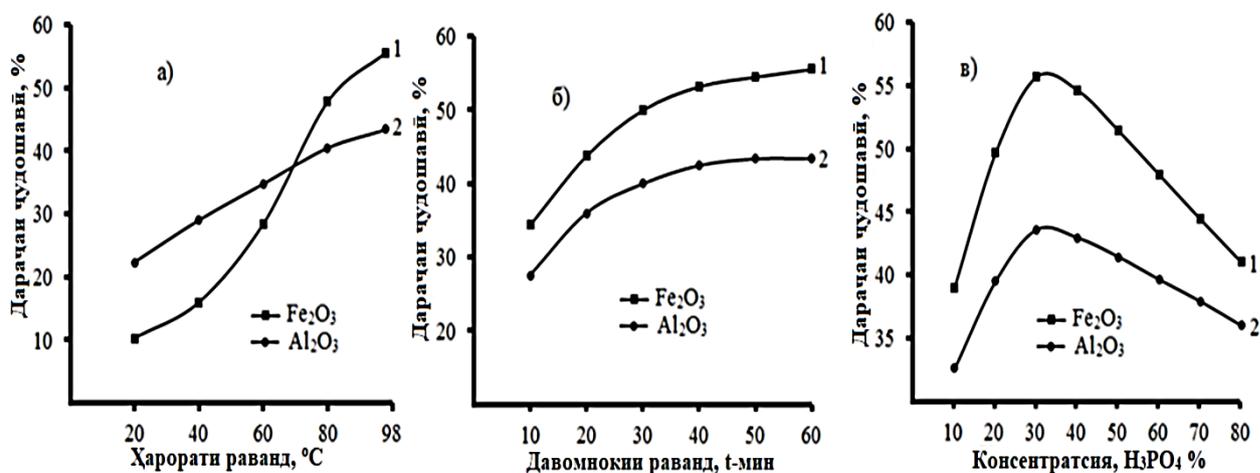
Вақте ки нефелинҳои сиенитиро дар ҳарорати 500-600°C ва дар муддати 1 соат оташ зада, бо кислотаи фосфат коркард намудан, 41-43%  $Al_2O_3$  ва 53-55%  $Fe_2O_3$  ба маҳлул мегузаранд.

Дар ҷадвали 3.3 ва расми 3.3 натиҷаҳои омӯзиши истеҳсоли  $Al_2O_3$  ва  $Fe_2O_3$  вобаста ба ҳарорати раванди таҷзия бо кислотаи фосфат, давомнокии раванд ва консентратсияи кислотаи фосфат оварда шудаанд.

**Ҷадвали 3.3.** - Истеҳсоли  $Fe_2O_3$  ва  $Al_2O_3$  вобаста ба ҳарорат, давомнокӣ раванди таҷзия, бо кислотаи фосфат ва консентратсияи кислота [20-М]

Ҳарорати ҷудошавӣ, °C	Ҳосилшавӣ, бо %	
	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$
20	22.3	10.23
40	29	15.92
60	34.8	28.4
80	40.53	47.8
98	43.43	55.55
Давомнокии раванди ҷудошавӣ, дақ.	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$
10	27.5	34.4
20	36	43.8
30	40	50
40	42.5	53.2
50	43.4	54.5
60	43.43	55.55
Консентратсияи кислота, бо %	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$
10	32.5	38.9
20	39.37	49.53
30	43.43	55.55
40	42.8	54.5
50	41.3	51.3
60	39.5	47.8
70	37.8	44.3
80	35.9	40.9

Тавре, ки аз расми 3.3а дида мешавад, дараҷаи максималии истеҳсоли ҷузъҳо дар ҳарорати 98°C ба даст меояд ва барои  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 43%, барои  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 55% - ро мебошад.



**Расми 3.3.** – Вобастагии истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан ба (а) ҳарорати раванди таҷзия бо кислотаи фосфат, (б) давомнокии раванд ва (в) консентратсияи кислотаи фосфат

Таҳқиқоти анҷомдодашуда нишон медиҳад, ки раванди истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан ба давомнокии коркарди онҳо бо кислотаи фосфат вобастагии мустақим дорад. Аз рӯи нишондоди таҳлилҳо бар меояд, ки дар фосилаи вақти аз 10-60 дақиқа самаранокии ҷудошавии ин оксидҳо тағйир меёбад (расми 3.3б). Дараҷаи максималии истеҳсоли оксидҳо дар натиҷаи коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи 30%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  дар тӯли 60 дақиқа ба назар мерасад.

Таъсири консентратсияи  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ба таҷзияи маъдан дар доираи 10-80% омӯхта шуданд, омилҳои доимии равандҳо: ҳарорат 98°C, вақти коркард 60 дақиқа; Ҷи тавре, ки аз расми 3.3в дида мешавад, ҳосилшавии максималии оксидҳо ҳангоми коркарди маъдан бо кислотаи фосфати 30% ба назар мерасад [20-М].

Нақшаи асосии технологияи коркарди сиенитҳои нефелинии кони Турпи бо роҳи таҷзияи он бо кислотаи фосфат тартиб дода шудааст. Раванди коркардкунии маъдан аз марҳилаҳои зерин иборат мебошад:

- Майдакунии 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
- Чудо кардани лойоба тавассути ҳалкунӣ ва филтрукунӣ (расми 3.4)



Расми 3.4. – Нақшаи принсипиалии технологии ҷараёни таъзияи коркарди нефелинҳои сиенитии Турпи бо кислотаи фосфат

Дар чунин шароит, маҳсулнокии истехсоли 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 кремнезёми ҳалнашаванда, намакҳои металлҳои вазнин ва дигар моддаҳо ҳамчун боқимонда ҳосил мешаванд.

Аз маҳлули дорои гидрофосфатҳои алюминий ва оҳан ва миқдори ками натрий ва калий ҳангоми коркард бо гидроксиди натрий гидроксидҳои алюминий ва оҳан такшин мешаванд ва дар маҳлул ҳам фосфатҳои натрий ва ҳам калий боқӣ мемонанд.

Ба сифати ашёи хом барои истеҳсоли масолеҳи сохтмонӣ метавон такшини сахтеро истифода бурд, ки асосан аз намакҳои ҳалнашавандаи металлҳои вазнин,  $\text{SiO}_2$  ва дигар моддаҳо иборат аст [20-М].

Пас аз ҷудо кардани намакҳои натрий ва калий бо роҳи филтрукунӣ, такшини саҳти алюминий ва гидроксидҳои оҳан бо тағйири рН-и маҳлул ба реаксия ворид мешаванд. Дар ин шароит  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ҳамчун моддаи ҳалнашаванда такшин мешавад, дар ҳоле ки  $\text{NaAl}(\text{OH})_4$  ба маҳлул мегузарад. Ҳангоми гарм кардани маҳлул, он ба  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ва  $\text{H}_2\text{O}$  таҷзия мегардад. Глиноземи ҳосилшударо метавон ҳамчун ашёи хом барои истеҳсоли алюминий истифода бурд.

Яке аз роҳҳои муҳими таъмин кардани саноати металлургӣ, химия ва кишоварзии Тоҷикистон бо ашёи хом, ки имкон медиҳад рушди устувори ин соҳаҳо таъмин шавад, коркарди ҳамачонибаи маъданҳои алюмосиликати кишвар ба ҳисоб меравад. Ин раванд на танҳо барои истеҳсоли гилхок, балки барои истеҳсоли пайвастагиҳои оҳан ва нуриҳои минералӣ низ муҳиманд. Маъданҳои алюмосиликати кишвар дар ҳудуди Тоҷикистон ба миқдори кофӣ мавҷуданд ва метавонанд дар рушди саноати металлургӣ ва дигар соҳаҳо нақши муҳим дошта бошанд [2-М].

Ҳар як гуруҳи алюмосиликатҳо, ҳатто агар миқдори гилхок дар онҳо кам (20-30%) бошад, инчунин ҷузъҳои фойданоки дигаре доранд, ки бо истифода аз усулҳои гуногуни коркард метавон аз онҳо  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , масолеҳи сохтмонӣ, поташ, коагулянтҳо, нуриҳои минералӣ, шишаи моеъ ва ғайра истеҳсол кард. Истифодаи кислотаи фосфат дар ин раванд хеле фойданок аст, зеро дар ҷараёни таҷзия

фосфатҳои оҳан ва алюминий ҳосил мешавад, ки дар соҳаҳои гуногуни кишоварзӣ, химия ва тиб истифодаи васеъ доранд [2-М].

Дар ин зерфасл таҷзияи маъданҳои алюмосиликатӣ (пеш аз пӯхташавӣ ва баъди пухташавӣ) бо кислотаи фосфат баррасӣ мешавад. Барои анҷом додани таҳқиқот, ҳамчун объектҳои омӯзишӣ маъданҳои алюмосиликатӣ интихоб карда шуданд. Аз ҷумла, нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ, гилҳои каолинии кони Зидӣ, сиаллитҳои ҳамин кон, инчунин аргиллитҳои минтақаҳои Зидӣ ва Чашма-Санг мавриди таҳлил қарор гирифтанд (ҷадвали 3.4, иловаи ҷадвали 3.1).

Дар ҷадвали 3.4 таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ, инчунин ашёи хоми пастсифати алюминийдор - бентонитҳо ва сеолитҳои Тоҷикистон оварда шудааст [2-М].

**Ҷадвали 3.4.** - Таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ (чӯзҳои асосӣ), бо ҳисоби % [2-М]

№	Маъданҳои алюмосиликатӣ	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	FeO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	Сиаллитҳо (к.Миёнаду)	1.7	0.2	55.9	0.95	0.8	1.72	0.6	6.0	20.1
2	Сиаллитҳо (к. Зидии шарикӣ)	0.4	0.3	39.8	1.17	0.2	0.29	0.6	13.9	30.5
2	Аргиллитҳо (к.Чашма-Санг)	2.95	0.1	42.9	0.6	1.0	-	1.0	8.74	31.6
4	Гилҳои каолиний (к.Зидды)	2.8	0.1	63.2	-	-	0.54	0.7	0.7	23.2
5	Нефелинҳои сиенитӣ (к.Турпи)	6.6	6.5	53.0	-	-	-	2.5	6.4	22.3
<i>Шарҳ:</i> к – кони мавҷудбуда.										

Маълумоти таҷзияи маъданҳои алюмосиликатӣ бо истифода аз кислотаи фосфат дар ҷадвали 3.5 нишон дода шудааст. Инчунин, натиҷаҳои таҳлил дар

расми 3.5 (барои маъданҳои алюмосиликати ибтидоӣ пеш аз пӯхтан) ва расми 3.4 (барои маъданҳое, ки пешакӣ дар ҳарорати 600-900°C пухта шудаанд) оварда шудаанд. Тавре, ки аз расми 3.3 бармеояд, хангоми коркарди маъданҳои алюмосиликати бо кислотаи фосфат дар шароити ҳарорати 95-98°C миқдори чузъҳои фойданок назаррас набуда, аз 30% зиёд намешавад. Концентрасияи кислотаи фосфат дар ин таҷрибаҳо дар ҳудуди 30-35% қарор дошт [2-М].

**Ҷадвали 3.5.** - Дараҷаи истеҳсоли гилҳок ва оксиди оҳан аз маъданҳои алюмосиликати бо кислотаи фосфат [2-М]

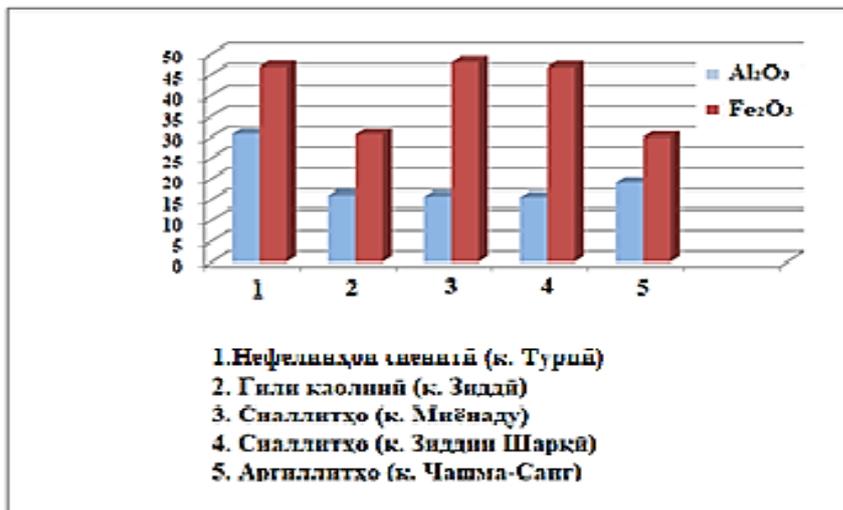
Маъданҳои алюмосиликати	Ҷудошавӣ пеш аз пӯхтан, % ҳосилшавӣ		Ҷудошавӣ баъд аз пӯхтан, % ҳосилшавӣ	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Гилҳои каолинӣ (к.Зиддӣ)	30.6	16.1	-	-
Нефелинҳои сиенитӣ (к.Турпи)	47.0	30.7	55.0	43.0
Аргиллитҳо (к.Чашма-Санг)	30.0	19.0	48.0	92.0
Сиаллитҳо (к. Зиддӣ шарқӣ)	46.9	15.6	-	-
Сиаллитҳо (к.Миёнаду)	48.0	15.8	-	-
<b>Шарҳ:</b> к – кони мавҷудбуда.				

Дар зерфасл, бо истифода аз натиҷаҳои таҳқиқот, масъалаи баҳодиҳии муқоисавии таҷзияи гилҳои каолинӣ, нефелинҳои сиенитӣ, аргиллитҳо ва сиаллитҳо бо кислотаи фосфат баррасӣ шудааст.

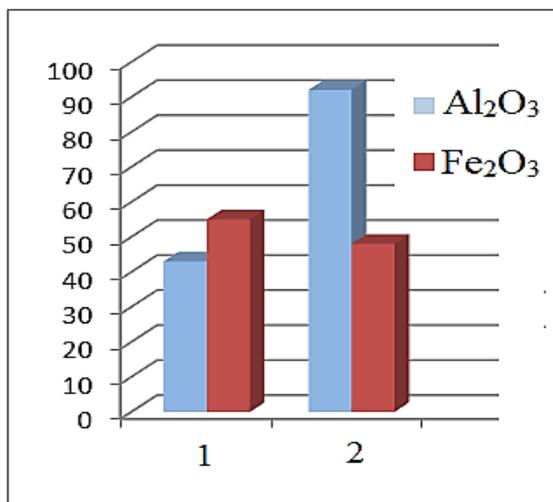
Таҳқиқоти анҷомдодашуда нишон медиҳанд, ки таҷзияи маъданҳои алюмосиликати бо пешакӣ пӯхтани ашёи хом бо кислотаи фосфат бартарҳои муҳим дорад [2-М].

Дар расмҳои 3.5 ва 3.6 диаграммаҳои истеҳсоли чузъҳои фойданоки маъданҳои алюмосиликати пеш аз пӯхтан ва баъд аз пӯхтан нишон дода шудаанд. Тавре, ки диаграммаҳо нишон медиҳанд, қабл аз марҳилаи пӯхтан, ҳосилшавии оксидҳои оҳан ва алюминий сатҳи баландтар дорад. Ин раванд, махсусан дар

аргиллитҳои кони Чашма-Санг, ба таври равшан мушоҳида мешавад. Тавре ки диаграммаҳо нишон медиҳанд, қабл аз марҳилаи пӯхтан, ҳосилшавии оксидҳои оҳан ва алюминий сатҳи баландтар дорад. Ин раванд, махсусан дар аргиллитҳои кони Чашма-Санг, ба таври равшан мушоҳида мешавад [2-М].



**Расми 3.5.** - Дараҷаи истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан аз маъданҳои алюмосиликати пеш аз пухтан



**Расми 3.6.** - Дараҷаи истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан аз маъданҳои пӯхташудаи алюмосиликати (1 - нефелинҳои сиенитӣ (к. Турпи), 2 - аргиллитҳо (к. Чашма-Санг))

Чунон ки маълум аст, дар таркиби ашёи хоми каолиндор - сиаллитҳо миқдори зиёди оҳан мавҷуд аст. Чунон ки аз расми 3.5 дида мешавад, ҳангоми

коркарди сиаллитҳо бо кислотаи фосфат дараҷаи ҳосилшавӣ то 50 фоизро ташкил медиҳад [2-М].

Ҳамин тариқ, коркарди маъданҳои алюмосиликатӣ бо кислотаи фосфат зарурати пӯхтани маъдан ва коркарди онро бо кислотаи 30% фосфат дар ҳарорати то 95-98°C барои ҳосил кардани гилҳок ва оксиди оҳан нишон медиҳад [2-М].

### ***3.2.1. Таҳлили кинетикии равандҳои таҷзияи нефелинҳои сиенитии кони Турпии Тоҷикистон бо истифода аз кислотаи фосфат***

Кинетикаи реаксияҳои химиявӣ ё кинетикаи химиявӣ, яке аз бахшҳои химияи физикавӣ маҳсуб мешавад. Ин соҳа бо ҷанбаҳои технологияи равандҳои робитаи зич дошта, қонуниятҳои гузариши реаксияҳои химиявиро дар тӯли вақт таҳқиқ менамояд. Илова бар ин, кинетикаи химиявӣ вобастагии ин қонуниятҳоро аз омилҳои берунӣ ва механизмҳои дигаргуниҳои химиявӣ меомӯзад [21-М].

Мавзӯи кинетикаи химиявӣ омӯзиши ҳама омилҳои мебошад, ки ба суръат, ҳам раванди умумӣ ва ҳам ҳамаи марҳилаҳои мобайнӣ, ки барои интиҳоби параметрҳои технологӣ заруранд таъсир мерасонанд.

Дар кори [170] кинетикаи таҷзияи аргиллитҳои кони Чашма-Санг бо кислотаи сулфат омӯхта шудааст. Дар кори [171] кинетикаи таҷзияи аргиллитҳо бо кислотаи хлорид омӯхта шудааст. Вақте ки аргиллитҳо бо кислотаҳои минералӣ таҷзия мешаванд, раванди таҷзия дар минтақаи диффузионӣ ба амал меояд.

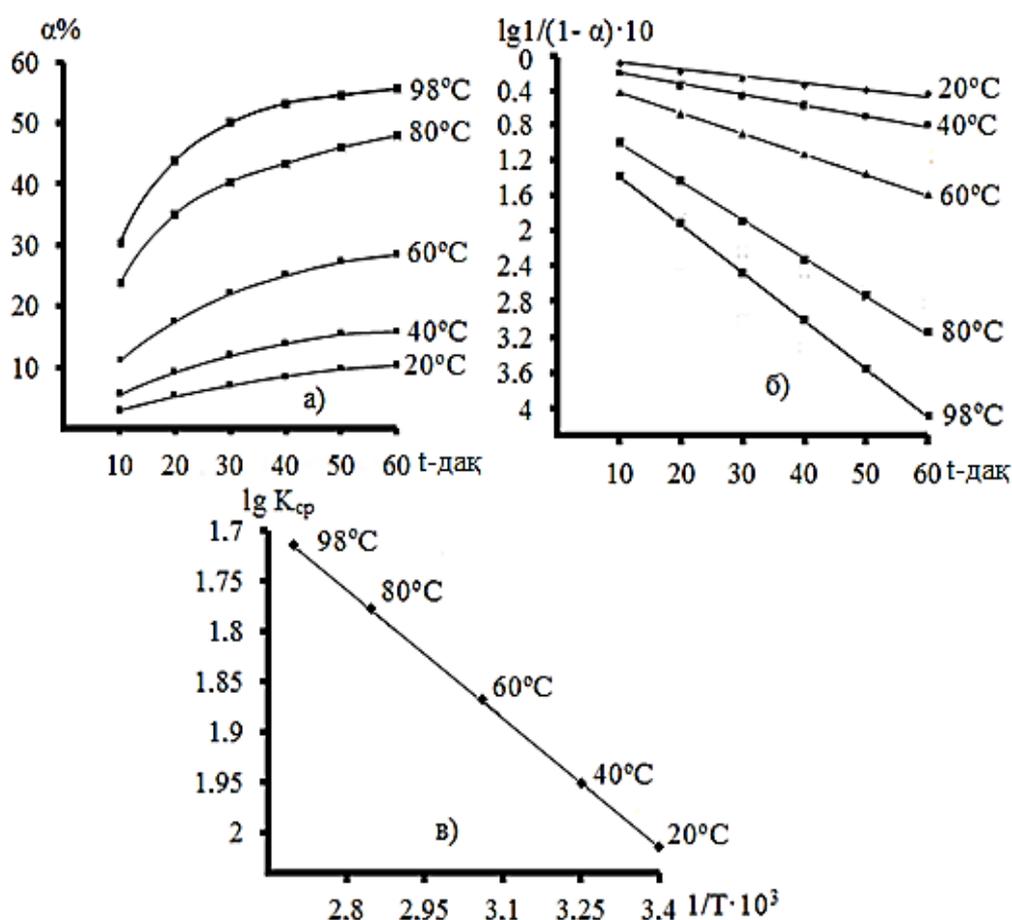
Дар кори [172] кинетикаи таҷзияи кислотаи нитрати аргиллитҳо омӯхта шудааст. Кори [173] ҷанбаҳои кинетикии таҷзияи маъданҳои алюмосиликатро дар Тоҷикистон нишон медиҳад.

Дар зерфасл вайроншавии нефелинҳои сиенитии кони Турпии Тоҷикистон бо кислотаи фосфат таҳқиқ карда шуд. Интиҳоби ин кислота бо он шарҳ дода мешавад, ки ҳангоми истифода бурдан, комплекси нуриҳои минералӣ - фосфатҳои калсий, натрий ва калий ба даст оварда мешавад.

Дар таркиби нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ 23% гилҳок мавҷуд буда, бинобар ин, ҳамчун ашёи хоми дорои сифати паст арзёбӣ мегарданд. Коркарди

пурраи ин маъданҳо метавонад имконият фароҳам оварад, ки чузъҳои гуногуни арзишманд ба даст оварда шаванд. Бо назардошти он ки таркиби онҳо то 3% калсий, 6,6% пайвастагиҳои калий ва 6,5% натрийро дар бар мегирад, ҳангоми коркарди ин маъданҳо имкони истифодаи фосфатҳои калий ва калсий ҳамчун нуриҳои минералӣ мавҷуд аст. Илова бар ин, фосфати натрий метавонад дар саноати қаннодӣ ҳамчун иловаи ғизоӣ татбиқ гардад [21-М].

Натиҷаҳои таҳлили қачхатҳои кинетикӣ (расми 3.7а) 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.



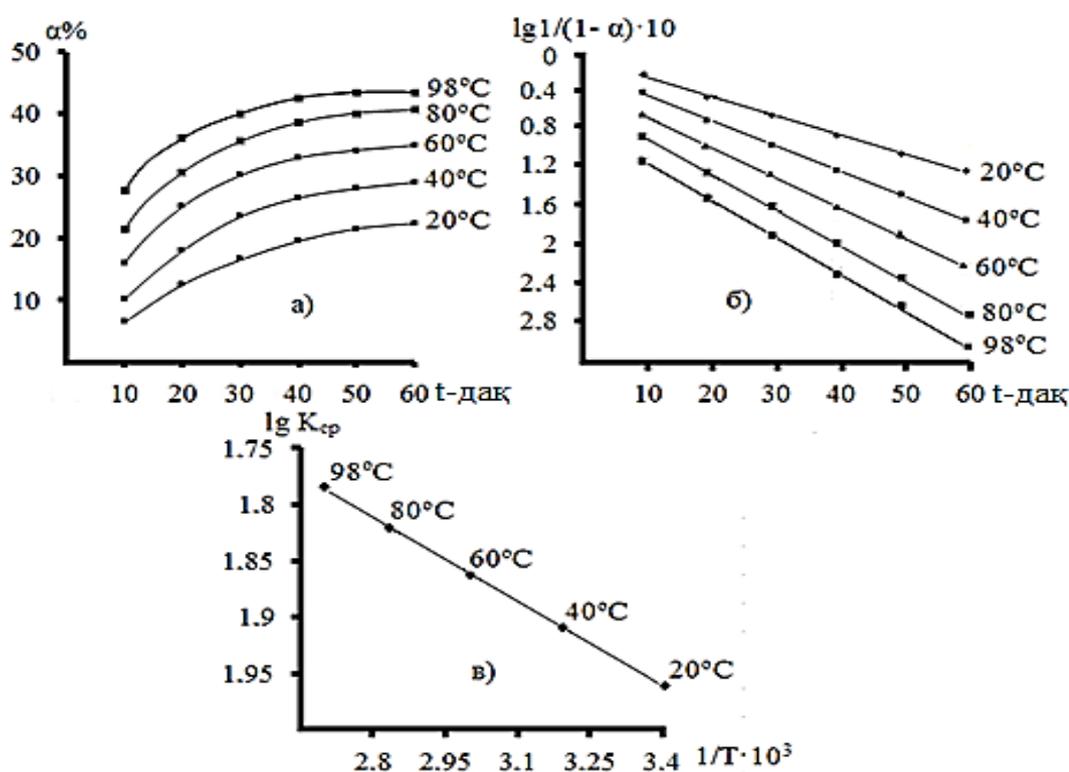
**Расми 3.7.** - Вобастагии дараҷаи истеҳсоли Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> аз нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо кислотаи фосфати 30%-а дар шароитҳои гуногуни зерин:

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

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 3.7б), 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 3.7в) тасдиқ мекунад.



**Расми 3.8.** - 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 мутлақи мутақобилаи  $1/T \cdot 10^3$ .

Энергияи намоёни фаъолшавии раванди таъзияи 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 сурут мегирад.

Қаҷхатҳои суръати нефелинҳои сиенитӣ дар фосилаи ҳарорати 20-98°C таҳқиқ шудаанд (расми 3.8). Бо афзоиши ҳарорат, истеҳсоли  $Al_2O_3$  дар 98°C ба 42 - 43% мерасад.

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

Графики вобастагии  $\log(1/(1-\alpha)) \cdot 10$  аз вақт (расми 3.8б) нишон медиҳад, ки хатҳои рост бо нишебии 53-55 дараҷа ба вуҷуд меоянд.

Таҳлили тағйирёбии константаи суръати таъзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи фосфат вобаста ба ҳарорати бозгӯ мекунад, ки ин раванд ба қонуни Аррениус мутобиқ аст, ки инро хатти вобастагии  $\lg K_{ср}$  аз  $1/T \cdot 10^3$  тасдиқ менамояд (расми 3.8в).

Энергияи намоёни фаъолсозӣ барои таъзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи фосфат 13,02 кҶ/мол муайян гардида, нишон медиҳад, ки ин раванд дар минтақаи диффузионӣ, наздик ба минтақаи омехта, ҷараён мегирад [21-М].

Ҳамин тавр, раванди кинетикаи таъзияи нефелинҳои сиенитии қони Турпӣ бо истифода аз кислотаи фосфат мавриди таҳлил қарор гирифт. Таҳқиқот нишон дод, ки таъзия барои ба даст овардани оксиди оҳан асосан дар минтақаи омехта, наздик ба минтақаи кинетикӣ, ҷараён мегирад, дар ҳоле, ки таъзия барои ба даст овардани оксиди алюминий дар минтақаи диффузионӣ, наздик ба минтақаи омехта, ба амал меояд [21-М].

### **3.3. Усулҳои гудозиш барои коркарди маъданҳои алюминийдор**

#### ***3.3.1 Ба даст овардани гилхок ва оксиди оҳан аз маъданҳои алюмосиликатӣ бо роҳи гудозиш бо хлориди калсий***

Раванди тавлиди гилхок ва оксиди оҳан тавассути гудозиш хусусияти хос

дошта ва барои коркарди ҳамаи намудҳои ашёи хоми дорои алюминий мувофиқ аст. Ин усул махсусан барои маъданҳои алюмосиликатӣ, ки дар таркибашон оксиди силитсий доранд, истифода мешавад.

Дар зерфасл, арзёбии муқоисавии раванди гудохтакунӣ барои нефелинҳои сиенитӣ, гили каолинӣ ва гили сабзи каолинӣ бо  $\text{CaCl}_2$  оварда шудааст. Нақшаи асосии технологияи коркарди маъданҳои алюмосиликатӣ бо истифода аз гудозиш бо  $\text{CaCl}_2$  ва пас аз он коркард бо об ва кислота таҳия шудааст.

Таҳлили химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ бо истифода аз таҳқиқоти кормандони лабораторияи коркарди комплекси ашёи хоми минералии Институди химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ гузаронида шуд. Барои муайян кардани миқдори оҳан, алюминий ва калсий усули комплекссозӣ истифода гардида, металлҳои ишқорӣ бо усули фотометрияи шӯълавӣ таҳлил шуданд [21-М].

Раванди гудохтакунии гилҳои каолинӣ, нефелинҳои сиенитӣ ва аргиллитҳо бо иловаи  $\text{CaCl}_2$  омӯхта шуд.

Таҷрибаҳои алоҳидаи бо  $\text{CaCl}_2$  барои гилҳои каолинии манбаъҳои гуногун (Миёнаду, Зиддӣ, Зиддии Шарқӣ) ва аргиллитҳои кони Зиддӣ гузаронда шуданд. Дар натиҷа, ҳосилшавии  $\text{Al}_2\text{O}_3$  тақрибан 90% ва  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 50% муайян гардид.

Дар ҷадвали 3.6 таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ бо таъя ба маълумоти адабиёт нишон дода шудааст. Натиҷаҳои ин таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки миқдори зиёди гилҳок дар гили каолинӣ (Зиддии Шарқӣ) ва аргиллитҳои (Зиддӣ) мавҷуд мебошад. Нефелинҳои сиенитӣ (Турпӣ), гили каолини (Чашма-Санг) ва аргиллитҳои (Зиддӣ) барои коркарди комплекси ашёи хом бо миқдори кофии ҷузъҳои фоиданок мувофиқанд [21-М].

Мавҷудияти  $\text{K}_2\text{O}$  дар маъданҳо аҳамияти махсус дорад, ки дар оянда онро барои истеҳсоли нуриҳои мураккаб истифода бурдан мумкин аст.

Дар адабиёт маълумотҳои алоҳида оид ба гудохтакунии маъданҳои алюмосиликатӣ бо  $\text{CaCl}_2$  оварда шудаанд, ки дар ҷадвали 3.7 нишон шудаанд [21-М].

**Ҷадвали 3.6.** - Таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ (бо %)

Маъданҳо	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	SiO <sub>2</sub>	TiO	Боқимонда
Нефелинҳои сиенитӣ	6.4	22.3	6.5	6.6	2.5	53.0	-	-
Гилҳои каолинӣ (Чашма-Санг)	11.0	24.6	0.3	2.65	1.0	50.1	6.3	-
Гилҳои каолинӣ (Зиддӣ)	1.3	23.2	0.4	2.8	0.7	63.2	0.98	7.7
Гилҳои каолинӣ (Зиддӣ шарқӣ)	14.2	30.5	0.2	0.4	0.6	39.8	1.17	12.9
Гилҳои каолинӣ (Миёнаду)	7.7	20.2	0.8	1.7	0.6	56.9	0.95	9.6
Гилҳои сабзи каолинӣ ки мис ва кобалт дорад (Чашма-Санг)	12.0	20.4	1.0	2.45	-	51.3	-	10.0
Аргиллитҳо (Зиддӣ)	8.74	31.0	0.1	2.95	1.0	42.9	-	10.0

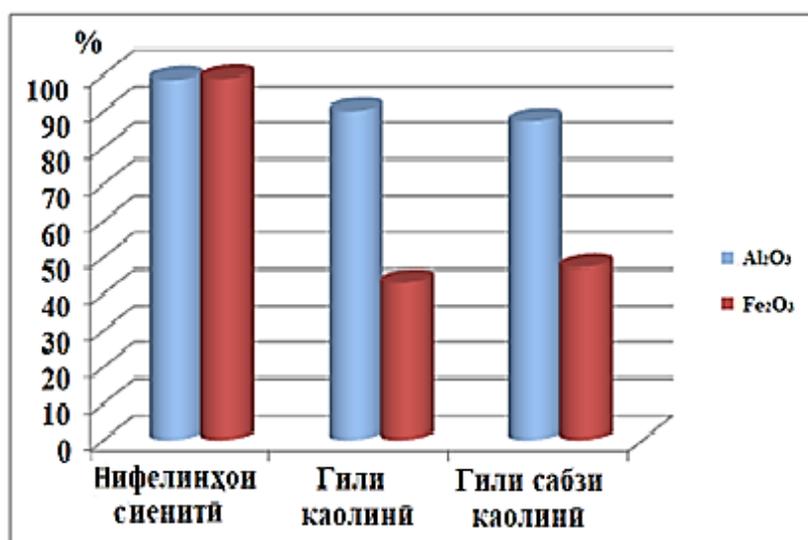
**Ҷадвали 3.7.** - Параметрҳо ва дараҷаҳои оптималии истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан аз маъданҳои алюмосиликатӣ бо роҳи гудохтакунӣ бо CaCl<sub>2</sub>

Маъдан	Параметрҳои оптималӣ					
	Таносуби CaCl <sub>2</sub> /маъдан	Ҳарорати гудохтакунӣ, °C	Қорқарди обӣ баъд аз гудохтакунӣ, t=95-98 °C	Таҷзияи маъдани пӯхташуда бо HCl, %	Дараҷаи истеҳсол	
					Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Гилҳои каолинӣ	2:1	800	98	20	90.01	43.10
Гилҳои сабзи каолинӣ, ки мис ва кобалт дорад	2:1	800-850	95	20	87.22	47.31
Нефелинҳои сиенитӣ	2:1	850-950	95-98	20	98.73	99.11

Маълумоти муфассал дар бораи нефелинҳои сиенитӣ (Турпӣ) мавҷуд аст. Дар ҷадвали 3.7 параметрҳои оптималии раванд ва дараҷаи истеҳсоли оксидҳои оҳан ва алюминий тавассути гудозиш бо  $\text{CaCl}_2$  барои гили каолинӣ ва гили сабзи каолинӣ дода шудаанд [2-М].

Дар расми 3.9 дараҷаи истеҳсоли оксидҳои оҳан ва алюминий аз намуди гуногуни маъданҳо нишон дода шудааст. Аз расми 3.9 аён аст, ки дараҷаи истеҳсоли ҷузъҳои фойданок барои нефелинҳои сиенитӣ хеле баланд мебошад.

Барои гили каолинӣ ва гили сабзи каолинӣ, барқароршавии  $\text{Al}_2\text{O}_3$  мутаносибан барои  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  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.



**Расми 3.9.** - Дараҷаҳои истеҳсоли оксидҳои оҳан ва алюминий аз нефелинҳои сиенитӣ, гили каолинӣ ва гили сабзи каолинӣ.

### ***3.3.2. Гудозиши гилҳои каолинӣ бо хлориди калсий ва таҷзияи минбаъдаи он бо об ва кислотаи сулфат***

Дар таҳқиқотҳои дигарон таҷзияшавии гилҳои каолинӣ, ки дар қонҳои Тоҷикистон мавҷуданд, таҳлил гардидааст. Дар натиҷаи таҳлилҳои ҷузъҳои фойданок аз гили каолинӣ, параметрҳои оптималӣ барои ба даст овардани ин маҳсулот муайян карда шуданд.

Ин зерфасл шароити гудохтакунии гилҳои каолинӣ бо хлориди калсий ва таҷзияи минбаъдаи он бо усулҳои кислотагӣ, обӣ ва хлорронӣ бахшида шудааст. Ҳадаф аз ин равандҳо ҳосил кардани хлоридҳои оҳан ва алюминий мебошад.

Барои муайян кардани таркиби химиявии гили каолинӣ таҳлилҳои ҳаҷмӣ ва фотометрии шӯълавӣ анҷом дода шуданд, ки натиҷаҳои онҳо нишон медиҳанд, ки гилҳои каолинӣ дорои таркиби зерин мебошанд (масса бо %):  $\text{Na}_2\text{O}$  - 0,3;  $\text{K}_2\text{O}$  - 2,65;  $\text{CaO}$  - 1,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 10,98;  $\text{MgO}$  - 1,1;  $\text{SiO}_2$  - 50;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 24,84; боқимонда - 6,3.

Дар ҷадвали 3.8 натиҷаҳои таҳлили спектралӣ гили каолинии аслӣ, ки бо истифода аз таҳлили спектралӣ атомии эмиссионӣ ва аппарати ДФС ба даст оварда шудаанд, оварда шудааст.

### Ҷадвали 3.8 - Натиҷаҳои таҳлили спектралӣ гили каолинии аслӣ

Ҷузъҳо	Ni	Mn	Ti	Co	Cr	V	Cu	Mo	Pb
Мас. бо %	0.004	0.007	0.5	0.002	0.009	0.012	0.004	0.0002	0.012

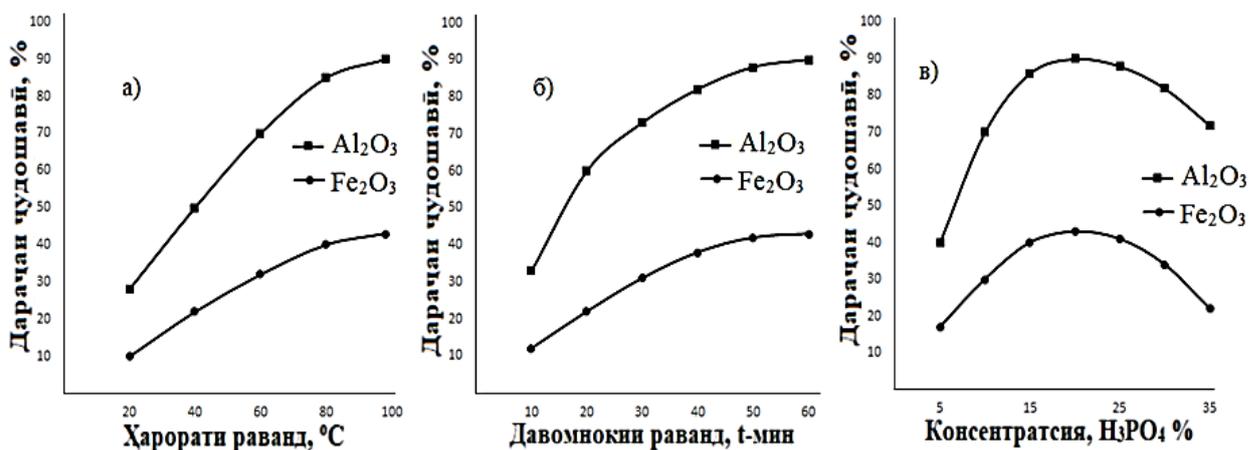
Ҷузъҳо	Bi	Sb	Sn	Cd	B	Ga	Zn	Li	P
Мас. бо %	0.0012	0.012	0.0015	0.009	0.015	0.003	0.01	0.005	0.012

Гили каолинӣ дар ҳарорати  $780-800^\circ\text{C}$  бо таносуби  $\text{CaCl}_2$ : ашёи хом = 1:1, андозаи зарраҳо 0,1 мм ва давомнокии гудохтакунии 60 дақиқа гирифта шуд.

Мувофиқи маълумотҳои пешниҳодшуда дар асарҳои [62-65], шартҳои коркарди об ва кислотаи хлоридӣ барои гудозиш ва коркарди ашёи хом ва пасмондаҳои ҳосилшуда дар ҳамаи таҷрибаҳои гузаронидашуда яқсон буданд. Ин шартҳо, ки дар тамоми таҳқиқотҳо татбиқ шудаанд, шомили давомнокии 60 дақиқа, ҳарорати раванд, ки  $98^\circ\text{C}$  ва консентратсияи кислотаи хлорид, ки 18 то 20% муайян карда шудааст. Коркарди обӣ бо мақсади нест кардани миқдори барзиёдии  $\text{CaCl}_2$  гузаронида шуд. Пас аз он коркарди кислотаи хлоридӣ гузаронида шуд, ки 89-90%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ва 42-43%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ба маҳлул мегузарад.

Дар расми 3.10 вобастагии дараҷаи истеҳсоли оксидҳои  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ва  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ҳангоми таҷзияи маъдани гудохташуда бо кислотаи хлорид пас аз коркард бо об

нишон дода шудааст. Хусусиятҳои кушодани чузъҳо дар ҳарорати аз 20 то 98° С омӯхта шуданд, ки дар он омилҳои доимии зерин мавҷуд буданд: давомнокии коркард - 60 дақиқа; консентратсияи кислотаи хлорид 18-20%, миқдори HCl 100%-и миқдори стехиометриро ташкил медиҳад. Аз расми 3.10а дида мешавад, ки бо баланд шудани ҳарорат дараҷаи истеҳсоли ҷисмҳо хеле афзудааст.



**Расми 3.10** - Тағйироти дараҷаи ҳосилшавии  $Al_2O_3$  ва  $Fe_2O_3$  дар маҳлул вобаста ба: (а) ҳарорат, (б) давомнокии раванд ва (в) консентратсияи HCl ҳангоми таҷзияи гилҳои каолинӣ аз кони Чашма-Санг бо кислотаи хлорид

Вобастагии дараҷаи истеҳсоли оксидҳои  $Al_2O_3$  ва  $Fe_2O_3$  аз давомнокии раванди коркарди кислотаи хлорид дар фосилаи вақт аз 10 то 60 дақиқа омӯхта шуд. Бо зиёд шудани давомнокии раванди коркард то 60 дақиқа дар ҳарорати 98°С ва консентратсияи кислота 20%, дараҷаи истеҳсоли  $Al_2O_3$  аз 35 то 90% ва  $Fe_2O_3$  аз 15 то 43% зиёд шуд (расми 3.10б). Бо афзоиши минбаъдаи давомнокии раванд дараҷаи истеҳсоли чузъҳо зиёд нагардид.

Вобастагии истеҳсоли чузъҳо аз консентратсияи кислота дар ҳудуди консентратсияи аз 5 то 35% омӯхта шудааст (расми 3.10в). Омилҳои доимии ин раванд инҳо буданд: ҳарорат - 98° С, давомнокии 60 дақиқа. Азбаски консентратсияи кислота аз 5 то 20% зиёд шуд, дараҷаи истеҳсоли чузъҳо баланд шуда, ба ҳадди ниҳии  $Al_2O_3$  - 87-90% ва барои  $Fe_2O_3$  - 42-43% расиданд. Бо афзоиши минбаъдаи консентратсияи кислота, дараҷаи истеҳсоли чузъҳо аз маъдан тағир наёфт ва баъдан кам шуд.

Дар натиҷаи таҳқиқот ва таҳлил шартҳои зерини раванди ҷудо кардани гили каолинӣ тавсия дода мешавад:

- Ҳарорати коркарди кислотагӣ дар 98°C
- Давомнокии раванди ишқоркунӣ 60 дақиқа
- консентратсияи кислотаи хлорид 18-20%
- андозаи заррачаҳо 0,1 мм.

### ***3.3.3. Арзёбии муқоисавии коркарди маъданҳои алюмосиликати Тоҷикистон бо усули гудозиш***

Хусусиятҳои маъданҳои дорои алюминийи конҳои Тоҷикистон барои арзёбии имконияти истифодаи онҳо дар истеҳсоли металлургӣ омӯхта шуданд. Барои гудохтакунӣ реагентҳое, ки натрий ва калсий доранд, яъне намакҳои дастрастарин бо таркиби моддаҳои асосӣ зиёда аз 98-99% истифода шуданд.

Дар бисёр равандҳо таҷзияи маъданҳои дорои алюминий бо муодилаи дараҷаи якум тавсиф карда мешавад. Энергияи фаълкунӣ бо истифода аз муодилаи Аррениус муайян карда шуд. Нишон дода шудааст, ки таҷзия дар минтақаҳои кинетикӣ ё дифузионӣ рух медиҳад.

Таҳлили рентгенофазаӣ дар ҳама марҳилаҳои кор аз маводи ибтидоӣ то маҳсулоти ниҳоӣ бо назардошти раванди гудохтакунӣ ва коркарди обӣ-кислотагӣ гузаронида шуд.

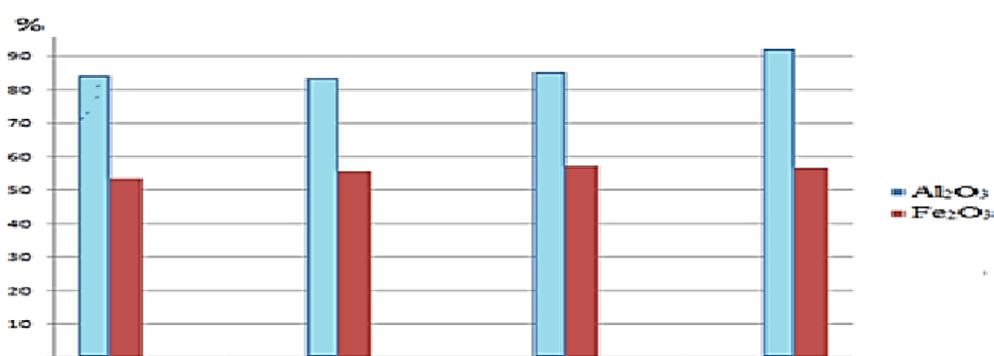
Таҳлили дифференсиалии термикӣ низ дар ҳама марҳилаҳои таҷриба пай дар пай гузаронида шуд.

Гудохтакунии маъданҳои алюмосиликатӣ: гилҳои каолинии кони Чашма-Санг, гили каолини сабз ва аргиллитҳои кони Зиддӣ тадқиқ карда шудаанд. Таркиби химиявӣ ин маъданҳо дар ҷадвали 3.9 оварда шудааст [24-М].

Параметрҳои оптималии коркарди гили каолинӣ, гили сабзи каолинӣ (ранги сабзи маъданҳо аз таркиби мис ва кобалт дар маъданҳо шаҳодат медиҳад) ва аргиллитҳои кони Зиддӣ омӯхта шуданд. Бо назардошти корҳои иловагии таҷрибавӣ ҷудо кардани ҷузъҳои фойданок аз маъданҳои дорои алюминий бо роҳи гудохтакунӣ бо NaOH ҷамъбаст карда мешавад (расми 3.11) [24-М].

### Ҷадвали 3.9. – Таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ (бо %)

Маъдан	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	CaO	Боқимонда
Гили каолинӣ (Чашма-Санг)	24.6	11.0	2.65	0.3	50.1	1.0	6.3
Гили сабзи каолинӣ, ки мис ва кобальт дорад (Чашма-Санг)	20.4	12.0	2.45	1.0	51.3	-	10.0
Аргиллитҳои Зиддӣ	31.0	8.74	2.95	0.1	42.9	1.0	10.0



- 1 - гилҳои каолини кони Чашма-Санг + HNO<sub>3</sub>;  
 2 - гилҳои сабзи кони Чашма-Санг + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;  
 3 - гилҳои сабзи кони Чашма-Санг + HCl;  
 4 - аргиллитҳои кони Зиддӣ + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Расми 3.11** – Баҳодиҳии муқоисавии истеҳсоли оксидҳои алюминий ва оҳан аз маъданҳои алюмосиликатӣ тавассути ғудохтакунӣ бо NaOH [2-М]

#### 3.4. Ба даст овардани коагулянт барои тоза кардани об бо роҳи таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои хлорид ва сулфат

Бо истифода аз коагулянтҳо самаранок тоза кардани обҳои партови табиӣ ва саноатӣ аз моддаҳои суспензия ва дисперсӣ-коллоидӣ имкон дод, ки ба шарофати бунёди ин корхонаҳо масъалаи коркарди комплекси ашёи хоми минералӣ, хеле зиёд кардани захираҳои об, ҷалби манбаъҳои нави об ба фаъолияти хоҷагидорӣ ва ҷорӣ намудани нақшаҳои технологӣ бо гардиши пушидаи об оқилона ҳал карда шавад.

Ҳангоми тоза кардани об аз моддаҳои омехташуда, бинобар хурд будани андозаи ҳиссачаҳо, устувории баланди агрегативии онҳо ва душвории

тахшиншавии система, монеаҳои чиддӣ ба вучуд меоянд. Барои суръат бахшидан ба ин равандҳо, дар аксар мавридҳо, усулҳои гуногун истифода мешаванд, ки асосан ба воситаи афзоиши андозаи ҳиссачаҳои агрегатҳо дар зери таъсири коагулянтҳо, флокулянтҳо ва махсусан омехтаҳои ин моддаҳо амалӣ карда мешаванд. Ин тарзҳои коркард ба бештар шудани раванди чудошавии моддаҳои нолозим ва баланд бардоштани самаранокии тозакунии об мусоидат менамоянд [11-М].

Коркарди роҳҳои оқилонаи технологӣ ва истифодаи коагулянтҳои нави самарабахш бо мақсади тезонидани чудокунии фазаҳо, системаҳои пароканда бо сарфи кам ва арзиши реактивҳо проблемаҳои актуалӣ ва муҳим мебошанд.

Барои тоза кардани об, намакҳои алюминий ва оҳан ҳамчун коагулянт истифода мегарданд. Онҳо ҳангоми гидролиз таҳшинҳои флокулятсионӣ ташкил мекунанд, ки ифлосиҳо ва микроорганизмҳоро аз об хориҷ менамоянд. Коагулянтҳои алюминий бештар истифода мешаванд. Сульфати алюминийи барои ин мақсад истифодашаванда асосан аз гидроксиди алюминий гирифта мешавад, ки он маҳсулоти камёфт ва гаронбаҳо мебошад. Дар арзиши сульфати алюминий арзиши ашёи хом 60-80 фоизро ташкил медиҳад. Дар ин самт, яке аз муҳимтарин равияҳои таҳқиқоти илмӣ дар солҳои охир таҳияи технологияҳои нав барои ҳосил намудани коагулянтҳо ба шумор меравад. Ин технологияҳо асосан ба истифодаи маъданҳои табиӣ, ки ҳам камёфт ва ҳам васеъ паҳншуда мебошанд, така мекунанд. Чунин маъданҳо, аз ҷумла дорои алюминий, нефелинҳо, каолинҳо, алунитҳо ва бокситҳои пастсифат, ҳамчун ашёи хоми асосӣ барои истеҳсоли коагулянтҳо истифода мегарданд. Бояд зикр кард, ки захираҳои ин гуна ашёи хом хеле фаровон буда, имкониятҳои васеи саноатиро фароҳам меоранд.

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 онҳоро аз лиҳози иқтисодӣ самаранок мегардонад;

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

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

г) суръати баланди таъзияи онҳо бо кислотаҳои минералӣ;

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

Аз ин ҷост, ки бисёр муаллифон ба технологияи аз маъданҳои нефелинӣ истеҳсол кардани коагулянтҳо диққати махсус доданд. Барои истеҳсоли коагулянтҳо аз нефелинҳои сиенитӣ, гили каолинӣ ва сиаллитҳо, усулҳои гуногун таҳия ва дар шароити таҷрибавии саноатӣ санҷида шудаанд. Вақте ки маъданҳои алюмосиликатӣ бо кислотаҳо дар шароити оптималии пайдошуда таъзия мешаванд, маҳлуле ба вуҷуд меояд, ки омехтаи намаки сулфат ё хлориди алюминий ва оҳан мебошад. Силитсий ва ғайра, барои тоза кардани об ҳамчун коагулянт истифода мешаванд [11-М].

Баъд аз омӯзиши манбаҳои адабӣ оид ба коркарди маъданҳои алюминий, мо маълумоте дар бораи таъзияи нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз омехтаи кислотаҳои хлорид ва сулфат пайдо накардем. Ин нишон медиҳад, ки чунин усул дар таҳқиқотҳои мавҷуда камтар мавриди баррасӣ қарор гирифтааст ё таҳқиқоти кофӣ нагузаронида шудааст.

Барои истеҳсоли коагулянтҳои мураккаб, ки дар раванди тозакунии об нақши муҳим мебозанд, одатан аз омехтаи кислотаҳои минералӣ истифода мекунанд. Ин усул ба баланд бардоштани самаранокии ҷудошавии ифлосиҳо ва беҳтар кардани сифати оби тозашуда мусоидат менамояд. Аз ин рӯ, омӯзиши минбаъдаи имкониятҳои коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз омехтаи кислотаҳои гуногун метавонад самти нави таҳқиқоти илмӣ ва амалии соҳаи химия ва муҳандисии экологӣ гардад [113].

Равандҳои технологияи коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо дарназардошти хусусиятҳои физикӣ ва химиявӣ онҳо, инчунин таркиби минералогии мавод таҳия ва такмил дода шудаанд (ҷадвали 3.9).

**Ҷадвали 3.9.** - Таркиби химиявӣ ва минералогии нефелинҳои сиенитии кони Турпи

Номи чинсҳо	Таркиби ҷузъҳо, мас. бо %						
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	SiO <sub>2</sub>	Боқимонда
Нефелинҳои сиенитӣ	22	5.5	6	7.15	3	53.5	2.85
<b>Минералҳо</b>	<b>Формула</b>					<b>Таркиб (мас. бо %)</b>	
Ортоклаз, Микроклин	K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]					35.1	
Албит	Na[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]					25.8	
Нефелин	(Na,K) <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub>					25.5	
Анортит	CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub>					4.6	
Биотит	K <sub>2</sub> O·3MgO·(Al,Fe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3SiO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O					6.9	
Калсит	CaCO <sub>3</sub>					2.0	
	<i>Дар маҷмӯъ:</i>					99.9	

Натиҷаҳои таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки дар таркиби нефелинҳои сиенитӣ миқдори зиёди гилхок мавҷуд буда, ҳамчунин ин маъдан дорои унсурҳои муҳим ба монанди натрий, калий ва оҳан мебошад. Ин ҷузъҳо метавонанд дар равандҳои гуногуни саноатӣ ва истехсоли коагулянтҳо нақши муҳим бозанд [11-М].

Нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз таҳлили марҳилаи рентгенофазавӣ омӯхта шуда аст.

Нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> бо консентратсияи гуногун таҷзия карда шуд. Кислотаҳое, ки дар таҷрибаҳо истифода шуданд, дорои дараҷаи баланди реактивӣ буданд.

Дар усулҳои қаблии коркарди нефелинҳои сиенитӣ, маъданҳоро дар тафдонҳои муфелӣ дар ҳарорати 500-600°C барои муддати як соат гарм

мекарданд. Ин раванд ба тағйироти химиявӣ ва физикии маъдан мусоидат намуда, шароити беҳтарро барои чудо намудани чузъҳои зарурӣ фароҳам меовард [11-М].

Таҳлили натиҷаҳои таҷзияи нишон дод, ки истифодаи омехтаи кислотаҳо дар раванди ҳосилшавии оксидҳо аз нефелинҳои сиенитӣ таъсири назаррас мерасонад. Барои дақиқтар муайян намудани ин таъсир, таҷрибаҳои иловагӣ оид ба коркарди гармии пешакӣ ва таҷзияи ашёи хом гузаронида шуданд. Натиҷаҳои ба дастмада нишон доданд, ки табобати ҳароратӣ ба афзоиши истеҳсоли оксидҳо таъсири мусбат расонида, самаранокии равандро беҳтар мекунад. Ин натиҷаҳо имконият медиҳанд, ки раванди коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо истифода аз усулҳои гармидиҳӣ ва таҷзияи химиявӣ боз ҳам самараноктар гардонида шавад.

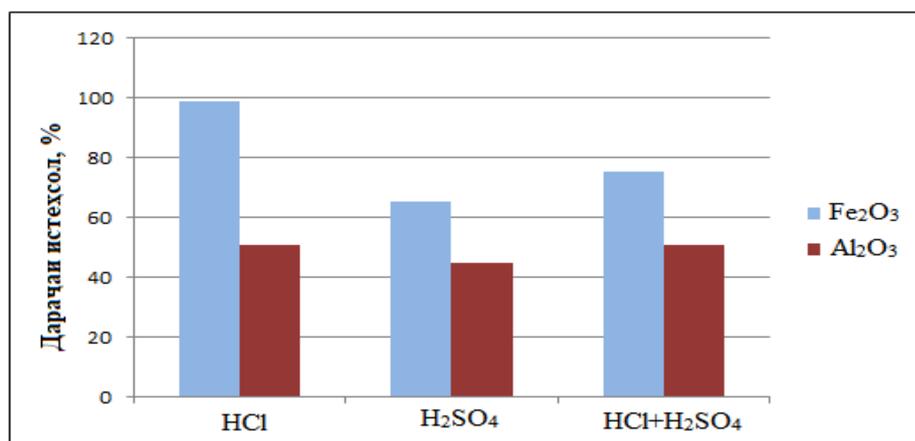
Натиҷаҳои таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳо дар ҷадвали 3.10 оварда шудаанд. Дар он инчунин таҳлили муқоисавии истеҳсоли чузъҳои фойданок бо кислотаи сулфат ва хлорид оварда шудааст [11-М].

**Ҷадвали 3.10.** - Таҳлили муқоисавии таҷзияи сиенити нефелинӣ бо консентратсияи гуногуни омехтаи кислотаҳои  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$

Кислотаҳо	Таркиби оксидҳо, бо %				
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{CaO}$
$\text{HCl} - 20\%$	50.8	98.8	39.5	71.8	-
$\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 -$ омехта 20+50%	50.7	75.5	-	-	-
$\text{H}_2\text{SO}_4 - 50\%$	44.6	65.45	-	-	-

Таъсири консентратсияи омехтаи кислотаҳои  $\text{HCl}$  ва  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ба раванди таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ мавриди таҳқиқ қарор гирифт. Дар ҷараёни таҳқиқот, консентратсияи  $\text{HCl}$  дар ҳудуди 10-30% ва  $\text{H}_2\text{SO}_4$  дар ҳудуди 20-70% тағйир дода шуд. Ҳамзамон, шароити доимии технологӣ чунин буданд: ҳарорат -  $98^\circ\text{C}$  ва муҳлати коркарди кислота - 1 соат.

Натиҷаҳои бадастомада нишон доданд, ки истеҳсоли ҳадди аксарии оксидҳои хангоми истифодаи омехтаи 20% HCl + 50% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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 3.12) инъикос ёфта, инчунин таҳлили муқоисавӣ бо таъсири дигар кислотаҳои минералӣ низ анҷом дода шудааст.



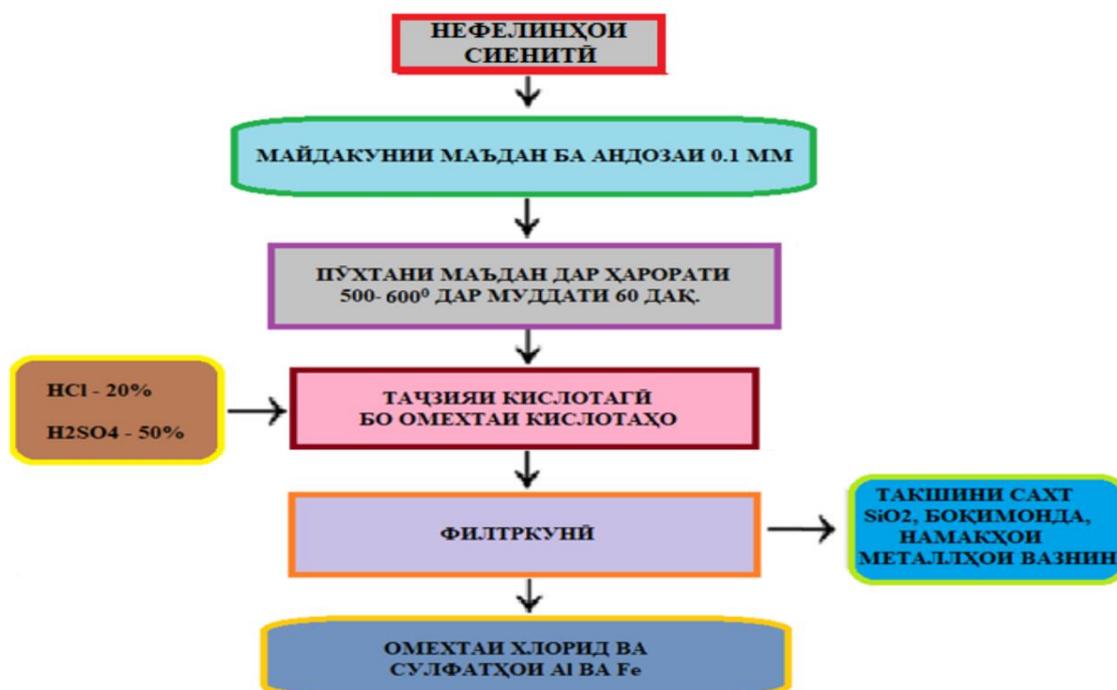
**Расми 3.12.** - Таъсири кислотаҳои минералӣ ва омехтаи HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ба истеҳсоли оксидҳои Al ва Fe аз нефелинҳои сиенитӣ

Таҳқиқотҳо нишон доданд, ки пешакӣ ба ҳарорати баланд табобат намудани нефелинҳои сиенитӣ ба афзоиши миқдори оксидҳои ҳосилшуда таъсири назаррас мерасонад. Ҳамзамон, истифодаи омехтаи кислотаҳои HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> дар ин раванд самаранокии ҷудошавии оксидҳоро афзун карда, сифати маҳсулоти ниҳоиро беҳтар менамояд [11-М].

Мувофиқи натиҷаҳои таҳқиқоти гузаронидашуда оид ба коркарди нефелинҳои сиенитии кони Турпӣ бо истифода аз омехтаи кислотаҳои HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ва пӯختани пешакӣ, равандҳои таъзия самаранокии баланд нишон доданд.

Бар асоси ин таҳқиқот, нақшаи технологии коркарди ин маъдан таҳия гардида, ҷузъиёти он дар расми 3.13 тасвир ёфтааст. Ин нақша равандҳои асосии коркардро дар бар гирифта, қадамҳои муҳим барои ҷудо намудани оксидҳои зарурӣ ва баланд бардоштани самаранокии истеҳсолотро нишон медиҳад. Системаи коркард марҳилаҳои зеринро дар бар мегирад:

- Майда кардани маъдан то андозаи 0,1 мм.
- Коркарди пешакии гармӣ дар ҳарорати 500-600°C барои 1 соат.
- Таҷзия бо омехтаи 20% HCl + 50% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Чудокунӣ бо роҳи ҳал кардан.
- Чудокунӣ бо роҳи филтрукунӣ [11-М].



**Расми 3.13.** - Нақшаи асосии технологияи таҷзияи нефелинҳои сиенитии Турпӣ бо истифода аз омехтаи кислотаҳои HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Ҳамин тариқ, коагулянт барои тоза кардани об дар натиҷаи таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ки дар якҷоягӣ аз ионҳои хлор, сулфат ва катионҳои оҳан, алюминий иборат аст, ба даст оварда шудааст. Дарачаи оптималии таҷзияи маъдан муайян карда шуда, нақшаи асосии технологияи ба даст овардани коагулянти омехтаи алюминий ва оҳан кор карда баромада шуд [11-М].

### **3.4.1. Қобилияти коагулятсияи коагулянтҳои хлор-сулфати омехта дар асоси алюминий ва оҳан**

Чи тавре ки маълум аст, барои тоза кардани обҳои табиӣ ва обҳои партови марбут ба соҳаҳои гуногуни саноат, ки дар онҳо миқдори зиёд гил, ранг ва

моддаҳои коллоидӣ, фосфатҳо ва дигар ифлоскунандаҳо мавҷуд аст, истифодаи реагентҳои коагулятсионӣ як раванди муҳим ва муассир аст [81]. Самаранокии коагулянтҳо аз омилҳои гуногун вобаста аст, ки ба таври мустаким ба натиҷаҳои коркард таъсир мерасонанд.

Дар технологияи коагулятсияи об, омилҳои чун таркиб ва ҳосиятҳои ифлоскунандагони оби партов, миқдори коагулянт, ҳарорат ва рН-и об, инчунин шароити ворид кардани моддаҳои реаксияшаванда ва омехта кардани онҳо ба назар гирифта мешаванд. Маҳз таъмини шароити мувофиқ барои гидролизшавии коагулянтҳо ба самти дилхоҳ, тавассути тағйир додани консентратсияи коагулянт дар системаи дисперс ва арзиши рН, омили асосии самаранокии истифодаи коагулянтҳо дар тозакунии оби партов мебошад.

Барои сульфати алюминий, оптималии рН дар доираи 5-7,5 муайян шудааст, ва барои хлориди оҳан ин арзиш дар фосилаи 3,5-6,5 қарор мегирад [10-М].

Қайд кардан зарур аст, ки коагулянтҳо, ки асосан аз намакҳои оҳан ва алюминий сохта шудаанд, дар коркарди оби партов ва тозакунии оби ранга ва лойолуд хеле зиёд истифода мешаванд [81]. Коагулянти сульфати алюминий барои обҳои ранга ва лойолуд дар рН = 5-7,5 арзиши хеле баланд ва самаранокии зиёд дорад. Аммо, агар ҳарорати об аз +11°C пасттар шавад, ҷараёни флокулятсия суст мегардад ва ҳосилшавии гидроксиди алюминий бесамар мегардад. Як камбудии асосии сульфати алюминий дар он аст, ки миқдори зиёди алюминийи (III) метавонад дар оби тозашуда боқӣ монад, ки ин масъалаи экологӣ ва тандурустӣ мебошад.

Бояд гуфт, ки ҷанбаи кам кардани таркиби Al дар раванди тоза кардани оби табиӣ ва ҷилавгирӣ аз воридшавии он ба оби ошомиданӣ дар робита ба ақидаҳои навтарин дар бораи захролудии пайвастагиҳои Al хеле муҳим аст. Истифодаи коагулянти омехта, ки як омехтаи пайвастагиҳои алюминий ва оҳан аст, нишондиҳандаҳои оби тозашударо ба меъёрҳои байналмилалӣ оби нӯшокӣ, аз ҷумла дар таҳқиқи таркиби пайвастагиҳои Al, наздик мекунад. Дар муқоиса бо намакҳои алюминий, намакҳои оҳан (III), ки барои коагулятсия истифода мешаванд, бартарҳои зиёде доранд. Ин намакҳо дар ҳарорати пасттар

самаранокии беҳтар доранд ва коагулятсияро беҳтар мекунад. Раванди коагулятсия дар ин ҳолат камтар ба тағйироти рН муҳити обӣ таъсир мекунад.

Ғайр аз ин, суръати таҳшиншавии зарраҳои коагулятсияшуда афзоиш ёфта, муҳлати таҳшиншавии ҳалнашавандаҳо кӯтоҳ мешавад [10-М]. Ба ҳар ҳол, камбудии асосии намакҳои оҳан ҳамчун коагулянт, зарурати бо диққат ва дақиқ таъин кардани миқдори онҳо аст, зеро вайрон кардани нисбати миқдор метавонад ба оби тозашуда реҳтани ионҳои оҳан оварда расонад. Барои рафъи ин норасоӣҳо, ба таври васеъ намакҳои алюминий илова мешаванд.

Аз ин рӯ, истифодаи коагулянтҳои омехта, ки омехтаи пайвастагиҳои алюминий ва оҳан мебошанд, дар раванди тозакунии об самарани бештар медиҳанд. Коагулянтҳои оҳану алюминий нисбат ба коагулянтҳои, ки танҳо як ҷузъҳо доранд, афзалиятҳои зиёдро пешниҳод мекунанд. Дар маҷмӯъ, тавсияҳои оптималии рН ва шарҳҳои махсус барои навъҳои зиёди маҳсулоти гидролизӣ, ки комплексҳои полигетернуклеарӣ доранд, нишон медиҳанд, ки онҳо хосиятҳои инфиродӣ ва таҳлилҳои амикро талаб мекунанд.

Ҷойгиркунии босуръати доначаҳо низ бо тағйир ёфтани сохтори коагулянт, ки ба зичшавии зарраҳо рабт дорад, алоқаманд аст. Дар ҳолате, ки об бо коагулянти омехта тоза карда мешавад, ҳатто дар ҳарорати паст "шлам" (тақшинҳои оксиди оҳан) мушоҳида намешавад. Ин падида натиҷаи ба вуҷуд омадан ва тақшиншавии доначаҳо мебошад, ки пас аз филтратсия ба амал меояд. Доначаҳо дар муқоиса бо ҳолатҳои, ки коагулянтҳо алоҳида истифода мешаванд, ба таври баробаргар ва ҳамоҳанг ҷойгир мешаванд, ки дар натиҷа равшании оби тозашударо зиёд мекунад ва метавонад борҳоро барои филтрҳо коҳиш диҳад.

Таъсири об дар ҳарорати 20°C бо коагулянти омехта, дар муқоиса бо коагулятсияи сульфати оҳан дар 50°C ва сульфати алюминий дар 80°C, самаранокии аниқ ва баробарро нишон медиҳад [174, 175].

Дар таҳқиқотҳои анҷомшуда [14, 15], истеҳсоли алюминий ва коагулянтҳои оҳандор барои тоза кардани об таҳқиқ карда шуданд. Дар ин корҳо, самаранокии коагулянтҳои омехта, ки аз омехтаи намакҳои алюминий ва хлориди оҳан иборат ҳастанд, баррасӣ гардидааст. Мувофиқи маълумоти дар [14, 15] пешниҳодшуда,

коагулятсияи коагулянтҳои омехта, ки дар натиҷаи таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои HCl ва H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ба даст омадаанд, бо усулҳои коркардшуда таҳқиқ шудааст.

Масалан, коагулянти омехта, ки барои тоза кардани оби тира ва бо мушкилоти ифлоскунанда дар таркиби он истифода мешавад, нишон додааст, ки самарайи баланд дорад. Вақте ки об хеле тира мебошад, истифодаи коагулянтҳои омехта, ки омехтаи хлориди оҳан ва алюминий доранд, таъсир намоён мерасонад ва барои тоза кардани оби нӯшокӣ аз ҷиҳати экологӣ беҳатар аст. Дар ҷадвали 3.11 таҳлили муқоисавии қобилияти коагулятсионӣ дар асоси Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>+AlCl<sub>3</sub> ва коагулянтҳо, ки дар натиҷаи реаксияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ба даст омадаанд, анҷом дода шудааст [10-М].

**Ҷадвали 3.11.** - Таҳлили муқоисавии қобилияти коагулятсияи Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>+FeCl<sub>3</sub> (10:1) ва коагулянти хлоросульфат [10- М]

Микдори коагулянт, мг/дм <sup>3</sup>			τ, дақ	Таркиби боқимондаи моддаҳои вазнин дар об, мг/дм <sup>3</sup>		
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	AlCl+FeCl <sub>3</sub>	коагулянти хлоросульфат		Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	AlCl+FeCl <sub>3</sub>	коагулянти хлоросульфат
3	3	3	6	27.2	15.5	15.0
4	4	4	6	22.5	9.0	7.5
5	5	5	6	23.9	8.3	6.9
3	3	3	18	19.1	10.1	9.1
4	4	4	18	13.4	5.1	5.0
5	5	5	18	13.4	5.0	4.2
3	3	3	24	17.2	8.5	8.2
4	4	4	24	12.9	3.8	4.3
5	5	5	24	11.9	4.7	3.3
3	3	3	30	15.3	8.1	7.9
4	4	4	30	11.95	3.9	3.7
5	5	5	30	11.5	3.4	2.2

Ҳамин тавр, коагулянт барои тоза кардани об тавассути таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои HCl ва H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ки дар таркиби он хлор ва ионҳои

сулфат мавҷуданд, гирифта мешавад. Ин омехтаи кислотаҳо таъсири зиёде бар ҳосилшавии коагулянт мерасонад, ки барои беҳтар кардани раванди коагулятсия ва тоза кардани об аз ифлоскунандаҳо, ба мисли бактерияҳо ва моддаҳои сахт, кӯмак мекунад. Чунон ки таҳлили муқоисавии коагулянтҳо, аз ҷумла сулфати алюминий, омехтаи хлоридӣ ва хлоросулфати омехта нишон медиҳад (ниг. ба ҷадвал), коагулянти хлоросулфат самарабахштар аст.

Коагулянти хлоросулфати омехта дар ҳолатҳои оби тира ва рангоранг, инчунин дар раванди флокулятсия ва таҳшиншавии заррачаҳои коллоидӣ натиҷаҳои муассир медиҳад, ва ин раванди таҳшиншавӣ назар ба истифодаи коагулянти муқаррарии  $Al_2(SO_4)_3$  ба таври шиддатноктар пеш меравад.

Барои ҳамин, маълум мешавад, ки коагулянт, ки дар шароити оптималӣ ва бо истифода аз омехтаи кислотаҳои  $HCl+H_2SO_4$  ҳосил мешавад, самарабахш мебошад. Қобилияти коагулятсияи ин коагулянт нисбат ба коагулянти стандартии сулфати алюминий бештар аст [10-М].

### **3.5. Аз маданҳои алюмосиликатӣ ба даст овардани ашёи хом барои истеҳсоли массаҳои фарфорӣ**

Маълум аст, ки барои тайёр намудани массаи фарфорӣ, ионҳои оҳанро тоза кардан лозим аст ва усули дастрас ва камхарҷ ин несткунии ионҳои оҳан аз массаи фарфорӣ ҳангоми гарм кардан бо кислотаҳои минералӣ (сулфат ё хлорид) коркард кардани онҳо мебошад. Коркарди кислота барои маъданҳои алюмосиликатӣ барои тоза кардани оҳан як усули маъмул ва самарабахш аст. Дар ин раванд, миқдори кислота, ки барои коркард истифода мешавад, одатан аз 100 то 500 кг/т мерасад, ва ҳарорати раванд дар як дараҷаи тахминии  $100^\circ C$  нигоҳ дошта мешавад. Ғайр аз ин, дар баъзе ҳолатҳо, истеҳсоли оҳан дар фишори баланд барои ба даст овардани натиҷаҳои беҳтар истифода мешавад.

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 Турпӣ 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 [12-М].

Дар ин кор таркиби массаи фарфор ва маҳсулот дар асоси он бо истифода аз гили каолинӣ 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. Барои сохтани массаи таҷрибавӣ, ашёи хом, ки барои истеҳсоли фарфор истифода мешуданд, ба кор 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].

Миқдори ҳисобшудаи ашёи хом ба осеби шаробкаш ворид карда шуд ва пас аз коркард шликер (суспензия) бо хосиятҳо ва параметрҳои, ки аз истеҳсоли стандартӣ фарқ намекарданд, ҳосил гардид. Аз шликери ба даст омада бо усулҳои рехтагарӣ партовҳои таҷрибавии маснуоти фарфорӣ таҳия шуданд. Паси хушк кардан, намунаҳои санчишӣ дар тафдон дар ҳарорати 800°C барои 3 соат гарм карда шуданд. Дар танури тунелӣ, ки ҳарорати 1350°C дошт, пас аз 25 соат ва мувофиқи шароити ҳарорат ва газ, сӯхтори дуюми маҳсулоти шишагин гузаронида шуд. Маҳсулоти фарфори таҷрибавии ҳосилшуда бо усулҳои саноатӣ мавриди санчиш қарор гирифта, натиҷаҳо нишон доданд, ки хосиятҳои технологӣ ба дараҷаи маҳсулоти стандартӣ мувофиқат мекунанд.

Барои омӯхтани хосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ ва технологӣ, массаи фарфорӣ таҷрибавӣ ва намунаҳои гуногун, ки дар дастурҳо талаб карда мешаванд (найча, цилиндр, плахтаҳо ва ғайра), тайёр карда шуданд. Натиҷаҳои санҷиш нишон доданд, ки массаи фарфорӣ бо ёрии материали таҷрибавӣ омодашуда аз ҷиҳати хосиятҳо ба массаи истеҳсолӣ хеле наздик аст [12-М].

Пас аз тоза кардани намуна, миқдори умумии оксидҳои оҳан аз 0,4% зиёд набуд. Ҳар як маводи натиҷавӣ барои санҷиши оташин озмуда шуд, ки он хокаи сафеди майда ва озод мебошад, ки каме аз близна фарқ мекунад. Намунаи маводи санҷидашуда, ки барои омодаسازی массаи таҷрибавӣ истифода мешавад, ба таркиби химиявии фарфор монанд мебошад. Дар омодаسازی массаи таҷрибавӣ, ашёи хоми фарфорӣ истифодашуда, ки дар заводҳо коркард мешавад, ба кор бурда шуданд.

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

Мо дар асоси ашёи хоми маҳаллии каолинӣ се дастурамал тартиб додем. Дастурамали аввали намунаи №31 бо 28,0% каолин ва каолин, 28,0% ангрэн таркиб ёфтааст. Дастурамали дуюм намунаи №31 бо 37,5% каолин ва каолин, № 49 бо 18,5% мебошад. Дастурамали сеюм пурра аз таркиби конҳои Тоҷикистон иборат аст, ки дар он каолини № 74 бо 48,0%, шпати даштӣ бо 22%, қум бо 20%, бентонит бо 4% мавҷуд аст [12-М].

Ашёи хоми аввала, ки миқдори онро ба ҳисоб гирифтаанд, ба осёби шаробкаш бор карда шуд. Пас аз майдакунии шликери ба даст омада, дар намии 37,25% бо ҷараённокии 14,1 сония амал мекунад.

Аз шликери (суспензия) ҳосилшуда бо усули рехтагарӣ намунаи таҷрибавии маснуоти фарфорӣ тайёр карда шуданд. Намунаҳои хушкӣ ва ҳавоиро дар тули 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 техникӣ намунаҳо бо стандартҳои умумӣ мутобиқат мекунанд. Барои арзёбии хосиятҳои физикӣ, механикӣ ва технологӣ, намунаҳои каолинӣ, ки дар ҷадвали 3.12 оварда шудаанд ва ҳамчунин массаи фарфорӣ таҷрибавӣ, ки дар ҷадвали 3.13 ба он асос ёфтааст, барои санҷиш омода карда шуданд. Дар раванди коркард, намунаҳо дар шаклҳои мухталиф, ба монанди найчаҳо, цилиндрҳо ва плиткаҳо, мувофиқи дастурҳои муайян омода карда шуданд [12-М].

**Ҷадвали 3.12.** - Хусусиятҳои фарфорӣю технологияи гили каолинии истифодашуда [12-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							
Хокаи	3.8	16.3	20.10	7.70	10.90	12.80	25.70
дағалмайдакардашуда	5.5	19.5	25.00	21.40	5.70	9.20	6.40
Зиддӣ, №49							
Хокаи	3.60	8.3	11.90	1.00	2.20	11.50	24.40
дағалмайдакардашуда	4.30	10.2	14.50	12.70	0.50	10.40	5.60
Зиддӣ №31							
Хокаи	4.4	15.8	20.20	5.50	4.50	16.00	28.60
дағалмайдакардашуда							
Просьяновск							
№237	4.70	19.6	24.30	18.20	5.70	-	5.40
№238	3.60	18.6	22.20	19.30	4.10	-	5.80
Ангрен							
№255	4.90	9.5	14.40	30.20	8.80	18.50	5.50
№248 ғанӣ гардонида шудааст	7.00	13.4	20.40	41.50	9.60	25.60	0.30

**Ҷадвали 3.13. - Хусусиятҳои фарфорӣ-технологии массаҳои таҷрибавӣ [12-М]**

Номгуи нишондиҳандаҳо	Масса бо дастурамал				
	№1	№2	№3	№3 бо гил	Заводӣ
Камшавӣ, %					
Ҳавой (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
Коэффисиенти ғафсшавӣ	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

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

## БОБИ 4. БАРАССИИ НАТИҶАҶОИ ТАДҚИҚОТ

### 4.1 Баҳодиҳии имкониятҳои истифодабарии навҳои алоҳидаи маъданҳои алюминий

Алюминий дар бисёр соҳаҳои саноат унсури асосӣ мебошад. Бинобар ин кор карда баромадани усулҳои самарабахши ба даст овардани ашёи хоми дорои гилхок барои саноати алюминий вазифаи таъхирнопазир мебошад.

Конҳои алюминий дар тамоми ҷаҳон мавҷуданд. Маъданҳои алюминий асосан боксит, нефелинҳои сиенитӣ, чинси алунит, гили каолинӣ ва ғайра мебошад.

Одатан, ҳангоми коркарди маъданҳои алюминий аввал гилхок ( $Al_2O_3$ ) гирифта мешавад, ки аз он, чунон ки маълум аст, алюминийи металлӣ бо усулҳои электролитӣ худрохта мешавад.

Ҳангоми баҳодиҳии имкониятҳои истифодабарии навҳои алоҳидаи маъданҳои алюминий, миқдор, таркиб ва таносуби ифлосҳои гуногун дар онҳо, махсусан силитсий ва оҳан аҳамияти калон дорад. Маъданҳои асосӣ бокситҳо мебошанд, ки дар он миқдори гилхок тақрибан 40-45% аст.

Усули аз нефелинҳои сиенитӣ ба даст овардани алюминий бо дар як вақт истеҳсоли сода ва дигар ҷузъҳои фойданок кор карда барои маъданҳо шудааст.

Миқдори  $Al_2O_3$  дар навҳои бехтарини боксит 40-45% (бо таносуби  $Al_2O_3: SiO_2 \geq 2,6$ ), дар нефелинҳои сиенитӣ 19-22%, дар гили каолинӣ 18-20%, аргиллитҳо 20-30%, ва ғайра.

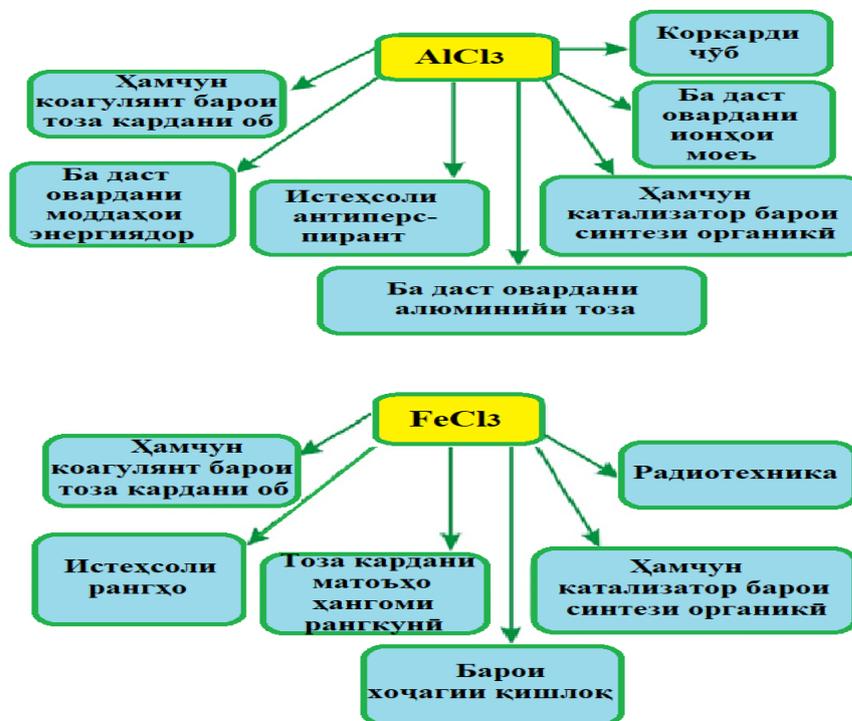
Конҳои алюминий дар тамоми ҷаҳон мавҷуданд. Дар қаламрави Украина, маъданҳои алюминий дар минтақаи Проиазов ҷойгиранд. Дар Закарпатия, дар наздикии сипари Украина.

Конҳои калони маъданҳои алюминий, бахусус бокситҳо, дар Венгрия, дар қаламрави Югославияи пешина, дар Фаронса, Ҳиндустон, Африкаи Марказӣ ва Чанудӣ, инчунин дар Урал, дар Қазоқистон, Сибир, нимҷазираи Кол мебошанд.

Нефелинҳои сиенитӣ дар Прибайкал ва Кавкази Чанубӣ ба даст оварда мешаванд. Алунитҳо дар Кавкази Чанубӣ дастрасанд. Конҳои калони нефелинҳои сиенитӣ дар Тоҷикистон мавҷуданд.

Дар ин таҳқиқот, асосҳои физикӣ ва химиявӣ коркарди маъданҳои пастсифати гилҳои Тоҷикистон барои истеҳсоли маҳсулоти арзишманд, махсусан алюминий ва пайвастиҳои оҳан, таҳлил карда шуданд.

Истифодаи хлориди алюминий ва оҳан дар расми 4.1 оварда шудааст.



Расми 4.1. - Истифодаи хлориди алюминий ва оҳан

Ғайр аз ин, дар ин кор имконияти аз маъданҳои гилҳокадор бо роҳи ба даст овардани шпати саҳроӣ ва дигар чӯзҳои фарфорӣ истеҳсол кардани маснуоти фарфор нишон дода шудааст. Бо роҳи бо омехтаи кислотаҳо кор карда баромадани маъданҳои дорои алюминий коагулянти самарабахш омода карда шудааст.

Дар боби якуми рисола дар бораи коркарди маъданҳои гилҳоқдор маълумот дода мешавад. Моҳияти усули Байер барои ба даст овардани гилҳоқ мухтасар тавсиф карда шудааст. Исбот шудааст, ки ҳангоми коркарди нефелинҳо одатан се маҳсулот: гилҳоқ, потфи ва кремнезём гирифта мешавад. Усулҳои гидрохимиявӣ коркарди нефелинҳо пешниҳод карда шудаанд.

Дар баррасии адабиёт натиҷаҳои таҷзияи алунитҳо бо усулҳои гуногун оварда шудаанд. Истеҳсоли алюминати натрий ва сульфатҳои метал нишон дода

шудааст. Дар боби 1-и рисола ба кор карда баромадани усулҳои конҳои нефелинҳои сиенитӣ дар Тоҷикистон, ки дар шарҳи адабиёт ҷои миёнаро кори академики Академияи илмҳои Тоҷикистон Сафиев Ҳ. ишғол намудааст, диққати махсус дода шудааст.

Сафиев Ҳ. ва ҳамкоронаш [14-18] усулҳои хлоррониро барои коркарди нефелинҳои сиенитӣ истифода намуда ва ҳамчун барқароркунанда, ангишт, гази табиӣ, ҳамчун моддаи хлоркунӣ, хлори газшакл, хлориди ҳидроген, чорхлориди карбонро истифода бурдаанд. Нақшаи асосии технологияи коркарди комплекси нефелинҳои сиенитӣ бо усули хлоркуни тартиб дода шудааст.

Чи тавре ки дар асари Сафиев Ҳ. оварда шудааст, дар шароити мамлакати мо истифода бурдани технологияи коркарди нефелинҳои сиенитӣ самарани калон дода метавонад. Лой (шлам) аз коркарди кислота ҳамчун ашёи хоми маснуоти фарфорӣ озмӯда шудааст.

Як қатор асарҳо ба усули дузинагии коркарди кислотагии нефелинҳои сиенитӣ бахшида шудаанд. Як мисоли коркарди комплекси нефелинҳои сиенитӣ, ки барои истеҳсоли чузӯҳои онҳо бо истифода аз фаълосозии термохимиявӣ сурат мегирад, мавҷуд аст [17]. Таҳқиқотҳо барои таҷзияи нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи нитрат ва оксидҳои нитроген таваҷҷӯҳ ҷалб мекунад [89, 90, 113].

Сулфатизатсияи маъданҳои гилхокдор бо сулфатҳо ва бисулфатҳои аммоний гузаронида мешавад.

Дар азназаргузаронӣ ба масъалаҳои бо роҳи гудохтакунӣ кор карда баромадани маъданҳои гилхокдор диққати махсус дода мешавад. Нақшаи технологияи пешниҳод карда мешавад, ки усули Байерро бо камбудихои усули гудохтакунӣ муттаҳид мекунад.

#### **4.2. Коркарди маъданҳои алюминийдор бо усулҳои кислотагӣ ва гудозиш барои бадаст овардани маҳсулотҳои гуногун**

Дар диссертатсия усулҳои таҷрибавии таҳлили химиявӣ, таркиби физикавӣю химиявӣ маъданҳои гилхокдор дар Тоҷикистон оварда шудааст. Бахши муҳими кор таҳлили химиявӣ мебошад, ки дар он усулҳои навтарини таҳлил: фотометрияи шӯъла, таҳлили абсорбсионии атомӣ истифода мешаванд.

Таҳлилҳои дифференциалии термикӣ ва рентгенофазавии маъданҳои аслии минералӣ низ бо ёрии асбобҳои ҳозиразамон иҷро карда шуданд.

Баҳодиҳии термодинамикии раванди бо кислотаҳои минералӣ вайрон шудани маъданҳои гилхокдори Тоҷикистон гузаронда шуд. Натиҷаҳои ҳисоб кардани ҳосиятҳои термодинамикии минералҳое, ки бо реаксияҳои таҷзия ба назар гирифта шудаанд, эҳтимолияти анҷом ёфтани равандҳоро дар шароити стандартӣ нишон медиҳанд. Натиҷаҳои таъсири ҳарорат бар арзиши энергетикӣ Гиббс дар равандҳои мавриди баррасӣ пешниҳод шудаанд. Балансавии ҳарорат дар аксари ҳолатҳо ба раванди таҷзия мусоидат мекунад.

Таҳлили термодинамикии равандҳое, ки ҳангоми гудохтакунии нефелинҳои сиенитии Турпӣ бо истифода аз хлоридҳои натрий ва калий фаъол мешаванд, имконияти ба амал омадани равандро нишон медиҳад [8-М].

Дар қор натиҷаҳои ҳисоби стехиометрии қорқарди маъданҳои гилхокдор бо кислотаҳо оварда шудаанд.

Дар боби 3-юми қор натиҷаҳои таҷзияи маъданҳои гилхокдори Тоҷикистон бо кислотаҳои минералӣ ва гудохтакунӣ оварда шудааст.

Таҷзияи кислотаи нитратӣ аҳамияти калон дорад, зеро дар ин сураат нуриҳои мураккаб ба даст овардан мумкин аст.

Дар асар бо истифода аз натиҷаҳои асарҳои нашршуда таҳлили муқоисавии таҷзияи нефелинҳои калсинашудаи нефелинӣ, аргиллитҳо ва гилҳои каолинии қонҳои Турпӣ, Чашма Санг ва Зиддӣ бо кислотаи нитрат оварда шудааст.

Дар қор таҷзияи кислотаи фосфатии нефелинҳои сиенитӣ мавқеи махсусро ишғол мекунад ва шартҳои зерини таҷзияи нефелинҳои сиенитии қони Турпӣ тавсия карда мешавад: пӯхтани маъдан дар ҳарорати 500-600°C, давомнокӣ 1 соат, консентратсияи кислота  $H_3PO_4$  - 30%, андозаи зарраҳо 0,1 мм. Дар ин шароит истеҳсоли  $Al_2O_3$  - 43%,  $Fe_2O_3$  - 55% -ро ташкил медиҳад.

Нақшаи технологияи қорқарди нефелинҳои сиенитӣ бо кислотаи фосфат тартиб дода шудааст.

Гистограммаи истеҳсоли чузъҳои фоиданок аз маъданҳои гилхоқдор нишон дода шудааст. Барои аргиллитҳои Чашма-Санг ҳосилшавии оксиди оҳану алюминий зиёдтар аст.

Кор ҷанбаи кинетикии таҷзияи нефелинҳои сиенитро бо кислотаи фосфат арзёбӣ мекунад. Таҳлили ҷанбаи кинетикии таҷзияи нефелинҳои сиенит бо кислотаи фосфат нишон медиҳад, ки дар асоси маълумоти кинетикӣ, таҷзияи нефелинҳо дар минтақаи омехта барои оксиди оҳан ва дар минтақаи диффузионӣ барои алюминий ба амал меояд [21-М].

Дар кор усули гудохтакнӣ роли калон мебозад. Оксидҳои алюминий ва оҳанро бо  $\text{CaCl}_2$  аз маъданҳои дорои алюминий ба даст меоранд.

Дар ин таҳқиқот, истеҳсоли коагулянтҳо барои тоза кардани об бо истифода аз омехтаи кислотаи хлорид ва сулфат барои ҷудо кардани нефелинҳои сиенитӣ таҳқиқ карда шуд. Ҳангоми коркард кардани нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳо, коагулянт, ки анионҳои хлор ва сулфатро бо ионҳои алюминий (Al) ва оҳан (Fe) дар таркибаш дорои мебошад, ҳосил мегардад [113].

Коагулянт барои тоза кардани об тавассути коркарди нефелинҳои сиенитӣ бо омехтаи кислотаҳои  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ , ки анионҳо ва катионҳои гуногун доранд, ба даст оварда шуд. Параметрҳои оптималии таҷзияи маъдан ва тартиб додани нақшаи асосии технологияи истеҳсоли коагулянтҳои омехтаи алюминию оҳан пайдо шуданд.

Қобилияти коагулянтҳои омехтаи хлор-сулфати дар асоси алюминий ва оҳан асосёфта нисбат ба коагулянтҳои стандартӣ баландтар аст.

Дар диссертатсия фасл оид ба гирифтани ашёи хом барои истеҳсоли фарфор аз маъданҳои гилхоқадор дохил карда шудааст. Истифодаи ашёи хоми маҳаллӣ усули камхарҷи истеҳсол намудани фарфор мебошад. Бо кислота кор карда баромадани ашёи хоми дорои гилхоқ имкон медиҳад, ки бо роҳи тоза кардани ионҳои оҳан массаи фарфорӣ тайёр карда шавад. Ашёи хоми боқимонда пас аз коркарди кислота - шпати даштӣ яке аз чузъҳои асосии фарфор мебошад.

Массаи фарфори аз масолеҳи маҳаллӣ тайёр кардашуда санчида шуд.

Ашёи хом бо миқдори муқарраршуда ба осеб бор карда шуда, пас аз коркард лой (шлам) бо хусусиятҳои муайян гирифта шуд. Аз шликер (суспензия)-и ҳосилшуда, партияҳои таҷрибавии маснуоти фарфорӣ истеҳсол гардиданд.

Аз қонҳои гуногуни Тоҷикистон якҷанд ҷузъҳои гуногуни шликер тайёр карда шудаанд.

Натиҷаҳои санҷиши массаҳои фарфорӣ, ки аз маъданҳои гуногуни гилҳокадори ашёи хоми Тоҷикистон тайёр кардашуда аст, ашёи хоми хушсифат истеҳсол карда мешавад.

Дар ин қор аз маъданҳои алюмосиликатӣ бо роҳи бо кислотаҳои минералӣ ҷудо кардан ҳосил намудани шишаи моеъ омӯхта шудааст [18-М].

Барои истеҳсоли шишаи моеъ, маъданҳои алюмосиликатӣ дар ҳароратҳои 700-900°C гарм карда мешаванд. Пас аз ғудохтан, онҳо дар кислотаҳои минералӣ (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ҳал мешаванд, ки дар натиҷа пайвастагиҳои алюминий ва оҳан, ки барои тоза кардани об ҳамчун коагулянтҳо истифода мешаванд, ба даст меоянд. Баъд, таҳшин бо карбонати натрий (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) дар ҳароратҳои 1000-1300°C коркард карда мешавад.

Ҳисоби гирифтани шишаи моеъ:

Na<sub>2</sub>O ва SiO<sub>2</sub> = 1: 3-3.5,

Дар ин ҳолат, ба истилоҳ "блоки шиша" бо таносуби:

Na<sub>2</sub>O – 20-23% ва SiO<sub>2</sub> – 73-76%,

бо назардошти Na<sub>2</sub>O дар таркиби маъдан мавҷуд будан.

Мавҷудият ва миқдори оксидҳои калсий ва калий дар маъдан сифати шишаи моеъи ҳосилшударо беҳтар мекунанд [18-М].

Дар ҳолати истифодаи маъданҳо бо гилҳоқдор, ба монанди аргиллитҳо ва каолин, ки бо илова кардани сеолитҳо (ҳамчун сорбент) коркард мешаванд, якҷо бо ашёи хоми маҳаллии Тоҷикистон, ки дар таркибаш калий, нитроген ва фосфор мавҷуд аст, нуриҳои мураккаб истеҳсол мешаванд.

Барои истеҳсоли нуриҳои мураккаб аз маъданҳои алюмосиликатӣ, таносуби махсуси ҷузъҳои интихоб карда мешавад: алюмосиликатҳо (каолинҳо,

аргиллитҳо) – 40%, алунитҳо – 30%, сеолитҳо – 30%, кислотаи нитрат ва фосфат – бо концентратсияи кислотаи 40% дар таносуби 1:1.

Маъданро пас аз майда кардан то андозаи заррачаи 0,1 мм, дар ҳарорати 400-800°C гарм мекунад, баъд кислота илова шуда, онро муддати 30—60 дақиқа омехта мекунад, ки дар натиҷа нуриҳои комплексӣ ба даст меоянд [17-М].

Таркиби химиявии ашёи хом дар ҷадвали 4.1 оварда шудааст.

**Ҷадвали 4.1.** - Таркиби химиявии маъданҳои алюмосиликатӣ, мас. бо %

Маъданҳои сеолитӣ											
Намуд	№ нам уна хо	Моддаҳои таркибёфта									
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.
Туфҳои андезитӣ	1	58,3	0,75	17,93	4,70	1,62	3,6	1,07	4,66	0,11	3,52
	2	58,42	0,72	18,17	4,71	1,65	9,59	1,08	4,65	0,10	3,49
	3	58,78	0,69	17,89	4,69	1,59	3,65	1,09	4,64	0,12	3,56
Аргиллитҳои кони Зиддӣ											
		60,0	0,6	19,75	4,99	-	1,0	1,2	0,1	-	10,0
Аргиллитҳои кони Чашма-Санг											
		42,86	0,6	31,6	8,74	-	1,0	2,95	0,1	-	10,5
Гилҳои каолинӣ кони Чашма-Санг											
		49,9	1,8	24,8	10,98	-	1,0	2,65	0,3	-	6,3
Алунитҳои кони Токмак											
		63,09	0,86	19,3	3,53	-	-	3,2	1,14	-	0,2

Бартариҳои усули пешниҳодшуда дар он аст, ки дар ҳамкорӣ бо ашёи хоми маҳаллии Тоҷикистон, маъданҳои алюмосиликатӣ истифода мешавад ва раванди технологӣ сода буда, аз марҳилаҳо иборат аст (расми 4.2).

Бо ин усул ба даст овардани нуриҳои комплексӣ раванди бисёрсоҳаро аз истеҳсолот барҳам медиҳад. Ғайр аз ин, дар як вақт нуриҳои дорои якчанд чузъҳо истеҳсол карда мешаванд. Истифодаи алунитҳо имкони мавҷудияти калийро дар

таркиби нуриҳо ба вуҷуд меорад. Сеолитҳо сохтори хокро беҳтар мекунад ва металлҳои вазнинро сорбсия мекунад [17-А].



**Расми 4.2.** - Нақшаи технологии истеҳсоли нуриҳои мураккаби дорои калий, нитроген ва фосфор

## ХУЛОСАҲО

### Натиҷаҳои асосии илмии рисола:

1. Таҳқиқоти физикавию 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 физикавию 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 зарраҳо то «0,1мм» ва консентратсияи кислотаи нитрат 45% [5-М].

5. Таҷзияи кислотаи фосфатӣ дар маъданҳои гилҳоқдор дар Тоҷикистон таҳқиқ шуда, нишон дода шудааст, ки барои ба даст овардани гилҳоқ 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,821-М].

7. Параметрҳои оптималии раванд пайдо карда шуданд. Гудохтакунии маъданҳои гилҳоқдор омӯхта шудааст: коркарди обӣ ва кислотагӣ пас аз гудохтакунии гудохта бо  $\text{CaCl}_2$  [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 пайвастагиҳои 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 қишлоқ ҳамчун нуриҳои комплексӣ тавсия карда мешавад.

## РҰЙХАТИ АДАБИЁТҲО

1. Беляев, А. И. Труды Института истории, естествоведения и техники. - М.: Изд-во АН СССР, 1956. – Т. 20. – С. 106-108.
2. Кузнецов, С. И. Физическая химия производства глинозёма по способу Байера / С. И. Кузнецов, В. А. Деревянкин. – М.: Metallurgizdat, 1964. – С. 320.
3. Химия и технология глинозёма: Труды Всесоюзного совещания. – Ереван, СНХ АрмССР, 1964. – С. 250.
4. Смирнов, М. Н. Исследование свойств алюминиевых сплавов / М. Н. Смирнов, Ф. И. Цымбал // Цветные металлы. - 1962. - № 1. – С. 59-65.
5. А.с. № 196751 (СССР). Способ получения глинозёма из бокситов / М. Ф. Малышев [и др.]. - Оpubл. 1967. – № 12. – С. 19-20.
6. Новые методы переработки бокситов / Н. Н. Тихонова [и др.] // Цветные металлы. - 1968. - № 4. – С. 58-60.
7. Мазель, В. А. Производство глинозёма / В. А. Мазель. – М.: Metallurgizdat, 1955. – 400 с.
8. Патент № 2852343 (США). - 1958.
9. Патент № 1248529 (Франция). - 1960.
10. Лайнер, А. И. Производство глинозёма / А. И. Лайнер. – М.: Metallurgizdat, 1961. – 350 с.
11. 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.
12. Вольпин, П. И. Материалы научно-технического совещания по совершенствованию технологии производства глинозёма / П. И. Вольпин. – М.: Цветметинформация, 1962. – С. 62-70.
13. А.с. № 194790. Способ получения алюминатных спёков из глинозёмсодержащих шихт / Ю. Г. Хавкин [и др.]. - Изобр., пром. обр. тов. знаки, 1967. - № 9. – С. 38.

14. Мирсаидов, У. М. Комплексная переработка низкокачественного алюмосодержащего сырья / У. М. Мирсаидов, Х. С. Сафиев. - Душанбе: Дониш, 1998. – 238 с.
15. Мирсаидов, У. М. Коагулянты для очистки воды из сырьевых материалов Таджикистана / У. М. Мирсаидов, Х. С. Сафиев. - Душанбе: Дониш, 2003. - 40 с.
16. Мирсаидов, У. М. Проблемы и комплексная переработка минерального сырья и отходов производства / У. М. Мирсаидов, М. Э. Исмайтинов, Х. С. Сафиев. - Душанбе: Дониш, 1999. – 52 с.
17. 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.
18. 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.
19. А.с. № 1161467 (СССР) / Л. Г. Романов, Г. О. Малыбаева, С. С. Нуркеев, Б. И. Опумов. – 1985. - № 22.
20. Сажин, В. С. Новые гидрохимические способы комплексной переработки алюмосиликатов и высококремнистых бокситов / В. С. Сажин. - М.: Металлургия, 1988. - 213 с.
21. Комплексное использование сырья и отходов / Б. М. Равич, В. П. Окладников, В. Н. Лыгач [и др.]. – М.: Химия, 1988. - 288 с.
22. Китлер, И. Н. Нефелины - комплексное сырье алюминиевой промышленности / И. Н. Китлер, Ю. А. Лайнер. – М., 1962. - 237 с.
23. Ни, Л. П. Комбинированные способы переработки низкокачественного алюминиевого сырья / Л. П. Ни, В. Л. Райзман. - Алма-Ата: Наука, 1988. - 256 с.
24. Запольский, А. К. Сернокислотная переработка высококремнистого алюминиевого сырья / А. К. Запольский. - Киев: Наукова думка, 1981. - 208 с.

25. Сажин, В. С. Разложение альбита и микроклина в растворах едкого калия / В. С. Сажин, В. Е. Денисович, А. И. Волковская // Украинский химический журнал. - 1965. - № 6. - С. 564-567.
26. Исследование минералогического состава бокситов высокопольского месторождения и их шламов после сернокислотного выщелачивания / А. С. Плыгунов, А. К. Запольский, Х. Сафиев, А. И. Волковская // Украинский химический журнал. – 1976. - Т. 42. - Вып. 5. - С. 485-493.
27. Коннов, Л. П. Нефелиновое сырье Средней Азии: Нефелиновое сырье / Л. П. Коннов. - М.: Наука, 1978. - С. 110-115.
28. Комплексное использование минерального сырья / Под ред. И. М. Богданова [и др.]. – М.: Изд-во МИСиС, 2019. - № 12. - 210 с.
29. Мирсаидов, У. М. Комплексная переработка аргиллитов и каолиновых глин / У. М. Мирсаидов, Д. Х. Мирзоев, Х. Э. Бобоев. – Душанбе: Дониш, 2016. – 92 с.
30. Мирсаидов, У. М. Комплексная переработка бор- и алюмосиликатных руд Таджикистана / У. М. Мирсаидов, Э. Д. Маматов. – Душанбе: Дониш, 2013. – 116 с.
31. 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.
32. Ни, Л. П. Переработка высокожелезистых бокситов: Физико - химия и технология / Л. П. Ни, М. М. Гольдман, Т. В. Соленко. - М.: Metallurgia, 1979. - 248 с.
33. Комплексное использование низкокачественных бокситов / В. А. Деревянкин, С. И. Кузнецов, В. Я. Чупраков [и др.]. - М.: Metallurgia, 1972. - 240 с.
34. Производство глинозёма / А. И. Лайнер, Н. И. Еремин, Ю. А. Лайнер, И. З. Певзнер. - М.: Metallurgia, 1978. - 344 с.

35. Шварцман, Б. Х. Кислотные методы переработки глинозёмсодержащего сырья / Б. Х. Шварцман. - М.: Цветметинформация, 1964. - 89 с.
36. Актационное выщелачивание каолиновой глины азотной кислотой / *Металлургия цветных и редких металлов* / И. Н. Китлер, Ю. А. Лайнер, Х. Р. Исмаев [и др.]. - М.: Наука, 1967. - С. 234-237.
37. Макарова, В. С. К вопросу азотнокислотной переработки алюмосиликатов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. С. Макарова. - М., 1969. - 26 с.
38. Чижиков, Д. М. Выщелачивание обожжённой каолиновой глины азотной кислотой / *Исследование процессов в металлургии цветных и редких металлов* / Д. М. Чижиков, И. Н. Китлер, Х. Р. Исмаев. - М.: Наука, 1969. - С. 221-225.
39. 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.
40. Назаров, Ш. Б. Исследование двухстадийного разложения нефелиновых сиенитов серной и соляной кислотами: дис. ... канд. хим. наук / Ш. Б. Назаров. - Душанбе, 1993. - 112 с.
41. Хазанов, Е. И. Очистка солянокислых растворов хлористого алюминия от железа ионообменными смолами / Е. И. Хазанов, И. В. Егорова, С. П. Макаренко // *Труды IV Всесоюзного совещания по химии и технологии глинозёма*. - Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1971. - С. 424-429.
42. Сандлер, Е. М. Некоторые вопросы разработки и укрупнённой проверки технологии сернокислотного способа комплексной переработки кольских нефелиновых концентратов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. М. Сандлер. - М., 1969. - 17 с.
43. 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.

44. Запольский, А. К. Исследование и разработка сернокислотного метода переработки высококремнистого алюминиевого сырья: дис. ... д-ра техн. наук / А. К. Запольский. – Киев, 1974. - 287 с.

45. Пустильник, Г. Л. Кислотные способы переработки низкокачественного алюминийсодержащего сырья / Г. Л. Пустильник, И. З. Певзнер. - М.: Цветметинформация, 1978. - 53 с.

46. Комплексный азотнокислотный способ переработки каолиновых глин / Металлургия цветных и редких металлов / И. Н. Китлер, Х. Р. Исмаев, Ю. А. Лайнер [и др.]. - М.: Наука, 1967. - С. 181-187.

47. Запольский, А. К. Опыт освоения в опытно-заводских условиях некоторых технологических процессов сернокислотного метода переработки каолинов и глин / А. К. Запольский // Бюллетень научно-технического совета по производству глинозёма и алюминия. – Будапешт. – 1976. - № 3. - С. 153-156.

48. Гладушко, Л. В. Разложение каолинов Владимирского месторождения серной кислотой / Л. В. Гладушко, В. С. Сажин, А. К. Запольский // Химическая промышленность Украины. - 1967. - № 6. - С. 9-12.

49. Гладушко, Л. В., Непрерывный способ получения сульфата алюминия из каолинов / Л. В. Гладушко, А. К. Запольский, Б. Я. Бобошко: В кн.: Технология коагулянтов. - Л.: Химия, 1974. - С. 79-82.

50. Исследование процессов в гидрометаллургии цветных и редких металлов / Гидрометаллургия: Автоклавное выщелачивание, сорбция, экстракция / Д. М. Чижиков, Л. В. Плигинская, Ю. А. Лайнер, Е. А. Субботина. - М.: Наука, 1976. - С. 251-256.

51. Запольский, А. К. Разработка и исследование сернокислотного способа комплексной переработки алунитовых руд: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. К. Запольский. - Киев, 1966. - 24 с.

52. Запольский, А. К. Получение коагулянта из алунитов / Сернокислотная переработка высококремнистого алюминиевого сырья / А. К. Запольский, Ф. Я. Рыбачук, И. А. Гелета. - Сумы, 1972. - С. 167-169.
53. Сажин, В. С. Кислотный способ переработки алунитовых руд / В. С. Сажин, А. К. Запольский // Цветные металлы. - 1968. - № 3. - С. 46-49.
54. Техничко-экономический доклад о целесообразности химической переработки алунитового концентрата на сернокислый алюминий и алюмокалиевые квасцы. – Ленинград: ЛЕННИИГИПРОХИМ, 1970. - 153 с.
55. Сажин, В. С. Спекание алунитового концентрата серной кислотой / В. С. Сажин, А. К. Запольский, В. А. Олейник // Химическая промышленность Украины. - 1966. - № 2. - С. 7-10.
56. Мирзоев, Б. Химико-технологические процессы комплексной переработки глинозёмсодержащего сырья Таджикистана: дис. ... д-ра техн. наук / Б. Мирзоев. – Душанбе, 2021. - С. 238.
57. Тагиев, Э. И. Пути усовершенствования комплексной переработки заглигских алунитов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Э. И. Тагиев. - М., 1970. - 19 с.
58. Шахтактинский, Г. Б. Получение алюминиевых солей из бедноалунитизированных пород Заглигского месторождения / Г. Б. Шахтактинский, А. Н. Халилов, Г. А. Асланов. - Баку: Элм, 1972. - 126 с.
59. Бобоев, Х. Э. Кислотное разложение каолиновых глин и сиаллитов: автореф. дис. ... канд. хим. наук / Х. Э. Бобоев. - Душанбе, 1996. - 23 с.
60. Пустильник, Г. Л. Комплексная переработка бокситов и другого алюминийсодержащего сырья за рубежом / Г. Л. Пустильник, Т. Е. Нестерова. - М.: Цветметинформация, 1972. - 79 с.
61. А. с. 532571 (СССР). Способ обезжелезивания растворов азотнокислого алюминия / Ю. Е. Сутырин. - Оpubл. в Б.И., 1975, № 40.
62. Позин, М. Е. Исследования в области технологии минеральных удобрений / М. Е. Позин, Э. Сабо // Труды ЛТИ. - 1956. - Вып. 36. - С. 93-120.

63. Захаров, В. И. Азотнокислотный способ производства глинозёма из нефелинов Кольска / В. И. Захаров // II Всесоюзная конференция по комплексному использованию руд и концентратов: Тезисы докладов. - М.: АН СССР. Цветметэкономика и информация, 1983. - С. 13-16.
64. Пат. 3240561 (США. С. С07 Д, А 01). Способ получения сульфата алюминия / Н. Белл, Н. Андерсон (США); Алюминиум Компани оф Америка. - Оpubл. 05.12.78, Бюл. № 30.
65. Исматов, Х. Р. Гидрометаллургия полиметаллического и алюминийсодержащего сырья / Х. Р. Исматов, Л. М. Богачева, В. Б. Абдуллаева. - Ташкент: ФАН, 1978. - 110 с.
66. Саракуз, Н. К. Получение коагулянта сульфата алюминия из алюминиевого сырья / Н. К. Саракуз // Химическая промышленность. - 1955. - № 1. - С. 361-363.
67. Савчук, С. И. Непрерывный метод получения каолин-нефелинового коагулянта: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. И. Савчук. - М., НИУИФ, 1953. - 12 с.
68. 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.
69. Бернштейн, А. А. Проблемы получения глинозёма из небокситового сырья в зарубежной алюминиевой промышленности / А. А. Бернштейн, Н. С. Шморгуненко // Труды ВАМИ. - 1972. - № 18. - С. 148-170.
70. Флейшер, А. Получение глинозёма из сульфата алюминия / А. Флейшер // Транс. АИМБ. - 1969. - Т. 159. - С. 267-269.
71. Запольский, А. К. Исследование кислотных способов переработки высококремнистого алюминиевого сырья / А. К. Запольский // Цветные металлы. - 1980. - № 5. – С. 50-53.
72. А. с. 209428 (СССР). Способ переработки глинозёмсодержащего сырья / А. К. Запольский, В. С. Сажин, Л. В. Марьянчик. - Оpubл. в Б.И., 1974, № 27.

73. А. с. 223804 (СССР). Способ получения сульфата алюминия / В. С. Сажин, А. К. Запольский, М. Е. Гиллен, М. С. Гольдербитер. - Оpubл. в Б.И., 1974, № 27.
74. А. с. 228011 (СССР). Способ переработки глинозёмсодержащего сырья / А. К. Запольский, В. С. Сажин, Л. В. Гладушко [и др.]. - Оpubл. в Б.И., 1974, № 27.
75. А. с. 235746 (СССР). Способ разделения сульфатов калия и натрия / В. С. Сажин, А. К. Запольский, Н. Н. Захарова. - Оpubл. в Б.И., 1974, № 27.
76. А. с. 244316 (СССР). Способ восстановления алунита / А. К. Запольский, В. С. Сажин, А. Т. Тищенко [и др.]. - Оpubл. в Б.И., 1974, № 27.
77. А. с. 284776 (СССР). Способ получения сульфата алюминия / В. С. Сажин, А. К. Запольский, М. Е. Гиллер, М. С. Гольдербитер. - Оpubл. в Б.И., 1974, № 31.
78. А. с. 316653 (СССР). Способ получения алюмокалиевых квасцов и сульфата алюминия из алунитовых руд / А. К. Запольский, Ф. Я. Рыбачук, Г. С. Шамако [и др.]. - Оpubл. в Б.И., 1971, № 30.
79. А. с. 10006377 (СССР). Способ получения коагулянта / А. К. Запольский, И. И. Дешко, Л. А. Бондарь [и др.]. - Оpubл. в Б.И., 1983, № 11.
80. А. с. 1260334 (СССР). Способ получения коагулянта основного сульфата алюминия / А. К. Запольский, Л. А., Бондарь, И. И. Дешко, В. П. Прихнич. - Оpubл. в Б.И., 1986, № 36.
81. Запольский, А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства, получение, применение / А. К. Запольский, А. А. Баран. - Л.: Химия, 1987. - 208 с.
82. Ткачев, К. В. Технология коагулянтов / К. В. Ткачев, А. К. Запольский, Ю. К. Кисиль. - Л.: Химия, 1978. - 184 с.
83. А. с. 1258815 (СССР). Способ получения глинозёма / Т. О. Малыбаева, Л. Г. Романов, С. С. Нуркеев. - Оpubл. в Б.И., 1986, № 35.

84. Исматов, Х. Р. Комплексный азотнокислотный метод переработки ангренических глин с получением глинозёма и аммиачной селитры / Х. Р. Исматов, Д. М. Чижиков // Узбекский химический журнал. - 1960. - № 4. - С. 9-15.
85. Авдеева, Т. И. Сырьевые ресурсы лёгких металлов Восточной Сибири / Т. И. Авдеева // Труды Восточно - Сибирского филиала АН СССР. - 1953. - Т. 2. - Вып. 13. - С. 178-184.
86. Исматов, Х. Р. Разработка и исследование азотнокислотного способа получения глинозёма из высококремнистого алюмосодержащего сырья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Х. Р. Исматов. - Алма-Ата, 1973. - 44 с.
87. Гидрометаллургия полиметаллического и алюминийсодержащего сырья / Х. Р. Исматов, Л. К. Богачева, А. Б. Абдуллаев [и др.]. - Ташкент: ФАН, 1978. - С. 5-29.
88. Басов, В. П. Химизм и основные параметры процесса разложения нефелина соляной кислотой / В. П. Басов, А. П. Шутько // Украинской химический журнал. - 1976. - Т. 42. - № 10. - С. 1104-1106.
89. Нуркеев, С. С. О кинетике растворения различных форм и соединений оксида алюминия в соляной кислоте / С. С. Нуркеев, Г. О. Малыбаева, Л. Г. Романов // Комплексное использование минерального сырья. - 1981. - № 10. - С. 84-86.
90. Малыбаева, Г. О. О взаимодействии ряда форм и соединений оксида алюминия, а также золы экибастузских углей с соляной кислотой / Г. О. Малыбаева, Л. Г. Романов, С. С. Нуркеев // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. - 1987. - № 1. - С. 50-53.
91. Лайнер, Ю. А. Комплексная переработка некоторых видов алюминийсодержащего сырья кислотными способами / Цветная металлургия. Научные поиски, перспективы / Ю. А. Лайнер. - М.: Наука, 1976. - С. 259-277.
92. Лайнер, А. И. Выбор оптимальной концентрации кислоты при разложении нефелинового концентрата серной кислотой / А. И. Лайнер, Г. Л. Пустильник // Цветная металлургия. - 1967. - № 14. - С. 37-39.

93. Лабораторное исследование оптимальных условий получения очищенного нефелинового коагулянта из камерного продукта. / Технология коагулянтов / Н. В. Гаркунова, Ю. С. Плышевский, К. В. Ткачев, Н. П. Куракова. - Л.: Химия, 1974. - С. 25-31.
94. А. с. 372175 (СССР). Способ переработки нефелина / Ю. А. Лайнер, Д. М. Чижиков, Н. Ш. Сафиуллин [и др.]. - Оpubл. в Б.И., 1972, № 13.
95. Окисление и восстановление в металлургических процессах / А. И. Лайнер, Д. М. Чижиков, Ю. А. Лайнер [и др.] // Цветная металлургия. Бюл. Ин-та Цветметинформации. - 1972. - № 19. - С. 21-25.
96. А. с. 476228 (СССР). Способ сушки и грануляции сернокислых солей алюминия и квасцов / Ю. А. Лайнер, Д. М. Чижиков. - Оpubл. в Б.И., 1975, № 25.
97. Макарова, В. С. О вскрываемости высококремнезёмистого глинозёмного сырья азотной кислотой / Металлургия цветных и редких металлов / В. С. Макарова, И. Н. Китлер, И. Н. Карязина. - М.: Наука, 1967. - С. 231-234.
98. Punaki, K. Studies of the sulphuric acid process for obtaining pure alumina from its ores / K. Punaki. - Tokyo, 1950. - 165 p. (Bull. Tokyo Inst. Technol. B; № 1).
99. Овчаренко, Ф. Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов / Ф. Д. Овчаренко. - Киев: Изд-во АН УССР, 1961. - 291 с.
100. Галабутская, Е. А. Система глина-вода / Е. А. Галабутская. - Львов: Политехнический институт, 1962. - 212 с.
101. de Gennes, P.-G. Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves / P.-G. de Gennes, F. Brochard-Wyart, D. Quéré. - New York : Springer, 2004. - 292 p. - ISBN 0-387-00592-7.
102. Israelachvili, J. N. Intermolecular and Surface Forces / J. N. Israelachvili. - 3rd ed. - Amsterdam: Academic Press, 2011. - 674 p. - ISBN 978-0-12-375182-9.
103. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник для вузов / Ю. Г. Фролов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Альянс, 2019. - 446 с. - ISBN 978-5-4389-0245-9.

104. Лесовик, В. С. Влияние тонкодисперсных минеральных добавок на структурообразование и свойства дисперсных систем / В. С. Лесовик, М. М. Филоненко // Коллоидный журнал. - 2020. - Т. 82. - № 4. - С. 456-468.
105. Tan, K. Application of Thermal Analysis in Clay Related Materials / K. Tan, K. M. A. Uddin // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. - 2021. - Vol. 145. - P. 1221-1233.
106. Льюис, Д. А. Влияние гранулометрического состава на кинетику спекания и микроструктуру оксида алюминия / Д. А. Льюис, К. А. Трейл // Журнал Европейского керамического общества. - 2018. - Т. 25. - № 12. - С. 2561-2568. - DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2018.03.045.
107. Пат. 69357 (ГДР). Verfahren zur Gewinnung von eisenarmen Aluminiumsulfat / S. Ziegenbald, R. Siebert. - Опубл. 20.04.69.
108. Skott, T.R. The recovery of alumina from its ores by a sulfuric acid process / Extract. Metallurgy aluminium / T.R. Skott. - New York, etc.: Intersci., 1963. - V. 1. - P. 305-332.
109. Архипов, В. А. Комплексная переработка низкокачественного алюминийсодержащего сырья: Монография / В. А. Архипов, А. В. Алексеев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. - 192 с. - ISBN 978-5-7638-3489-5.
110. Li, B. Acid leaching of coal fly ash for alumina extraction from non-bauxite resources: A comprehensive review / B. Li, Y. Wang, Y. Li // Hydrometallurgy. - 2022. - Vol. 213. — P. 105943. - DOI: 10.1016/j.hydromet.2022.105943.
111. Wang, Y. Extraction of alumina from coal fly ash using HCl acid leaching with a novel two-stage process / Y. Wang, X. Zhang, F. Liu // Journal of Cleaner Production. - 2022. - Vol. 379, Part 2. - P. 134789.
112. Олейник, О. В. Перспективы переработки глинистых пород на глинозём / О. В. Олейник, С. П. Горячев // Цветные металлы. - 2020. - № 7. - С. 41-47. - DOI: 10.17580/tsm.2020.07.06.
113. Тураев, С. С. Физико-химические и технологические основы комплексной переработки алюмокальцийфторсодержащего сырья Таджикистана: дис. ... канд. техн. наук / С. С. Тураев. – Душанбе, 2010.

114. Gajam, S. V. Kinetic model for hydrochloric acid leaching of kaolinite / S. V. Gajam, S. Raghavan // Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. - 1985. - V. 94. - P. 115-120.
115. Состав, строение и способы переработки каолинов ангренского месторождения / А. А. Исмаатов, У. Д. Туляганов, Д. С. Часыров, М. Х. Арипова // Комплексное использование минерального сырья. - 1990. - № 1. - С. 36-39.
116. Напрасников, А. Н. Современные тенденции в технологии обогащения полезных ископаемых / А. Н. Напрасников // Обогащение руд. - 2020. - № 5. - С. 3-9. - DOI: 10.17580/or.2020.05.01.
117. Козырев, Ю. П. Сырьё для производства фарфоровых и фаянсовых изделий / Ю. П. Козырев, В. Л. Балгиних // Стекло и керамика. - 2019. - № 9. - С. 35-41. - DOI: 10.14476/locti.2019.9.35.
118. ГОСТ 9169-2022. Сырьё глинистое для керамической промышленности. Классификация. - Введ. 2023-07-01. – М.: Стандартинформ, 2022. - 12 с.
119. Vaculíková, L. Identification of clay minerals by infrared spectroscopy and discriminant analysis / L. Vaculíková, M. Plevová // Applied Clay Science. - 2011. - Vol. 54. - Iss. 1. - P. 769-778. - DOI: 10.1016/j.clay.2011.06.006.
120. Xu, W. Vibrational spectroscopy of silicates / W. Xu, D. M. Sherman // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. - 2021. - Vol. 87. - Iss. 1. - P. 301-334. - DOI: 10.2138/rmg.2021.87.08.
121. Гладушко, Л. В. Исследование и разработка процесса сульфатизации каолинов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л. В. Гладушко. - Днепропетровск, 1969. - 18 с.
122. Хакимов, С. А. Исследование процессов совместной переработки алунитов и каолинов серноокислотным способом: автореф. дис. ... канд. хим. наук / С. А. Хакимов. - Ташкент, 1971.
123. Ford, K. J. R. Leaching of fine pelletised kaolin using sulphuric acid [Выщелачивание тонкого и гранулированного каолина месторождения Natal с

применением серной кислоты] / К. J. R. Ford // J. Hydrometallurgy. - 1992. - V. 29. - № 1-3. - P. 109-130.

124. Solano, E. Solubilizacion del aluminio de minerales arcillosos por ataque acide [Кислотное выщелачивание алюминия из глинистых минералов] / E. Solano, J. Galver, R. Arana // Rev.met. CENIM. - 1992. - V. 28. - № 2. - P. 119-121.

125. Светлов, С. А. Совершенствование солянокислотной технологии переработки каолиновых концентратов / С. А. Светлов, М. К. Орлова // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2019. - № 3. - С. 54-62. - DOI: 10.17073/0021-3438-2019-3-54-62.

126. Gerhared, H. Voraussetzungen Uiid Moglichkeiten zur Automatisierung aus Ton [Предпосылки и возможности автоматизации процесса получения глинозёма из глины] / H. Gerhared, Z. Siegfried // Neue Hute. - 1989. - V. 34. - № 9. - S. 351-354.

127. Rudolf, S. Verfahren zur Laugung grobkomiger schuttguter am Beispiel der Salzsauren Laugung von Ton [Способ выщелачивания крупнозернистых материалов на примере выщелачивания глины] / S. Rudolf, Z. Siegfried, M. Peter // Erzmetall. - 1989. - Bd. 42. - № 11. - S. 495-500.

128. Курбатов, С. В. Новые технологические решения в переработке низкокачественных бокситов / С. В. Курбатов, А. М. Калинин // Цветные металлы. - 2021. - № 5. - С. 32-38. - DOI: 10.17580/tsm.2021.05.05.

129. Кузнецов, В. М. Производство сернокислого глинозёма / Технология минеральных солей / В. М. Кузнецов, М. Е. Позин. – Л.: Химия, 1970. – Т. 1. – 659 с.

130. Сухарев, Ю. П. Новые электрохимические подходы к переработке алюмосиликатного сырья / Ю. П. Сухарев, М. А. Колесников // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2019. - № 6. - С. 33-41. - DOI: 10.17073/0021-3438-2019-6-33-41.

131. Курбатов, С. В. Исследование процесса сернокислотного вскрытия низкокачественных алюминийсодержащих руд / С. В. Курбатов, А. М. Калинин // Цветные металлы. – 2022. – № 6. – С. 28-34. – DOI: 10.17580/tsm.2022.06.04.

132. Пат. № 1995052 (Великобритания). Improvements in relating to the production of aluminium sulphate / R. L. Savage. - 2009.
133. Пат. № 2896547 (Канада). Method for production of aluminum sulfate from industrial waste / K. Brown, M. Wilson. – Оpubл. 30.09.2022.
134. Пат. US № 11242345 (США). Hydrometallurgical process for aluminum sulfate production from coal fly ash / R. Thompson, M. Davis. – Оpubл. 08.02.2022.
135. Пат. US № 11421234 (США). Method for hydrometallurgical processing of low-grade aluminum ores / P. Thompson, R. W. Davis. - Оpubл. 23.08.2022.
136. Пат. WO № 2023156784 (РТС). Improved process for manufacturing aluminum salts from argillaceous materials / R. Taylor, M. Anderson. – Оpubл. 24.08.2023.
137. Górecki, P. Badania nad ciągłym procesem wytwarzania siarczanu glinu z surowców niekonwencjonalnych / P. Górecki, J. Zieliński // *Przemysł Chemiczny*. – 2018. – Vol. 97. - № 7. – P. 1152-1155. – DOI: 10.15199/62.2018.7.10.
138. Kumar, S. Environmentally friendly approaches for Nb-Ta separation using ionic liquids / S. Kumar, R. Patel // *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. – 2022. – Vol. 10. - № 15. – P. 4891-4901. – DOI: 10.1021/acssuschemeng.1c08345.
139. Sánchez-Muñoz, L. Directed crystallization of mullite and cristobalite from kaolinite by using mono- and divalent cation oxides and its relevance in structural ceramics / L. Sánchez-Muñoz, A. P. Smith, E. R. de la Torre // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2020. – Vol. 40. - № 4. – P. 1715-1728. – DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2019.11.073.
140. Dondi, M. Thermal behaviour of clays and clay minerals / M. Dondi, G. Guarini // *Applied Clay Science*. – 2021. – Vol. 213. – P. 106231. – DOI: 10.1016/j.clay.2021.106231.
141. McConville, C. J. Thermal analysis of kaolinite using simultaneous TG-DTA-MS / C. J. McConville, W. E. Lee // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. – 2006. – Vol. 84. - № 2. – P. 423-428. – DOI: 10.1007/s10973-005-7153-2.

142. Light Metals: proceedings of the technical sessions presented by the TMS Aluminum Committee at the TMS Annual Meeting / Ed. by S. Brock. - Cham: Springer, 2023. - 1200 p. - ISBN 978-3-031-22531-0.

143. Light Metals 2023 : proceedings of the symposia on aluminum and magnesium industry / ed. by S. Brock. - Cham: Springer, 2023. - 1450 p. - ISBN 978-3-031-22531-0.

144. Архипов, В. А. Интенсификация процессов спекания и выщелачивания в производстве глинозема / В. А. Архипов, А. В. Алексеев // Цветные металлы. - 2018. - № 12. - С. 45-52. - DOI: 10.17580/tsm.2018.12.07.

145. Архипов, В. А. Современные тенденции развития технологии производства глинозема / В. А. Архипов // Цветные металлы. - 2021. - № 5. - С. 32-40. - DOI: 10.17580/tsm.2021.05.04.

146. Пат. № 2758912 (РФ). Способ получения алюминатных материалов спеканием глиноземсодержащего сырья / С. И. Орлов, А. В. Новиков. – Оpubл. 15.11.2021.

147. Пат. № 2780523 (РФ). Способ получения алюминатных продуктов спеканием низкокачественного алюминийсодержащего сырья / А. А. Петров, С. С. Иванов. – Оpubл. 20.12.2022.

148. Архипов, В. А. Современные аспекты теории и практики спекания алюминийсодержащего сырья / В. А. Архипов, А. В. Алексеев // Цветные металлы. - 2021. - № 8. - С. 32-39. - DOI: 10.17580/tsm.2021.08.05.

149. Архипов, В. А. Современные технологии выщелачивания в производстве глинозема / В. А. Архипов, А. В. Алексеев // Цветные металлы. - 2022. - № 3. - С. 28-35. - DOI: 10.17580/tsm.2022.03.04.

150. Архипов, В. А. Современные методы исследования кинетики гидromеталлургических процессов в производстве глинозема / В. А. Архипов // Цветные металлы. - 2021. - № 6. - С. 45-52. - DOI: 10.17580/tsm.2021.06.07.

151. Садыков, М. К. Современные технологии переработки алюминийсодержащего сырья Казахстана / М. К. Садыков, А. Р. Каримов //

Комплексное использование минерального сырья. - 2021. - № 3. - С. 45-53. - DOI: 10.31643/2021.1001.03.

152. Paspaliaris, I. The use of ionic liquids in aluminum production / I. Paspaliaris, A. Karalis, A. Xenidis // *Minerals Engineering*. - 2022. - Vol. 178. - P. 107401. - DOI: 10.1016/j.mineng.2022.107401.

153. Соколов, В. И. Технология глинозема: Учебное пособие для вузов / В. И. Соколов, Л. И. Леонтьев. – М.: Металлургия, 1994. - 344 с.

154. *Light Metals 2024: proceedings of the technical sessions presented by the TMS Aluminum Committee* / ed. by S. Brock. - Cham: Springer, 2024. - 1350 p. - ISBN 978-3-031-48176-1.

155. Каримов, А. Р. Разработка технологии переработки низкокачественных алюминийсодержащих руд Казахстана: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Р. Каримов. - Нур-Султан, 2022. - 22 с.

156. Jones, A. Life Cycle Assessment of Low-Grade Bauxite Processing / A. Jones, B. Taylor // *Journal of Environmental Management*. - 2023. - Vol. 325. - P. 116465. - DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116465.

157. Курбатов, С. В. Интенсификация процессов сернокислотной переработки бокситов / С. В. Курбатов, А. М. Калинин // *Цветные металлы*. - 2020. - № 11. - С. 38-45. - DOI: 10.17580/tsm.2020.11.06.

158. Тулеуов, Е. А. Современное состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы алюминиевой промышленности Казахстана / Е. А. Тулеуов, Г. М. Ибраева // *Горный журнал Казахстана*. - 2022. - № 5. - С. 32–38. - DOI: 10.52578/2224-526X-2022-5-32-38.

159. Тулеуов, Е. А. Технологическая оценка бокситов месторождения Амангельды для производства глинозёма / Е. А. Тулеуов, Г. М. Ибраева // *Цветные металлы*. - 2021. - № 4. - С. 35-42. - DOI: 10.17580/tsm.2021.04.05.

160. Тулеуов, Е. А. Химико-минералогические особенности бокситов месторождения Амангельды и их влияние на технологию переработки / Е. А. Тулеуов, Г. М. Ибраева // *Химический журнал Казахстана*. - 2021. - № 3. - С. 125-134. - DOI: 10.51580/2021-3-125-134.

161. Ни, Л. П. Избранные труды / Л. П. Ни. – Алма-Ата: Гылым, 2002. - 403 с.
162. Liu, Y. Global review of alkaline processing technologies for aluminum production / Y. Liu, J. Li // Resources Policy. - 2021. - Vol. 70. - P. 101914. - DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101914.
163. Архипов, В. А. Современные методы переработки высококремнистых бокситов и небокситового сырья / В. А. Архипов, А. В. Алексеев // Цветные металлы. - 2022. - № 4. - С. 32-39. - DOI: 10.17580/tsm.2022.04.05.
164. Материалы XV Международного конгресса «Цветные металлы и минералы» / Под ред. С. В. Курбатова. – М.: Изд-во МИСиС, 2022. - 428 с.
165. 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.
166. 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.
167. Конов, Л. П. Нефелиновое сырье Средней Азии / Нефелиновое сырье / Л. П. Конов. - М.: Наука, 1978. - 54 с.
168. Лайнер, Ю. А. Комплексная переработка алюминийсодержащего сырья кислотными способами / Ю. А. Лайнер. - М.: Наука, 1982. – 208 с.
169. 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.
170. 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.

171. 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.

172. 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.

173. Мирсаидов, У. М. Комплексная переработка аргиллитов и каолиновых глин Таджикистана / У. М. Мирсаидов, Д. Х. Мирзоев, Х. Э. Бобоев. – Душанбе: Дониш, 2016. - 92 с.

174. Беляк, А. А. Очистка сточных вод глинозёмного производства / А. А. Беляк, В. И. Жаворонкова, А. Д. Смирнов // Водоснабжение и санитарная техника. - 2013. - № 5. - С. 32–36.

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

## **РҶӢХАТИ ИНТИШОРОТ АЗ РӢИ МАВЗӢИ РИСОЛА**

*Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ аз ҷониби ҚОА 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. 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-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. Раҳмонов, 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. Раҳимов, М. М. Тагоев, У. М. Мирсаидов, С. М. Гафорова // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2024. - № 2/3 (126). – С. 72-74.

### ***Интишорот дар маводҳои конфронси 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  $\text{CaCl}_2$  / 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  $\text{NaOH}$  / Н. М. Джамолов, Х. Р. Рахимов, Т. Б. Холматов, Дж. А. Солиев // Илм аз дидгоҳи олимони чавон (Маҷмуаи мақолаҳои конференсияи илмӣ-амалии олимони чавон бахшида ба эълон гардидани соли 2024 “Соли маърифати ҳуқуқӣ”). – Душанбе, 2024. – С. 354-357.

***Патенту ихтироот:***

26-М.Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 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.

# ЗАМИМА

## 1. Нахустпатент

ҶУМҲУРИИ  
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ  
ПАТЕНТӢ

### ШАҲОДАТНОМА

Шахрванд: Холматов Т.Б.

муаллифи ихтирои: *Тарзи ҳосил намудани коагулянтҳои омехта аз албумини хони гилхокдори пастсифат*

Ба ихтирои нахустпатенти № ТЭ 1489 дода шудааст.

Дорандаи нахустпатент: Институту кимиё ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Сарзамин: Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он): Исоев А.М., Мирзоев Д.Х., Гафурзода С.М., Негматуллоев К.И., Раҳимов И.М., Фароов М.М., Мирсаидов У.М.

Аввалияти ихтирои: 02.10.2023

Таърихи рузи пешниҳоди ариза: 02.10.2023

Аризаи №: 2301883

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

16 апрели с. 2024 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент

этибор дорад аз 2 октябри с. 2023 то 2 октябри с. 2035

Ин шаҳодатнома хангоми амали гардоцидани ҳукуку имтиёзҳои ки барои муаллифони ихтироот бо конуңгузории чори муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.

## 2. Акти татбик



УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер ГУП

«Душанбеводоканал»

Каландаров С.А.

2024г.

### АКТ

**о внедрении результатов научно-исследовательских работ Исоева Акрама Мухибуллоевича, Мирзоева Давлатмурода Хайрулоевича, Холматова Туйчия Бурихоновича, Гаффорзода Сулаймони Мусулмон, Нематуллоева Камарадина Изатуллоевича, Рахимова Илхомиддина Мирзоевича, Тагоева Муродбека Махмадалиевича, Мирсаидова Улмаса на тему: «Опытно-промышленные испытания способа получения смешанного коагулянта из низкокачественного глиноземсодержащего сырья»**

Комиссия в составе Начальника департамента по воде ГУП «Душанбеводоканал» Табаров И. - председателя; членов комиссии: начальника лаборатории Н.С. Кароматуллоевой; с другой стороны - зав. Лабораторией «Комплексной переработки минерального сырья и промышленных отходов» Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ), к.т.н. И.М. Рахимова; г.н.с., д.х.н., профессор, академик НАНТ, У.М. Мирсаидова, в.н.с., к.т.н. Д.Х.Мирзева, в.н.с., к.х.н. М.М.Тагоева; докторант PhD 2-го курса Института химии им. В.И. Никитина НАНТ К.И.Нематуллоева; докторант PhD 3-го курса Института химии им. В.И. Никитина НАНТ Т.Б. Холматова свидетельствуют о том, что при личном участии авторов научно-исследовательских работ была изучена коагулирующая способность смешанного коагулянта из низкокачественного глиноземсодержащего сырья.

Для изучения процесса коагуляции дозу коагулянта определяли методом пробного коагулирования; до осветления мутность воды составляла  $1025 \text{ мг/дм}^3$ .

Сравнительный анализ коагулирующей способности приведён в таблице. продолжительности 6 мин. Из проведенных исследований видно, что при повышении дозы коагулянта и продолжительности процесса в минутах степень коагуляции увеличивается максимально, так при увеличении дозы коагулянта до  $5 \text{ мг/дм}^3$  и в течение 30 мин остаток взвешенных веществ в воде составляет максимум  $42 \text{ мг/дм}^3$ .

Этот коагулянт эффективен при высокой мутности воды, например, при  $1025 \text{ мг/дм}^3$  необходимая доза коагулянта равна  $19 \text{ мг/дм}^3$  (по  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), который обеспечивает эффективную очистку до 98,6%. Он устраняет тяжелые металлы, позволяет получать максимально чистую воду с минимальным содержанием примесей.

Доза смешанного коагулянта из низкокачественного глиноземсодержащего сырья при очистке воды в 2,5 раза меньше, чем

сульфата алюминия и время коагуляции 30 мин, при температурах 15 -25°С после чего степень очистки составляет 98-98,6%.

Технический результат достигается тем, что в способе получения смешанного коагулянта из глинозёмсодержащего сырья, согласно изобретению, в качестве сырья используются нефелиновые сиениты, каолиновые глины, которые обжигают при температуре 800-1000°С, растворяют в автоклаве в присутствии HCl или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при соотношении Т:Ж=1:2 в течение 1-3 часов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что смешанный коагулянт из низкокачественного глинозёмсодержащего сырья по своему коагулирующему действию превосходит сернокислый алюминий.

### ВЫВОДЫ

На основе опытно-промышленных испытаний, способа получения смешанного коагулянта, получен коагулянт для очистки вод, переработки нефелиновых сиенитов месторождения Турпи минеральными кислотами HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, которые одновременно содержат ионы хлора и сульфата.

Как показывает сравнительный анализ коагулирующей способности сернокислого алюминия, и смешанного коагулянта на основе хлоридов алюможелезистого и сульфатов алюможелезистого коагулянта (см. табл.), наиболее эффективными для очистки питьевой воды являются смешанные коагулянты.

Смешанный коагулянт эффективен при высокой мутности, цветности и процесс хлопьеобразования и осаждения коллоидных частиц протекает намного быстрее, чем при использовании сульфата алюминия коагулянта Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.

Таким образом, видно, что наиболее эффективным из коагулянтов является смешанный коагулянт на основе алюможелезистые хлориды и алюможелезистые сульфаты.

Сравнительный анализ коагулирующей способности сернокислого алюминия (стандартного коагулянта) и смешанного алюможелезосодержащего коагулянта.

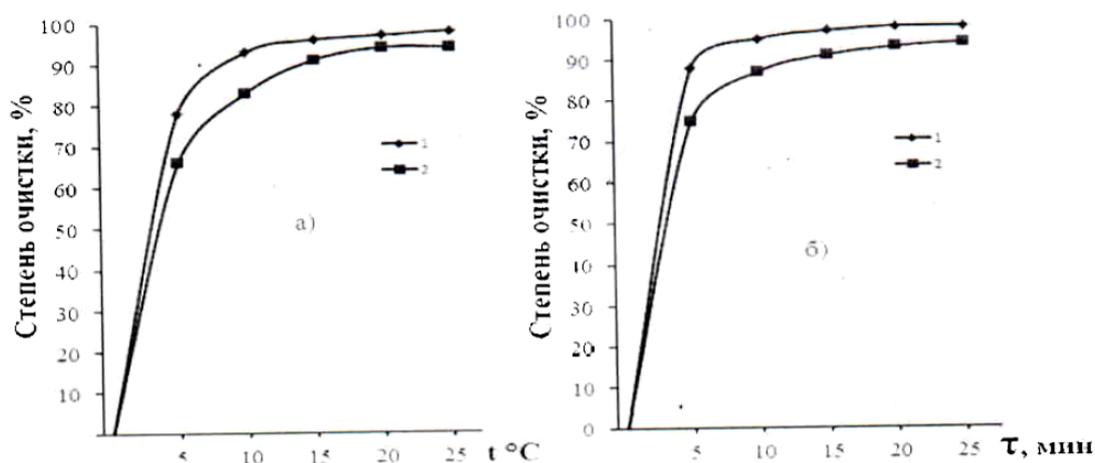
**Таблица**

№	Доза коагулянта, гр/дм <sup>3</sup>		Т, мин	Остаточное содержание в воде взвешенных веществ, мг/ дм <sup>3</sup>	
	Сернокислый алюминий по ГОСТу	Смешанный коагулянт		Сернокислый алюминий по ГОСТу	Смешанный коагулянт
1	1	1	6	28.2	39.3
2	2	2	6	15.8	20.5
3	3	3	6	27.2	15.5
4	4	4	6	22.5	9.0
5	5	5	6	23.9	8.3
6	1	1	12	23.4	35.2
7	2	2	12	10.9	15.5
8	3	3	12	21.5	13.6
9	4	4	12	14.3	6.4

10	5	5	12	15.3	5.9
11	1	1	18	21.5	32.5
12	2	2	18	8.6	14.5
13	3	3	18	19.1	10.0
14	4	4	18	13.4	5.1
15	5	5	18	13.4	5.0
16	1	1	24	19.1	30.6
17	2	2	24	8.1	13.8
18	3	3	24	17.2	8.3
19	4	4	24	12.9	3.8
20	5	5	24	11.95	4.7
21	1	1	30	18.6	29.6
22	2	2	30	7.1	12.2
23	3	3	30	15.3	8.1
24	4	4	30	11.95	3.9
25	5	5	30	11.5	3.4

При увеличении дозы коагулянта от 1 до 5 гр/л содержание взвешенных примесей в воде уменьшается от 39,3 до 8,3 мг/л при продолжительности 6 минут. Из проведённых исследований видно, что при повышении дозы коагулянта и продолжительности процесса степень коагуляции увеличивается максимально. Так, при увеличении дозы коагулянта до 5 гр/л в течение 30 минут остаток взвешенных веществ в воде составлял всего 3,4 мг/л.

Смешанный коагулянт проявляет положительный эффект для вод с высокой мутностью, например, если мутность воды составляет 1025 мг/л и более, для эффективной очистки до 99.2% необходимо дозировать коагулянт в количестве 10-40 мг/л (по  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$ ). Смешанный коагулянт способен осажать тяжёлые металлы, его использование даёт возможность получения максимально чистой воды, в которой содержится минимальное количество примесей, вредных для организма человека.



По результатам исследования делаем вывод, что смешанный коагул наиболее эффективен по сравнению со стандартным сернокислым алюминием, при высокой мутности воды. Он устраняет тяжелые металлы, позволяет получить максимально чистую воду с минимальным содержанием примесей.

Разработаны рекомендации для модернизации схем водоподготовки и улучшения реагентной системы на Очистной станции самотечного водопровода ГУЛ «Душанбеводоканал».

Председатель комиссии:

Начальник департамента по воде  
ГУП «Душанбеводоканал»



Табаров И.

Члены комиссии :

начальник лаборатории  
ГУП «Душанбеводоканал»



Кароматуллоева Н.С.

зав лабораторией «КПМС и ПО»  
ИХ им.В.И.Никитина НАНТ



Рахимов И.М.

г.н.с., д.х.н., проф., академик НАНТ,  
ИХ им.В.И.Никитина НАНТ



Мирсаидов У.М.

в.н.с., к.т.н. лабораторией «КПМС и ПО»  
ИХ им.В.И.Никитина НАНТ



Мирзоев Д.Х.

в.н.с., к.х.н. лабораторией «КПМС и ПО»  
ИХ им.В.И.Никитина НАНТ



Тагоев М.М.

докторант PhD 2-курса  
ИХ им.В.И.Никитина НАНТ



Нематуллоев К.И.

соискатель лаборатории «КПМС и ПО»  
ИХ им.В.И.Никитина НАНТ



Исоев А.М.

соискатель лаборатории «КПМС и ПО»  
ИХ им.В.И.Никитина НАНТ

Гаффорзода С.М.

докторант PhD 3-курса  
ИХ им.В.И.Никитина НАНТ



Холматов Т.Б.