

ДОНИШГОҲИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН
МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ «ПАЖҶҲИШГОҲИ ИЛМИЮ
ТАҲҚИҚОТИИ МЕТАЛЛУРГИЯ»-И ҶАМЪИЯТИ САҲОМИИ
КУШОДАИ «ШИРКАТИ АЛЮМИНИИ ТОҶИК»

ВБД:546.161 (575.3)

ТКБ:24.1 (2Т)

Ш-78

Бо ҳуқуқи дастнавис



ШОКАРИМЗОДА Сирочиддин Мирзо

ТАҲҲИИ ТЕХНОЛОГИЯИ КОРКАРДИ ОМЕХТАИ КИСЛОТАҲОИ
ГИДРОГЕНСИЛИТСИЙФТОРИД ВА ФТОРИД

ДИССЕРТАТСИЯ

барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (PhD) – доктор аз рӯйи
ихтисоси 6D072000 – Технологияи химиявии моддаҳои ғайриорганикӣ
(6D072001– Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ)

Роҳбарони илмӣ:

номзади илмҳои химия

Рафиев Рустам Сафаралиевич

номзади илмҳои техникӣ

Наимов Носир Абдурахмонович

Душанбе – 2026

МУНДАРИҶА		Саҳ.
Номгӯи ихтисораҳо, аломатҳои шартӣ.....		4
МУҚАДДИМА		5
БОБИ 1. ШАРҲИ АДАБИЁТ. РОҶҶОИ ҲОСИЛШАВИИ КИСЛОТАИ ГИДРОГЕНСИЛИТСИЙФТОРИД ВА УСУЛҶОИ КОРКАРДИ ОН		
		14
1.1. Манбаъҳои асосии пайвастагиҳои фтордор.....		14
1.2. Усулҳои асосии ҳосил намудани пайвастагиҳои фтордор.....		19
1.3. Ҳосилшавии кислотаи гидрогенсилитсийфторид (КГСФ) дар истеҳсолати нӯриҳои фосфорӣ.....		25
1.4. Ҳосилшавии кислотаи гидрогенсилитсийфторид дар истеҳсоли кислотаи ортофосфати экстракционӣ		29
1.5. Истеҳсоли силитсийфториди натрий аз кислотаи гидрогенсилитсийфторид.....		32
1.6. Технологияи ҳосил намудани фториди алюминий аз омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид.....		36
Хулоса оид ба шарҳи адабиёт ва масъалагузориҳои кори илмии мазкур..		39
БОБИ 2. ТАВСИФИ КОМПОНЕНТҶОИ ИСТИФОДАШАВАНДА ВА УСУЛҶОИ ГУЗАРОНИДАНИ ТАҶЛИЛҶО		
		41
2.1. Раванди истеҳсоли омехтаи кислотаҳо дар корхонаи ҚДММ «ТАЛКО Кемикал».....		41
2.2. Таҳлили химиявии маҳсулоти иловагии истеҳсоли кислотаи фторид		44
2.3. Усули гузаронидани таҳлили химиявии силитсийфториди натрий.....		45
2.4. Усули муайян намудани таркиби химиявии криолит ва фториди алюминий.....		47
БОБИ 3. АСОСҶОИ ХИМИЯВИЮ ТЕХНОЛОГИИ БА ДАСТ ОВАРДАНИ МАҶСУЛОТИ МАҚСАДНОК АЗ ПАРТОВҶОИ КИСЛОТАГӢ		
		51
3.1. Синтези пайвастиҳои фториди натрий аз партовҳои кислотагӣ бо истифодаи реагентҳои натрийдор.....		51
3.2. Таҳияи схемаи принципалию технологияи коркарди омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо мақсади ҳосил намудани омехтаи СФН ва фториди натрий.....		60
3.3. Термодинамикаи раванди коркарди гидроксиди алюминий дар		

омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид.....	62
3.4. Параметрҳои химиявӣю технологии ба даст овардани AlF_3 ва SiO_2 -и аморфӣ аз маҳсулоти иловагӣ.....	64
3.5. Технологияи синтези криолит аз маҳлулҳои фтордор.....	72
3.6. Тавсифи равандҳои кинетикӣ зимни коркарди маҳсулоти иловагии истеҳсоли бо гидроксиди алюминий.....	76
3.7. Технологияи ҳосил намудани шишаи моеъ аз оксиди силитсӣи аморфӣ.....	82
3.8. Схекаи технологии коркарди комплекси омехтаи кислотаҳо.....	85
БОБИ 4. ТАҲҚИҚОТҲОИ ТАҶРИБАВИЮ ИСТЕҲСОЛӢ ВА	
САНЧИШИИ МАҲСУЛОТҲОИ КОРКАРДИ ОМЕХТАИ КГСФ ВА	
КИСЛОТАИ ФТОРИД. АРЗӢБИИ ИҚТИСОДИИ ТЕХНОЛОГИЯҲО	
	87
4.1. Истеҳсоли миқдори таҷрибавӣю саноатии фториди алюминий ва криолит аз омехтаи кислотаҳо.....	87
4.2. Истеҳсоли СФН аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз гидроксид ва хлориди натрий.....	90
4.3. Истеҳсоли миқдори таҷрибавии шишаи моеъ аз оксиди силитсӣи аморфӣ ва санчиши он ба сифати маводи часпанда.....	91
4.4. Таъбиқи технологияи истеҳсоли омехтаи силитсӣфторид ва фториди натрий дар корхонаи ЧДММ “ТАЛКО Кемикал”.....	93
4.5. Истеҳсоли миқдори таҷрибавии флюси рехтагарӣ, дар асоси омехтаи СФН ва фториди натрий ва санчиши он дар истеҳсолоти рехтагарии ҚСК “ШАТ”.....	93
4.6. Нишондодҳои техникую иқтисодии истеҳсоли фториди алюминий, аз маҳсулоти иловагии истеҳсоли кислотаи фторид.....	96
4.7. Асосҳои техникую иқтисодии истеҳсоли фторнамакҳо аз маҳсулоти иловагӣ.....	105
4.8. Баррасии натиҷаҳои таҳқиқот.....	114
ХУЛОСАҲО	121
Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои тадқиқот	123
РӢЙҲАТИ АДАБИӢТ	124
Интишорот аз рӯи мавзӯи диссертатсия	136
ЗАМИМАҲО	141

Номгӯи ихтисораҳо, аломатҳои шартӣ

1. ГОСТ – государственнй стандарт (стандарти давлатӣ);
2. ТУ – технические условия (шарти техникӣ);
3. ЧСК – ҷамъияти саҳҳомии кушода;
4. ЧДММ – ҷамъияти дорои масъулияташ маҳдуд;
5. ШАТ (ТАЛКО) – Ширкати Алюминийи Тоҷик (Таджикская Алюминиевая Компания);
6. МД – муассисаи давлатӣ;
7. КГСФ – кислотаи гидрогенсилитсийфторид;
8. СФН – силитсийфториди натрий;
9. КФЭ – кислотаи фосфати экстракционӣ;
10. С:М – таносуби байни саҳту моеъ;
11. ПИТМ – Пажӯҳишгоҳи илмию таҳқиқотии металлургия;
12. PDF – Powder Diffraction File – Файли диффраксияи хока
13. ТЗТ – талафот зимни тафсонидан
14. СМОС – сеҳи маводҳои оташбардор ва сохтумонӣ
15. СГ – сеҳи газтозакунӣ
16. СТЭ – сеҳи таҷрибавию электролизӣ
17. КИ – криолити иловагӣ

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Металли алюминий, аз ҳисоби хосиятҳои физикавӣю химиявӣ мувофиқ доштан, яке аз серталабтарин метал дар ҷаҳон ба шумор рафта, ин ҳолат боиси баланд гардидани арзиши ашиё хоми он мегардад. Мувофиқан бисёре аз корхонаҳои истеҳсоли алюминий ба бӯҳронҳои ҷаҳонӣ рӯ ба рӯ шуда, олимон ва мутахассисони соҳавӣ сайъ менамоянд, ки роҳҳои паст намудани арзиши ашёи хоми алюминийро дар асоси таҳияи технологияҳои нав ва камарзиш, пайдо намоянд.

Яке аз компонентҳои асосии таркиби ғудохтаи электролит дар саноати истеҳсоли алюминий бо усули электролиз – криолит (Na_3AlF_6) ва фториди алюминий (AlF_3) ба шумор рафта, мувофиқан бо роҳҳои сунъӣ аз концентрати флюорит (CaF_2) дар саноат истеҳсол карда мешаванд.

Бо ҳадафи таъмин намудани бузургтарин корхонаи кишвар – ҚСҚ “Ширкати Алюминийи Тоҷик” (ҚСҚ “ШАТ”) – дар ноҳияи Ёвон корхонаи нави истеҳсоли фториди алюминий ва криолит бо номи ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” бунёд гардида, фаъолияти худро аз соли 2016 оғоз намудааст.

Корхонаи мазкур дар навбати аввал кислотаи сульфатро истеҳсол намуда, дар асоси он кислотаи фторидро аз концентрати баландсифати флюорит истеҳсол мекунад.

Мавриди зикр аст, ки кафолати истеҳсоли кислотаи фториди беоби 99,9%, концентрати флюорити тамғаи ФФ-97 ва аз ин боло ба шумор меравад. Бинобар ин, мавҷудияти ғашҳо, махсусан оксиди силитсий дар таркиби концентрати флюорит, ба ҳосилшавии маҳсулоти иловагӣ – кислотаи гидрогенсилитсийфторид (КГСФ) оварда мерасонад. Масалан, дар ҷараёни фаъолияти мунтазами ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” дар давоми як сол зиёда аз 4 ҳазор тонна КГСФ-и концентратсияш 25%-а ҳамчун маҳсулоти иловагӣ ҳосил мегардад. Талоши нигоҳдории чунин миқдори калони маҳсулоти иловагӣ боиси ифлосшавии муҳити зист ва ишғол гардидани майдонҳои васеъ мегардад.

Яке аз манбаъҳои дигари пайдоиши КГСФ – ин саноати истеҳсоли нуриҳои фосфорӣ ва кислотаи фосфати экстраксионӣ (КФЭ) мебошад. Бо

назардошти афзоиши талабот ба нуриҳои минералӣ ва ба роҳ мондани иқтидорҳои нави истеҳсоли кислотаи фосфат, ниёз ба коркарди КГСФ низ рӯз то рӯз бештар мегардад.

Масалан, дар худуди корхонаи “ТАЛКО Кемикал” корхонаи истеҳсоли нуриҳои минералии фосфордор соли 2022 ба фаъолият шурӯъ намуд, ки метавонад дар оянда, ба афзоиш ёфтани миқдори омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид гардад. Айни замон, кислотаи гидрогенсилитсифторид барои истеҳсоли фториди алюминий, криолит, силитсифториди натрий, фториди натрий, фторсиликатҳо ва ғайраҳо истифода мешавад.

Ҳамин тариқ, бешак мавҷудияти чунин пайвастагӣ дар корхонаҳои истеҳсоли, боиси ба вучуд омадани хатар ҳам аз ҷиҳати экологӣ ва ҳам аз ҷиҳати иқтисодӣ мегардад. Бинобар ин коркарди омехтаи кислотаҳо бо мақсади ҳосил намудани маҳсулотҳои муфид, масъалаи бетаъхир ва актуалӣ мебошад.

Бинобар ин, бо ҳадафи безарар гардонии маҳсулоти иловагӣ, зарурати коркарди мукаммали омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид ба миён омадааст. Ин раванд имкон медиҳад, ки аз онҳо маҳсулоти арзишманд ва серталаб, аз қабилӣ фториди алюминий, оксиди аморфӣ силитсӣ, шишаи моеъ, криолит, омехтаи силитсифториди натрий (СФН), фториди натрий ва ғайра ҳосил карда шаванд.

Дарачаи коркарди илмӣ проблемаи мавриди омӯзиш. Масъалаи истифодаи партовҳои силитсӣдор (КГСФ), ки ҳамчун маҳсулоти ҳамроҳ зимни истеҳсоли пайвастҳои фосфордор ба вучуд меоянд, дар таҳқиқотҳои илмӣ таваҷҷуҳи назаррас пайдо кардааст. Масалан аз ҷониби олимони: Раков Э.Г. [1], Бабкин В.В. [4], Шарипов Т.В. [14], Кочетков С.П. [36], Бушуев Н.Н. [38], Зайцев В.А. [39], Позин М.Е. [79], Моргунова Э.М. [82] ва дигарон як қатор ҳалли технологӣ пешниҳод шудааст, ки ба истифодаи гидроксиди натрий, карбонати натрий ва гидроксиди алюминий асос ёфта, имкон медиҳанд то пайвастҳои фтордори серталаб, синтез карда шаванд.

Мавриди зикр аст, ки дар раванди коркарди флюорит бо истифодаи кислотаи сульфат дар майдони истеҳсоли ЧДММ «ТАЛКО Кемикал» маҷмӯи

кислотаҳо ҳосил мегардад, ки коркарди самараноки он то ҳол ба кадри кофӣ омӯхта нашудааст ва ниёз ба таҳқиқоти минбаъда дорад.

Масалан, вобаста ба масъалаи мазкур, корҳои таҳқиқотӣ аз ҳисоби олимони тоҷик: У.М. Мирсаидов, Н.А. Наимов ва С.А. Сатторов [109, 112] гузаронида шудааст, ки доираи хурдро дар бар мергирад. Бо дарназардошти гуфтаҳо, кори мазкур ба таҳияи технологияҳои безараргардонии омехтаи кислотаҳо, ки зимни коркарди CaF_2 ба вучуд меояд, равона шудааст.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоихаҳо), мавзӯҳои илмӣ. Таҳқиқоте ки дар диссертатсия пешниҳод шудаанд, дар доираи нақшаҳои илмии тасдиқшудаи Муассисаи давлатии «Пажӯҳишгоҳи илмию таҳқиқотии металлургия»-и (МД «ПИТМ»-и) ҶСК «ШАТ», инчунин мутобиқ ба мавзӯҳои таҳқиқоти амалӣ, ки дар кафедраи химияи татбиқи факултети химияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон гузаронида мешаванд, амалӣ гардидаанд. Таҳқиқот ба самтҳои афзалиятнок, аз ҷумла ҳадафи чоруми миллий – саноатикунони босӯъати мамлакат, “Солҳои рушди саноат” (солҳои 2020-2026) ва бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маъориф (солҳои 2020-2040) ҳамгиро буда, ба таҳияи технологияҳои захирасоз ва усулҳои аз ҷиҳати экологӣ бехатари коркарди партовҳои техногенӣ равона гардидааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот. Ҳадафи асосии ин таҳқиқот ба ташаккули равишҳои аз ҷиҳати илмӣ асоснокшудаи коркарди мукаммали маҳсулоти иловагӣ, ки дар корхонаи ҶДММ «ТАЛКО Кемикал» ба вучуд меоянд, равона шудааст, аз ҷумла омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид. Дар доираи таҳқиқот, қонуниятҳои физикавӣю химиявӣ ва речаҳои оптималии технологӣ, барои безараргардонии ин компонентҳо бо истифодаи гидроксиди алюминий ва натрий, хлорид ва карбонати натрий мавриди омӯзиш қарор мегиранд. Вазифаи калидӣ дар бадастории номгӯйи васеи маҳсулоти серталаб ифода меёбад, аз қабилҳои фториди алюминий, таҳшини сафед (белая сажа), криолит, шишаи моеъ, силитсифториди натрий (СФН), инчунин СФН дар якҷоягӣ бо фториди натрий.

Вазифаҳои таҳқиқот:

- Муайян намудани таркиби химиявии омехтаи мураккаби кислотаҳо, ки дар раванди технологӣ дар корхонаи «ТАЛКО Кемикал» ба вучуд меояд, ҳамчун марҳилаи ибтидоии таҳияи усулҳои истифодаи он.
- Асоснок ва амалӣ намудани раванди безаргардони омехтаи кислотаҳо бо реагентҳои натрийдор бо мақсади ба даст овардани маҳсулоти мақсаднок – омехтаи Na_2SiF_6 ва NaF .
- Аз нуқтаи назари термодинамикӣ асоснок намудани имконият ва самаранокии ҳосилкунии фториди алюминий дар натиҷаи безаргардони партовҳои силитсидор бо гидроксиди алюминий, таҳқиқи таъсири параметрҳои технологӣ ба ташаккули сохтори аморфии SiO_2 ва фазаи кристаллии AlF_3 , инчунин гузаронидани таҳлили кинетикии раванди коркарди маҳсулоти иловагӣ ва муайян намудани речаҳои оптималии кристаллизатсияи фазаҳои фторидӣ.
- Пешниҳод намудани усули самаранокии синтези криолит тавассути коркарди маҳлули фториди алюминий бо фториди натрий ва таҳияи шароити коркарди SiO_2 -и аморфӣ барои ба даст овардани шишаи моеъ бо хусусиятҳои истифодабарии муайян.
- Гузаронидани оптимизатсияи комплекси речаҳои технологӣ барои коркарди омехтаи КГСФ ва HF дар сатҳи саноатӣ, ки дараҷаи максималии ҷудошавии компонентҳои мақсаднок ва коҳиши партовҳоро таъмин менамояд.
- Лоихакашии схемаҳои принсипиалию дастгоҳӣ, ки коркарди партовҳои кислотагиро ба таври беҳатари экологӣ ва захирасоз бо ҳосилкунии маводҳои серталаб таъмин менамояд, инчунин гузаронидани арзёбии самаранокии техникаю иқтисодӣ ва мувофиқати экологӣ барои эҳтимолияти татбиқи саноатии технологияҳои пешниҳодшуда.

Объекти таҳқиқот. Ҳамчун объекти таҳқиқот маҳсулоти иловагии кислотадор баррасӣ мегардад, ки дар раванди технологии корхонаи ЧДММ «ТАЛКО Кемикал» ба вучуд меояд. Маҳсулоти мазкур омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсифторид ва фторидро дар бар мегирад, ки дорои потенциали баланди реаксионӣ буда, барои таҳияи усулҳои самаранокии безаргардонӣ ва

коркарди он аҳамияти илмӣ ва амалӣ дорад.

Мавзуи (предмет) таҳқиқот. Мавзӯи асосии ин таҳқиқот равандҳои технологӣ оид ба коркарди омехтаи дуҷумдараҷаи кислотаҳо мебошад, ки дар натиҷаи фаъолияти саноатӣ ба вуҷуд меояд ва бо мақсади ба даст овардани маҳсулоти арзишманди ғайриорганикӣ истифода мешавад. Таҳқиқот мубодилаҳои химиявиро дар бар мегирад, ки ҳангоми боҳамтаъсиркунии компонентҳои омехтаи кислотаҳо бо реагентҳо дар асоси алюминий ва натрий ба амал меоянд, инчунин шароити синтези пайвастиҳои мақсаднок, аз ҷумла фторидҳои алюминий ва натрий, СФН, силикагел, криолит, шишаи моеъ ва дигар маҳсулотро фаро мегирад.

Навгони илмӣ таҳқиқот:

1. Шароити истифодаи омехтаи кислотаҳо бо реагентҳои натрийдор муайян карда шудааст, ки дар натиҷа СФН, фториди натрий ва омехтаи онҳо ба даст меоянд.
2. Равиши нав барои синтези се маҳсулот – фториди алюминий, силикагел ва шишаи моеъ – ҳангоми истифодаи омехтаи кислотаҳо бо гидроксиди алюминий таҳия шудааст.
3. Бар асоси таҳқиқоти комплекси лабораторӣ, пилотӣ ва саноатӣ равишҳои амалӣ барои татбиқи технологияҳои коркарди амиқи омехтаи кислотаҳо пешниҳод шудаанд.
4. Арзёбии техникаю иқтисодӣ оид ба технологияҳои пешниҳодгардида анҷом дода шудааст, ки мувофиқати ба даст овардани спектри васеи маҳсулотро тасдиқ менамояд.

Аҳамияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот дар асосноккунии равандҳои табдили омехтаи кислотаҳо ба пайвастиҳои мақсаднок ифода меёбад. Инчунин дар имконияти ба даст овардани маҳсулоти зерин зоҳир мегардад:

- омехтаи СФН ва NaF – барои истеҳсоли электролитҳо, силуминҳо ва флюсҳо;
- AlF_3 ва криолит – барои саноати алюминий;
- дуоксиди силитсийи аморфӣ – барои фармасевтика, маҳсулоти резинотехникӣ ва энергетикаи офтобӣ;

- шишаи моеъ – барои сохтмон ва истеҳсолоти бойгардонӣ.

Ғайр аз ин, схемаҳои принципалию технологӣ ва дастгоҳии коркарди комплекси омехтаи кислотаҳо таҳия карда шудааст, ки дар асоси онҳо технологияҳо дар истеҳсолот татбиқ гардида, маҳсулотҳои истеҳсолгардида дар корхонаҳои ҚСК “ШАТ” ва ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” аз санҷиш гузаронида шудаанд ва бо санадҳои дахлдор тасдиқ гардидаанд, аз қабилӣ:

- Санад оиди гузаронидани санҷишҳои таҷрибавию истеҳсолии технологияи ҳосил намудани фториди алюминий, оксиди силитсийи аморфӣ ва криолит аз кислотаи гидрогенсилитсийфторид. Аз таърихи 03.05.2019;
- Санад оиди гузаронидани санҷишҳои таҷрибавию истеҳсолии технологияи ҳосил намудани силитсийфториди натрий аз кислотаи гидрогенсилитсийфторид ва гидроксиди натрий. Аз таърихи 03.05.2019;
- Санад оиди гузаронидани санҷишҳои таҷрибавию истеҳсолии технологияи ҳосил намудани силитсийфториди натрий аз кислотаи гидрогенсилитсийфторид ва хлориди натрий. Аз таърихи 03.05.2019;
- Санад оид ба истеҳсол ва санҷиши миқдори таҷрибавии шишаи моеъ, ки аз оксиди силитсийи аморфӣ ҳосил шудааст. Аз таърихи 22.06.2022;
- Санад оид ба истеҳсол ва санҷиши флюси рехтагарии рӯйпӯш ва тозакунандаи ПРФ-23 дар шӯъбаи рехтагарии ҚСК “ШАТ”. 11.11.2024.
- Санад оид ба татбиқи технологияи истеҳсоли омехтаи силитсийфториди натрий ва фториди натрий аз омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид ва фторид. Аз таърихи 27.12.2023.

Нуктаҳои ба химоя пешниҳодшаванда:

- Маълумоти аз ҷиҳати илмӣ асоснок оид ба хусусиятҳои физикавӣю химиявӣю омехтаи иловагии кислотадор (КГСФ ва HF), маҳсулоти табдилёфта ва технологияҳои коркарди он бо реагентҳои натрийдор (NaOH, Na₂CO₃, NaCl) бо ба даст овардани омехтаи мақсадноки Na₂SiF₆ ва NaF.
- Асосноккунии термодинамикӣ ва кинетикии равандҳои синтези AlF₃, SiO₂-и аморфӣ ва криолит ҳангоми безаргардонии омехта бо гидроксиди алюминий, инчунин муайян намудани вобастагии параметрҳои физикавӣю химиявӣ ва технологияи раванди безаргардонӣ бо дараҷаи баланди

чудошавӣ ва сифати маҳсулоти мақсаднок (AlF_3 , SiO_2 , шишаи моеъ, криолит).

- Схемаҳои инноватсионии технологӣ ва дастгоҳӣ барои коркарди мукаммали омехтаи кислотаҳо бо ба даст овардани маҳсулоти таъиноти химиявӣ, ки бо натиҷаҳои озмоиши саноатӣ ва асосноккунии техникаю иқтисодии технологияҳои таҳияшуда тасдиқ шудаанд.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо: Эътимоднокии натиҷаҳои бадастомада тавассути истифодаи маҷмӯи усулҳои муосири таҳқиқоти физикӣ ва химиявӣ, коркарди омории маълумотҳо ва муқоисаи натиҷаҳо бо маълумоти таҳқиқоти муаллифони дигар таъмин карда шудааст. Натиҷаҳои таҳқиқотӣ дорои дарачаи баланди дақиқӣ ва асоснокии илмӣ мебошанд.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ: Кори диссертатсионии мазкур, ба самти ихтисоси илмии 6D072001 – «Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ» мувофиқат мекунад ва як қатор мавқеъҳои пешбинишудаи классификатсияи онро (бандҳои 1, 2, 4, 5 ва 9) фаро мегирад.

Ҳамин тавр, дар зербобҳои 3.1, 3.4, 3.5 ва 3.7 равандҳои ба даст овардани пайваستҳои ғайриорганикӣ, аз қабili омехтаи СФН ва NaF , дуоксиди аморфии Si , сефториди Al , Na_3AlF_6 ва шишаи моеъ муфассал баррасӣ шудаанд, ки ба банд 1 мутобиқат доранд.

Дар зербобҳои 3.3 ва 3.6 натиҷаҳои моделсозии термодинамикӣ ва кинетикӣ оварда шудаанд, ки интиҳоби параметрҳои коркарди омехтаи кислотаҳоро асоснок мекунанд (мутобиқ ба банд 2).

Усулҳои коркарди ашёи хом, инчунин пайдарпайии гузаронидани амалиётҳои технологӣ дар зербобҳои 3.1, 3.4, 3.5, 3.7 ва 4.1-4.5 баён шудаанд, ки мутобиқати онҳоро ба банд 4 инъикос менамояд.

Азбаски омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид ва фторид маҳсулоти дуҷумдараҷа мебошад, безараргардонии он вазифаи муҳими технологӣ ба ҳисоб меравад. Дар бобҳои 3 ва 4 равишҳо ба коркарди такрорӣ ва безараргардонии он баррасӣ шудаанд (мутобиқ ба банд 5).

Дар зербобҳои 3.2, 3.8 ва 4.1 схемаҳои принципалию технологӣ пешниҳод шудаанд, ва дар зербобҳои 4.6 ва 4.7 арзёбии техникаю иқтисодии технологияҳои таҳияшуда оварда шудааст, ки ба банд 9 мутобиқат мекунад.

Саҳми шахсии довталаби дарёфти дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот аз банақшагирии мустақилонаи корҳои илмӣ, таҳлили амиқи адабиёти илмии дохилӣ ва хориҷӣ, таҳия ва коркарди масъалаҳои таҳқиқот бо истифода аз усулҳои муайян, гузаронидани таҷрибаҳо, навиштани мақолаҳо, коркарди омории маълумотҳои таҷрибавӣ, таҳияи хулосаҳои рисолаи илмӣ иборат мебошад.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои асосии рисола дар конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ зерин муҳокима шуданд: Маводи конференсияи ҷумҳуриявии ҳайати устодону кормандон ва донишҷӯёни ДМТ бахшида ба ҷашнҳои «5500-солагии Саразми бостонӣ», «700-солагии шоири барҷастаи тоҷик Камоли Хучандӣ» ва «20-солаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)» (Душанбе-2020), Маводи конференсияи илмӣ-амалии умумирусиягӣ бо иштироки байналмилалӣ дар мавзӯи: «Дурнамои рушди технологияи коркарди карбогидридҳо ва маъданҳои фойданок» (Иркутск, 22-24 апрели с. 2020), Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико-химиявӣ”, бахшида ба эълонгардидани ҳадафи чоруми стратегӣ – саноатикунони кишвар, солҳои 2022-2026 – солҳои рушди саноат, 65-солагии таъсисёбии кафедраи “Химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ” ва гиромидошти хотири арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, профессор, Лутфулло Солиев (Душанбе, 2023), Маводи конференсияи илмӣ-назариявии байналмилалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои химия, технология ва экология” бахшида ба 20-солагии таъсисёбии кафедраи “Технология ва экологияи химиявӣ” ва “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф” (12-13-уми майи соли 2023), Маводи конференсияи илмию амалии байналмилалӣ “Дастовардҳои нав дар соҳаи илмҳои табиатшиносӣ ва технологияҳои информатсионӣ”, бахшида ба «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)» (30-уми майи с.2023), Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Рушди самтҳои нав дар химия ва технологияи химиявӣ” бахшида ба гиромидошти хотираи академики АМИ Тоҷикистон, доктори

илмҳои химия, профессор Сафиев Ҳайдар (26-уми октябри с.2023), Конференсияи VI илми байналмилалӣ: «Масъалаҳои химияи физикӣ ва координатсионӣ», бахшида ба «Бисолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)», 90-солагии доктори илмҳои химия, профессор Ҳомид Муҳсинович Якубов, гиромидошти хотираи доктори илҳои химия, профессор Зухуриддин Нуридинович Юсуфов, 75-солагӣ ва 53-солагии фаъолияти илмӣ – таълимии доктори илмҳои химия, профессор Раҳимова Мубаширахон (15-16 майи с.2024), Маводи конференсияи III байналмилалии илмию амалӣ дар мавзӯи “Рушди илми химия ва истифодабарии он”, бахшида ба 80-солагии гиромидошти хотираи д.и.х., узви вобастаи АМИТ, профессор Кимсанов Бӯрӣ Ҳакимович (10-уми ноябри с.2021), Маводи конференсияи умумидонишгоҳии илмию назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба “30-юмин солгарди қабули Конститутсияи Ҷумҳурии Тоҷикистон”, “Соли маърифати ҳуқуқӣ эълон шудани соли 2024” ва “Бисолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)» (Душанбе-2024).

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. Натиҷаҳои таҳқиқот дар 19 мақола нашр шудаанд, ки аз онҳо 6 мақола дар маҷаллаҳои ВАК ҚТ дохил шуда, 13-тои дигар фишурдаи мақола мебошанд. 4 нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст. Таҳқиқотҳои истеҳсолӣ гузаронида шуда, он бо 6 санади татбиқ ва озмоишҳои муваффақи миқдорҳои таҷрибавӣ тасдиқ гардидааст.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз муқаддима, чор боби мазмуни асосӣ, муҳокимаи натиҷаҳо, хулосаҳо ва рӯйхати адабиёт иборат аст, ки аз 120 манбаъ таркиб ёфтааст. Ҳаҷми умумӣ – 167 саҳифа буда, дар он 32 тасвир ва 36 ҷадвал ҷой дода шудаанд, ки маълумоти таҷрибавӣ ва ҳалли технологиро инъикос менамоянд. Маводи иловагӣ, ки боэътимодии натиҷаҳоро тасдиқ мекунанд, дар 12 замима пешниҳод шудаанд.

БОБИ 1. ШАРҲИ АДАБИЁТ. РОҲҲОИ ҲОСИЛШАВИИ КИСЛОТАИ ГИДРОГЕНСИЛИТСИЙФТОРИД ВА УСУЛҲОИ КОРКАРДИ ОН

1.1. Манбаъҳои асосии пайвастагиҳои фтордор

Фтор дар табиат ҳамчун элемент дар намуди пайвастагиҳояш дар таркиби маъданҳо хеле зиёд дида мешавад. Паҳншавиаш дар қишри замин 0,065 % буда, аз ин ҷиҳат дар байни элементҳои системаи даврӣ дар ҷои 13 – ум меистад [1]. Фтор дар таркиби чинсҳои таҳшиншуда ва магматикӣ бисёртар мавҷуд мебошад [2]. Дар табиат шумораи минераҳои фтордор хеле зиёданд, аз он ҷумла ба миқдори аз ҳама зиёд дар таркиби флюорит – CaF_2 (48,7 %) ва криолит мавҷуд буда, ба миқдори кам дар таркиби фторапатит $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ (ҳамагӣ 3-4 %), ки ба сифати ашёи хоми саноати истеҳсоли нуриҳои фосфордор истифода мегардад, дида мешавад. Ғайр аз ин гурӯҳи дигари минералҳо: лепидолит $(\text{K, Li})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)(\text{F, OH})_2$, амблигонит $\text{LiAl}(\text{F, OH})\text{PO}_4$, топаз $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F, OH})$ ва ғайраҳо мавҷуданд, ки миқдори фтор дар таркиби онҳо гуногун буда метавонад.

Одатан минералҳои флюорит ва апатит ҳамчун маъданҳои аҳамияти саноатидошта, ба шумор мераванд.

Захираи фтор дар қураи Замин дар шакли маъданҳои фосфоритӣ мавҷуд буда, миқдори он дар шакли маъдани флюорит нисбатан зиёд аст [3, 7]. Мувофиқи маълумоти саридораи геологияи Иёлоти Муттаҳидаи Амрико (ИМА) захираи ҷаҳонии фтор дар шакли маъданҳои фосфорит 360 млн. тонна буда, захираи фтор дар шакли конҳои флюоритӣ бошад, 90 млн. тоннаро ташкил медиҳад [8-12].

Манбаъҳои F, ки дар шакли маъданҳои фосфоритӣ вохӯранд ва барои саноат муҳим мебошанд, дар таҳқиқотҳои зерин ба таври муфассал шарҳ дода шудаанд.

Дар таркиби минерали табиӣ, ғайр аз фторапатит ба миқдори кам мумкин аст хлорапатит ва гидроксилапатит мавҷуд бошад. Таркиби апатитҳо аз: нефелин $(\text{Na, K})\text{AlSiO}_4$, пироксенҳо, аз ҷумла эгирин $(\text{NaFe}(\text{SiO}_3)_2)$,

титаномагнетит ($\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{FeTiO}_3$), сфен (CaTiSiO_5), шпати саҳроӣ, абрак ва ғайраҳо иборат аст.

Аз рӯйи формулаи апатит муайян намудан мумкин аст, ки он дар таркибаш 42,23% P_2O_5 , 55,64% CaO ва 3,77% фтор дошта, таркиби апатити табиӣ бошад аз 40,7% P_2O_5 ва 2,1-3,4 % фтор иборат аст.

Дар ҷадвалҳои 1.1 ва 1.2 таркиби химиявии ашёи хоми фосфордори конҳои гуногун оварда шудааст.

Ҷадвали 1.1 – Таркиби химиявии ашёи фосфоритии конҳои собиқ Иттиҳоди Шуравӣ [3, 4, 13]

Конҳои апатит ва фосфоритҳо	Миқдори массавӣ бо %			Миқдори F бо кг ба 1 т P_2O_5
	P_2O_5	CaO	F	
Концентрати апатит				
Хибин, вил. Мурманск	39,0	51,0-53,0	3,0-3,1	77
Ковдор, вил. Мурманск	36,0		0,9-1,0	25
Селиград, Ҷумҳурии Саха	35,5-36,5		1,5-2,0	49
Бедозимин, вил. Иркутск		48,0-49,0	2,5 -2,8	79
Ошурков, Бурятия	35,0-36,0	48,5-49,0		
Фосфоритҳои микрозарагини ҳавзаи Қаратауи Қазоқистон				
Орди фосфорити навҳои К (конс.)				
	28,0	40,0-42,0	2,8-3,0	103
О (одӣ)	24,5	36,0-39,0	2,2-2,4	94
Концентрати фосфорит	24,5	36,0-39,0	2,2-2,4	94
Фосфоритҳои пайваस्तбуда ё инки қуррашакл (желваковые или конкреционные)				

Чилисай, Қазоқистон	24,0	39,5-40,0	2,5-3,0	119
Багданов, Қазоқистон	25,0-28,0	40,5-41,8	2,9-3,2	
Новоукраина, Қазоқистон	19,0	31,5	2,0-3,0	131
Вятско- Камск, вил. Киров	21,0-24,0	34,0-38,1		122
Егоров вил. Москва	20,4-23,3	32,6-36,0		114
Полпинск, вил. Брянск	19,5-21,5	3,05-33,3	2,1-2,8	119
Фосфоритҳои ковок, флотоконцентрат				
Кингисеп, вил. Ленинград	28,0	39,0-42,0	2,0-2,2	75
Маардус, Ҷумҳурии Эстония		38,0-42,0	2,3-2,4	84
Тоолсес, Ҷумҳурии Эстония	28,0	40,0-44,0	3,0	107
Белкин, вил. Кемерово	28,6	51,8	3,3	115

Ҷадвали 1.2 – Конҳои калонтарини фосфоритҳои собиқ Иттиҳоди Шуравӣ

Конҳо	Баланси захира, млн.т.		Миқдори P ₂ O ₅ бо %
	ҳамагӣ	мувофиқи дараҷаҳои АВС	
Қаратау	1729/380	1072/242	18-30,1
Вятско-Камск	2238/302	704/78	9,9-17,5
Кингисепи	156/10	120/8	6,3-7,6
Егоров	296/38	273/36	7,6-15,6
Полпинск	157/11	153/10,7	5,8-8,0
Тоолсе	281/29	258/27	9,5-11,1

Микдори фтор (ба %) дар таркиби концентрати апатити кони нимчазираи Колск – 2,6-3,1; дар концентрати апатити кони Ковдор – 0,9-1,0; дар фосфоритҳои кони Қаратау – 2,8-3,0; дар фосфоритҳои кони Кингисепп – 2,7; дар фосфоритҳои кони Вятск – 2,2-3,2; дар фосфоритҳои кони Егорев – 2,9-ро ташкил медиҳад.

Фосфоритҳои иёлотҳои Флоридаи ИМА дар таркибаш то 4 % фтор, кони Марокаш – 2,1-2,6 % ва захираи Алҷазира – 2,3-2,6 % фтор дорад. Қисми зиёди ашёҳои фосфоритӣ (80-90 %) дар таркибашон 2,5-3 % фтор доранд, ё ин ки ба ҳар 1 тонна P_2O_5 80-110 кг фтор рост меояд. Дар раванди истеҳсоли кислотаи ортофосфат аз маъданҳои фосфордор дар корхонаҳои истеҳсоли ҳар сол то 4 млн. тонна фтор ҷудо мешавад.

Конҳои фосфоритӣ аз сабаби ташаккули ба ҷинсҳои таҳшинӣ, ки дар минтақаи ҳавзаҳои баҳрӣ пайдо шудаанд, ба вуҷуд меоянд. Ин равандро метавон ба се шакл асосӣ тақсим намуд. Шакли якум фосфоритҳои платформагӣ, дуҷум фосфоритҳои геосинклиналӣ, кони фосфоритҳои метаморфӣ ба шумор мераванд. Аз ҷиҳати андоза ду шакли аввала дар навбати худ боз ба се зершакл ҷудо мешавад: фосфоритҳои пайваस्तбуда ё инки куррашакл (аз ҳисоби ҷаъшавии боқимондаи организмҳои зинда – асосан обсабзҳо дар ҷойи ҳавзаҳои баҳрӣ), ғурушамонанд ва хурдандоза (микрзернистые) [8].

Маъдани фосфоритии ҳавзаҳои Қаратау аз 45 манбаъ истихроҷ карда мешаванд ва онро ба се гурӯҳи асосии саноатӣ ҷудо мекунанд: маъдани ғанӣ, маъдани муқаррарӣ, маъдани пастсифат [9].

Конҳои Ҷанатас ва Кокҷон дорои маъдани фосфоритии ғанӣ буда, ба ҳисоби миёна дар таркибашон (% масс.): P_2O_5 – 28,2-30,1, SiO_2 – 7-10, CO_3^{2-} – 4-8, CaO – 47, MgO – 2,5-3,5, Fe_2O_3 – 1-1,5, Al_2O_3 – 1 доранд ва ин имкон медиҳад, ки онҳо бо усули кислотагӣ коркард шаванд.

Конҳои Чулактау, Ҷанатас ва Коксу асосан аз маъданҳои карбонатсилитсигӣ, силитсигӣ ва пелитоморфӣ-силитсигӣ, ки микдори зиёди боқимондаи ҳалнашаванда (15-25%) ва микдори камтар карбонатҳо (5-7%

CO_3^{2-}) доранд, иборатанд. Маъдани ин конҳо ба гурӯҳи маъданҳои муқарарӣ тааллуқ дошта, то 21-25% оксиди фосфор дороянд. Конҳои Оқсой ва Кокчон бо маъданҳои дорои миқдори бештар карбонатҳо (8-10% CO_3^{2-}) ва миқдори камтари оксиди силитсий (10-15% SiO_2) фарқ мекунанд.

Пайвастагии асосии таркиби фосфоритҳои истифодашаванда $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ аст, ки дар таркиби минералҳои гурӯҳи апатитӣ тавассути формулаи умумии $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaX}_2$ (дар ин ҷо X – F-, Cl-, OH-) ифода мешавад. Фосфоритҳо аз апатитҳо аз рӯи таркиби химиявӣ бо ҷойивазкуниҳои гуногун дар панҷараи кристалии минерали фосфати калсий фарқ мекунанд.

Дар таркиби фосфоритҳо, ғайр аз фосфат, минералҳои кварс, шпати саҳроӣ, калсит, доломит, глауконит ва халседон низ вучуд доранд. Дар таркиби фосфоритҳои Қаратау, ба миқдори кам, пайвастагиҳои органикӣ ҳам вучуд доранд. Ғайр аз ин, пайвастагиҳои оҳан дар шакли маъдани оҳани бур (омехтаи гидроксидҳои оҳан бо формулаи умумии $(n\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$), пирит (FeS_2) ва синерит (FeCO_3) низ эҳтимолан мавҷуданд. Таркиби миёнаи минералогӣ ва химиявии маъдани конҳои ҳавзаи Қаратау дар ҷадвали 1.3 оварда шудааст.

Ҷадвали 1.3 – Таркиби миёнаи минералогӣ ва химиявии маъдани конҳои ҳавзаи Қаратау

Компонентҳои асосӣ	Конҳо				
	Оқсой	Чулактау	Ҷанатас	Кокчон	Коксу
Таркиби минералогӣ, %масс.					
Фторкарбонатапатит	60,2	62,7	63,1	63,5	63,0
Халседон, абрак	12,0	13,1	16,1	9,0	16,6
Доломит	12,6	12,7	12,8	14,2	9,1
Калсит	3,6	2,5	2,1	5,4	
Шпати саҳроӣ	4,5	3,5	3,4	4,4	5,2
Таркиби химиявӣ, % масс.					
Оксиди фосфор (V)	24,0-26,0				

Дуоксиди карбон	8,40	8,10	6,30	8,32	6,37
Сулфидҳо	0,15-0,25				
Фтор	2,0-3,0				
Оксиди калсий	40,59	40,39	39,77	44,15	40,00
Оксиди магний	3,30	3,30	2,40	2,65	1,88
Оксиди оҳан (магнетит)	1,0-2,0				
Оксиди алюминий	1,5-2,5				

Кислотаи ортофосфат ва нуриҳои фосфориро бо усули таҷзияи кислотагии фосфоритҳо, истеҳсол мекунанд [14].

1.2. Усулҳои асосии ҳосил намудани пайвастиҳои фтордор

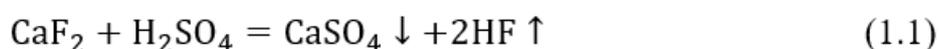
Дар истеҳсолот, фториди гидрогенро асосан бо усули таҷзияи фториди калсий бо кислотаи сульфати концентронида ва тозакунии минбаъдаи маҳсулоти нимтайёр бо кислотаи сульфат, ректификатсияи маҳсули конденсатсия ҳосил мекунанд. [15-22].

Истеҳсоли HF чунин амалиётҳо дар бар мегирад (схема) [23]:



Дар саноати истеҳсоли кислотаи гидрогенфторид, асосан концентрати флотатсионии флюоритро, ки аз 92 то 98 % CaF₂ дорад ва кислотаи сульфати концентронида (зиёда аз 95 %) истифода мебаранд.

Раванди истеҳсоли HF дар саноат чунин аст [24, 25]:



Тозагии концентрати флюорити флотатсионӣ, ба раванди истеҳсолот

таъсири зиёд мерасонад. Ҳузури оксиди силитсий, калсит, пайвастагиҳои сулфур ва намӣ боиси ташаккули моддаҳои иловагӣ мегардад, ки ба самаранокии равандҳои технологӣ таъсири манфӣ мерасонад. Барои истеҳсоли 1 тонна HF, ба ҳисоби миёна 2,3-2,5 тонна флюорит ва тақрибан се тонна кислотаи сулфат зарур аст. Дар ин раванд 4 т сульфати калсий (фторангидрит, фторигипс) – ҳосил мешавад, ки дар таркибаш то 1,5 % флюорити таҷзиянашуда, 1,5-2 % боқимондаи кислотаи сулфат ва то 1 % фториди гидроген боқи мемонад.

Айни замон, барои таҷзияи флотоконцентрати флюорит бо кислотаи сулфат, печҳои кубуршакли даврзанандаи аз хулаи инконел сохташударо истифода мебаранд, ки дорои кунҷи тамоили то 2° , суръати даврзании 0,5-2 давр/дақ, ғафсии девораш 15-25 мм буда, ҳарорати раванд $350 - 450^\circ\text{C}$ -ро ташкил медиҳад. Газҳое ки дар ин раванд ҳосил мешаванд, асосан аз 95 % фториди гидроген, 4% ҳаво ва 1 % ғашҳои SiF_4 , H_2SO_4 , SO_2 , CO_2 иборат мебошад [25, 26].

Печ бо гармкунаки газии беруна мучаҳҳаз шуда, вобаста аз ҳарорати газҳои хориҷшаванда, минтақаи гармшавӣ шартан ба се қисм тақсим карда мешавад, аз қабилӣ: минтақаи боркунии ашёи хом (қисмати болоии печ), $T_1 = 350-380^\circ\text{C}$; минтақаи корӣ (қисми марказии печ), $T_{2-3} = 400-450^\circ\text{C}$; минтақаи холикунии ашё (қисмати ниҳоии печ), $T_4 = 380-440^\circ\text{C}$.

Зинаи аввали истеҳсоли фториди гидрогени беоб бо усули таҷзияи кислотагии концентрати флотатсионии флюорит, суфтакунӣ ва хушккунии флотоконцентрати флюорит ба шумор меравад. Баъд аз ин, кислотаи сулфати дорои концентратсияи лозима аз олеум ва кислотаи даврзананда омода карда мешавад.

Минбаъд концентрати флюорит ва кислота дар омехтакунаки шнекӣ пешакӣ омехта карда мешавад. Дар чараёни мазкур, бо мақсади беҳтар чудо шудани F аз массаи реаксионӣ, миқдори кислота нисбат ба арзиши стехеометрӣ даҳ – понздаҳ фоиз зиёдтар истифода бурда мешавад.

Ғайр аз ин усули дигари истеҳсоли фториди гидроген мавҷуд буда,

массаи реаксионӣ, ки қаблан дар таносуби 1:1 ($\text{H}_2\text{SO}_4:\text{CaF}_2$) омехта карда шудааст, дар ҳарорати 95-250 °C гузаронида мешавад.

Ғурушаҳои ҳосилшуда ба печи даврзананда барои коркарди сулфаткунонӣ равона карда мешаванд. Ангидриди фторогипс, ки аз печ мебарояд, лойоба карда шуда, бо охакоба нейтралізатсия карда мешавад. Муҳимаш ҳарорати раванди сулфаткунонӣ, муътадил нигоҳ дошта шавад [27, 28].

Омехтаи газҳои ҳосилшуда аз маводҳои зерин иборатанд: (H_2O ; SO_2 ; SiF_4 ; S; CO_2), ҷанги баланддисперсии ба реаксия дохил нашудаи CaF_2 , сулфати калсии ҳосилшуда ва буғҳои кислотаи сулфат аз кура барои тоза намудан бароварда мешаванд. Гази тозашудаи HF дар конденсатори бо шиддат хунукшаванда, ба ҳолати моеъ оварда мешавад, дар натиҷа фториди гидрогени 98 % ҳосил мешавад, ки баъд аз ин дар ду зина ректификатсия шуда, дараҷаи тозагиаш то 99,95-99,98% мерасад. Барои зиёд намудани дараҷаи ҷудошавии фтор аз таркиби флотоконсентрати флюорит дар институти политехники Томск як қатор корҳо [29, 30] оид ба таҳқиқи раванди сулфаткунонии флюорит, зери таъсири қувваи ҷараёни тағйирёбандаи шиддати саноатидошта, бо мақсади ҳосил намудани гармӣ дар массаи реаксионӣ, барои тезонидани суръати реаксия гузронида шуданд. Аҳамияти амалии ин кор душворихои ба худ хосро дорад, зеро дастгоҳҳои ба муҳитҳои агресивӣ устуворро талаб мекунад.

Усули пирогидроллиз яке аз роҳҳои дигари истеҳсоли гази гидрогенфторид ба шумор меравад [31]. Усули мазкур зери таъсири ҳарорати баланд, тибқи реаксияи зерин сурат мегирад:



Пирогидролизи SiF_4 бо ду усул амалӣ шуда, мувофиқи зинаи аввал, газ аз маҳлули NaF бо ҳосилшавии NaHF_2 гузаронида мешавад; дар 101 °C фишори буғи HF ~54 Па [31]. Бо усули дуюм, HF тавассути тағйири мувозинати термодинамикӣ ҷудо карда мешавад [1]. Барои партовҳои дисперснокиашон баланд ин усул номусоид аст.

HF-и беоб аз фторосиликатҳо (SiF_4 , H_2SiF_6 , Na_2SiF_6) бо H_2SO_4 ҳосил мешавад. SiF_4 дар абсорбер бо об сорбсия шуда, КГСФ медиҳад. Он бо 60 % H_2SO_4 дар 18 °C HF (96 %) медиҳад. HF аз SiO_2 ҷудо ва дар 130-150 °C ректификатсия мешавад [32, 33].

Нақшаи технологӣ:

- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SiF}_6 \rightarrow \text{SiF}_4$ (газ);
- десорбсияи HF дар 130-170 °C;
- гидролизи SiF_4 , ҷудо кардани SiO_2 , баргардонидани H_2SiF_6 ;
- конденсатсияи HF беоб;
- хушккунии газҳо бо H_2SO_4 .

Дар натиҷа H_2SO_4 70-80 % бо 0,3-0,4 % F ҳосил мешавад – барои таҷзияи апатит мувофиқ аст.

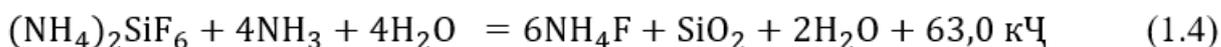
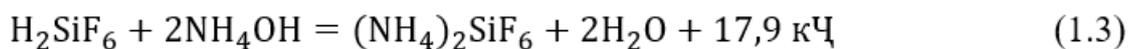
Дар Полша HF беоби 99,9 % аз H_2SiF_6 бо иқтидори 500 т/сол истеҳсол мешавад. Реаксияи фторосиликатҳо ва кислотаи сулфат бо ҳосилшавии SiF_4 , HF, сулфатҳо ва гидросулфатҳои мувофиқ мегузарад.

Таъсири мутақобилаи СФН бо миқдори изофаи H_2SO_4 -и концентрониди дар ҳарорати 300 °C бо ҳосилшавии сулфати натрий мегузарад, ки онро барои ҷудо намудани СФН аз КГСФ истифода намудан мумкин аст. HF ва SiF_4 , ки дар фазаи газӣ ҳосил мешаванд, чӣ хеле ки дар боло қайд шудааст, ҷудо карда мешаванд ва SiF_4 -и абсорбсияшуда, бо кислотаи сулфати сероб коркард мешавад.

Истеҳсоли HF аз КГСФ ва дигар фторосиликатҳо харчи зиёдро дар бар мегирад, дар ҳоле ки баромади маҳсули ниҳой кам аст, барои ҳамин онро танҳо дар он ҷойҳое татбиқ намудан мумкин аст, ки кислотаи фторид истеҳсол карда мешавад ва кислотаи сулфати сероб низ муштариҳои худро меёбад. Илова бар ин таҷҳизоти истеҳсоли доимо дар зери хатари карозияшавӣ қарор доранд.

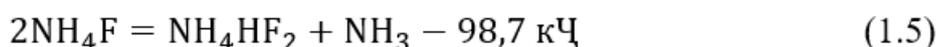
Таҳқиқотҳои зиёде оид ба ҳосил намудани фториди гидроген аз NH_4F ва NH_4HF_2 тавассути NaHF_2 ва KHF_2 бо усули таҷзиякунии ҳароратӣ ё ин ки таъсири мутақобилаи кислотаҳо бо NaHF_2 ва KHF_2 гузаронида шуданд. Раванди ҳосилшавии HF аз бифториди аммоний тавассути зинаи синтез ва таҷзияи бифториди металлҳои ишқорӣ дар қори [34] омӯхта шудааст.

КГСФ-и концентратсияш 10-16 % бо аммиакоб дар ҳарорати 25 °С бо хунуккунии мунтазам, нейтрализатсия ва гидролиз карда мешавад.



Барои полоиши дуоксиди силитсийи аморфӣ прессфилтрҳоро истифода мебаранд. Филтрат аз 10-15 % NH_4F ва 0,05-0,1% SiO_2 иборат аст.

Маҳлули филтршудаи NH_4F бо дигар муҳлулҳои фториди амонийдор омехта карда шуда ба буғронӣ ва таҷзиякуни равона карда мешавад, ки муодилаи реаксияш чунин аст:

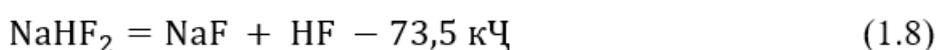
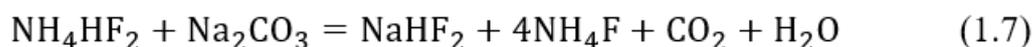


Пас аз полоиш ва шустани NaHF_2 , ҷудо намудани SiO_2 ва тозакунии аз фосфор, қисмати моеъ буғронӣ ва таҷзия карда мешаванд. Аммиаки газшакл, ки ҳангоми буғронӣ ҳосил мешавад, дошта гирифта шуда аз нав ба раванд баргардонида мешавад.

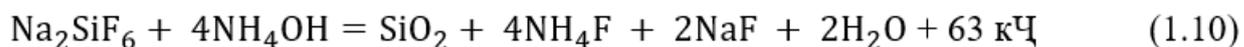
Баъди буғронӣ ва хунуккунии маҳлул (дорои таркиби 54-57 % NH_4HF_2 ; 21-24 % NH_4F) бо мақсади пешгирии кристалшавии фториди аммоний серобкардашуда ба зинаи конверсия бо NaF -и даврзананда, равона карда мешавад:



Маҳлули ҳосилшуда дар таркибаш 36-40 % NH_4HF_2 ва 11-18 % NH_4F дорад. Барои гузаронидани реаксия, миқдори NaF -ро аз меъёри стехиометрӣ зиёдтар гирифтани лозим, бар замми ин ҳам дараҷаи конверсия 55-60 %-ро ташкил медиҳад. Одатан паст будани фаъолнокии химиявии NaF аз сабаби нисбатан кам будани сатҳи хосаш барои гузаронидани конверсия дар истеҳсолот мувофиқ нест, барои давом додани раванд маҳсулоти махсусро мувофиқи реаксияҳои зерин ҳосил намудан лозим аст:



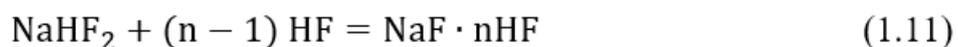
NaHF_2 ва NaF ҳосилшударо полоиш намуда, тавассути буғи намнок дар таҷҳизоти буғронӣ шӯста, дар ҳаво ва кураи махсус мехушконанд. Қисман ҷудо намудани SiO_2 -и аморфӣ ва Р зери таъсири аммиакоб амалӣ мешавад:



Филтрат ва оби барои шустан истифодашуда, ба раванди буғронӣ интиқол дода мешаванд. Бифториди натрийи поилоишшуда дар таркибаш 61-62 % NaHF_2 , 22-28 % $\text{NaF} + \text{NaHF}_2$ ва Na_2SiF_6 ва тақрибан 1 % NH_4F , аз 12 то 14 % намӣ дорад [1].

Аз сабаби хеле зиёд будани буғҳои HF дар сатҳи NaHF_2 хушконида ни оро душвор мегардонад, аз ҳамин сабаб барои чудо намудани намӣ, равандро бо истифодаи ҳавои ҳарораташ 110 °C дар кураи даврзанандаи барабани аз берун гармшаванда мегузaronанд. Намнокии маҳсулоти хушкшуда аз 0,4-0,5 % зиёд нест. Дар раванди хушконида то 5 % HF ва 50 % намакҳои аммоний аз таркиби бифториди натрий талаф меёбанд.

Бифториди натрий баъди хушконида дар ҳарорати 300-350 °C ба раванди таҷзиякунӣ ($4\text{NaHF}_2 = 4\text{NaF} + 4\text{HF}$) ба кураи даврзанандаи аз берун гармшаванда, равона карда мешавад. Барои бартараф намудани имконияти гузариши реаксияҳои номатлуби раванди ҳосилшавии полифторидҳо маводе, ки ба кураи ворид карда мешавад, бояд ҳарораташ аз 90 °C зиёд набояд.

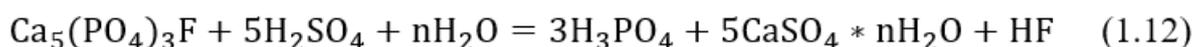


Ҳангоми риоя накардани ин шароит, раванди ҳосилшавии полифторидҳо ва саҳтшавии массаи реаксионӣ ба амал меояд. Дар ин ҳолат барои HF тақрибан 92 %-ро ташкил дода, дорои ҳарорати 250-300 °C мебошад ва дар таркибаш то 80 % HF дорад. Баъдан омехта ба скруббери муҷаҳаз бо мулҳақа (насадочным устройством) барои тоза намудани ғашҳои намакҳои аммоний ва чангҳо, ки аз қисми болояш кислотаи фториди 70 % поида мешавад, интиқол меёбад. HF-и 96-98 %, ректификатсия шуда, тозагии он то ба 99,9 % расонида мешавад. Норасоии усул ба талафёбии як қисми HF дар зинаи хушконидаи бифториди натрий вобаста мебошад.

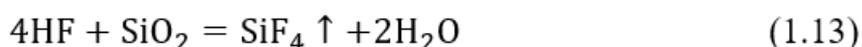
Дар баробари усулҳои номбаршуда, инчунин усули дигари ҳосил намудани HF вуҷуд дорад, ки он бо роҳи таҳшин намудани намакҳои турши фтордори металлҳои ишқорӣ ва минбаъд таҷзия намудани онҳо дар ҳарорати 300-500 °C [35] амалӣ карда мешавад, ки дорои норасоии зиёд низ мебошад.

1.3. Ҳосилшавии кислотаи гидрогенсилитсийфторид (КГСФ) дар истеҳсолоти нӯриҳои фосфорӣ

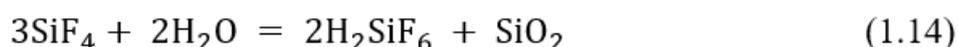
Дар истеҳсолоти муосир, ҳангоми таҷзияи ашъи хоми фосфоритӣ нисбати кислотаи нитрат кислотаи сулфат бештар истифода бурда мешавад [15]. Амали муҳимтарине, ки ҳангоми таҷзияи апатит ё фосфорит тавассути кислотаи сулфат арзёби мешавад, ин чудошавии кислотаи фосфат ва сулфати калсий ба шумор меравад [36].



Ҳангоми таҷзияшавии ашъи хоми фосфоритӣ, фториди гидроген бо дуоксиди силитсий таъсир намуда, пайвастагии газии SiF_4 -ро ҳосил мекунад:



Минбаъд, чорфториди силитсий бо об ва HF таъсир намуда КГСФ-ро ҳосил мекунад:



КГСФ фторсиликатҳои калий, натрий, алюминий ва оҳанро ҳосил мекунад [37]. Ҳангоми истеҳсоли КФЭ фтор дар се фаза – моеъ (КГСФ), газ (SiF_4 , HF, PO_2F , HPF_6) ва сахт (фосфогипс) тақсим мешавад [38, 11, 39]. Танҳо 13-20 % фтор бо усули абсорбсия хориҷ гардида, боқимонда ба маҳсулот ва муҳити зист мегузарад [40].

Дар ҷадвали 1.4 тақсимшавии фтор оварда шудааст [4].

Ҷадвали 1.4 – Тақсимшавии фтор дар байни фазаҳо вобаста аз намуди ашъи хоми фосфоритӣ

Ашъи хом	Тақсимшавии фтор, %		
	кислота	фосфогипс	фазаи газӣ
Концентрати апатити Колск	73	15	12
Фосфоритҳои Флорида	52	45	-
Фосфоритҳои Марокаш	50	47	33

Як гуруҳ олимон бо роҳбарии Зотов Б.Г. раванди тақсимшавии фторро

дар байни фазаҳо ҳангоми коркарди маъданҳои фосфоритӣ, аз ҷумла апатит дар шароити таҷрибавӣ ва саноатӣ муфассал омӯхтанд (ҷадвали 1.5) [15].

Ҷадвали 1.5 – Тақсимшавии фтор дар байни фазаҳо вобаста аз усули ҳосил намудани КФЭ

Усули ҳосил намудани КФЭ		Тақсимшавии фтор, %		
		Фазаи моеъ	Фазаи сахт	Фазаи газӣ
Дигидратӣ (30-33% P ₂ O ₅)	65-70 °C	75-80	21-23	2-4
	75-80 °C	71-75	13-17	8-16
Нимгидратӣ (лаб. 80-85 °C)	C _к =41-45% P ₂ O ₅	36-40	24-26	32-38
	C _к =47-50% P ₂ O ₅	25-26	28-32	44-45
Нимгидратӣ (нимсаноатӣ 88-90 °C)	C _к =42-44% P ₂ O ₅	30-32	31-34	32-37
	C _к =44-45% P ₂ O ₅	43-45	22-24	29-34
Ангидратӣ (45-47 % P ₂ O ₅)	95-105 °C	17-23	15-16	61-68
	110-122 °C	7-12	6-8	80-87

Дар истеҳсоли КФЭ аз апатит бо усули дигидратӣ, ҳангоми зиёд намудани концентратсияи H₂SO₄ дар таркиби лойоба, миқдори пайвастиҳои фтордор каме коҳиш меёбанд. Зиёдшавии концентратсияи кислотаи фосфат ба концентратсияи фтор дар фазаи моеъ таъсир расонида наметавонад.

Ҳангоми паст шудани ҳарорат, фтор бештар ба фазаи сахт мегузарад. Дар усули нимгидратии истеҳсоли кислотаи фосфат, миқдори фтор дар фазаи моеъ аз P₂O₅ ва SO₃ вобаста буда, афзоиши онҳо (38-48 % P₂O₅ ва 1-4 % SO₃) фторро аз 1,4 то 0,9 % коҳиш медиҳад. Аз фазаи моеъи дорои 40-50 % P₂O₅ таҳшини гипс + силитсийфториди калий ҳосил мешавад; аммо бо истифодаи H₂SO₄ концентронида, K₂SiF₆ қариб пурра нест мешавад [41].

Дар усули ангидритӣ низ фтор аз концентратсияи P₂O₅ ва H₂SO₄ вобастагӣ дорад. Дар усули дигидратӣ, 64 % фтор (52,4 кг/т P₂O₅) ба КГСФ ва 8 % ба фазаи газӣ мегузарад. Дар усули нимгидратӣ баромади газ то 12,3 % ва КГСФ то 51,5 % кам мешавад. Оид ба тақсимшавии фтор дар байни фазаҳо ҳангоми истеҳсоли КФЭ бо усули дигидратӣ ва нимгидратӣ аз фосфоритҳои Қаратау дар ҳарорати баланд дар ҷадвали 1.6 оварда шудааст [42].

Чадвали 1.6 – Тақсимшавии фтор дар байни фазаҳо ҳангоми коркарди фосфоритҳои Қаратау

Усули ҳосил намудани КФЭ	Тақсимшавии фтор дар байни фазаҳо, %					
	Фазаи моеъ		Фазаи сахт		Фазаи газӣ	
	Аз миқдори умумӣ	F дар КФЭ	Аз миқдори умумӣ	F дар фосфогипс	Аз миқдори умумӣ	кг F дар 1 т P ₂ O ₅
Дигидратӣ, t – 90-95 °C, P ₂ O ₅ – 22-24%	78,3	2	11,6	0,35	10,1	9,1
Нимгидратӣ, t – 92-99 °C P ₂ O ₅ – 33-35 %	50,7	2,05	35,1	0,7	14,2	16,3
P ₂ O ₅ – 38-39 %	36,1	1,39	32,3	0,7	31,6	34,7

Зимни истеҳсоли КФЭ бо усули дигидратӣ аз фосфоритҳои Қаратау 78 %-и F ба таркиби КФЭ, 10% ба фазаи газӣ ва 11-12% дигар ба гипс мегузарад.

Гуруҳи олимон дар корҳои [43, 44] тақсимшавии фторро дар КФЭ бо усули дигидратӣ, ҳангоми пешаки омехта намудани он бо кислотаи сулфат омӯхтанд. Таҳқиқотҳо (чадвали 1.7) нишон медиҳанд, ки агар кислотаи сулфат илова нашавад, миқдори F дар кислотаи фосфат 1,8-2 % мемонад; дар ғайри ҳол, миқдори фтор ба 0,7-1,0 % коҳиш меёбад.

Чадвали 1.7 – Тақсимшавии F байни фазаҳо ҳангоми истеҳсоли КФЭ бо усули дигидратӣ дар вақти омехта намудани кислотаи фосфат ва кислотаи сульфати бозгардонидашуда ($C_{\text{КФЭ}} = 28-32\%$, таносуби фазаҳои C:M=1:2, t=75-80 °C)

Давомнокии раванди омехтакунии, дақиқа	Тақсимшавии фтор дар байни фазаҳо, %					
	Ҳарорати омехтакунии, °C					
	90		103		112	
	Фазаи моеъ	Фазаи газӣ	Фазаи моеъ	Фазаи газӣ	Фазаи моеъ	Фазаи газӣ
5	56-61	25-27	53-56	30-32	52-55	31-33
10	53-61	31-31	50-52	34-35	44-46	40-41
15	46-51	35-39	41-46	40-41	38-41	45-47
20	41-46	40-44	39-42	44-47	35-42	46-50
Эзоҳ: 14-15 %-и фтор ба фазаи сахт (фосфогипс) мегузарад						

Кислотаи фосфати бо усули дигидратӣ ҳосилшуда, ки 24-29 % P_2O_5 ва 1,0-2,0 % пайвастагиҳои фтордор дорад, хангоми буғронии он 50-90 % F-ро ба фазаи газӣ мегузаронад. Концентратсияи F дар газҳои хориҷшаванда 6-8 г/м³ буда, барои ҳар 1 т P_2O_5 , 50 кг F ҷудо мешавад [42, 44-54].

Дар корҳои олимон оиди бефторгардонии КФЭ ва зиёд намудани суръати реаксия таҳқиқотҳои зиёдро анҷом додаанд, аз ҷумла коркард бо буғи гарм, зиёд намудани концентратсияи кислота, зиёд намудани ҳарорати раванд, буғронӣ дар шароити вакуумӣ ва илова намудани SiO_2 -и фаёл [48].

Илова намудани SiO_2 -и фаёл, H_2SO_4 ва коркард бо буғи гарм, таъсири мусбати худро ба раванд хангоми аз 40 % зиёд будани концентратсияи P_2O_5 расонида метавонанд. Дар ин вақт таҷзияшавии пайвастагиҳои комплекси фторалюминий ва кислотаҳои фторфосфорӣ ба амал меояд. Таъсири SiO_2 дар ҷудошавии SiF_4 дар фазаи газӣ зоҳир гашта, ин боиси лағжидани мувозинат дар байни пайвастагиҳои гуногуни фториди таркиби кислотаи фосфат ба самти ҳосилшавии пайвастагиҳои устуворияшон камтар мегардад.



Таъсири буғ боиси гидролизшавии пайвастагиҳои фтордор ва ҷудошавии онҳо аз таркиби кислотаи фосфат мегардад. Илова намудани кислотаи сулфат, сабаби таҷзияшавии фторсиликатҳо аз ҳисоби ҳосилшавии пайвастагиҳои ноустувор дар ин шароит мегардад.

Хангоми истехсоли кислотаи фосфат бо усули нимгидратӣ, дар саршавии раванд таҷзияшавии пайвастагиҳои фторсиликатӣ бо ҳосилшавии SiF_4 -и газӣ оғоз мешавад, аммо раванд то охир намерасад, ва пайвастагиҳои фтордори боқимонда дар вақти буғронии минбаъда ҷудо мешаванд.

Дар усули дигидратӣ, таносуби массавии F, ки дар зинаҳои экстраксия ва буғронӣ ҷудо мешавад, 1:10 аст, дар ҳоле ки дар усули нимгидратӣ ин таносуб 1:4 мебошад. Дар ин ҳолат дар раванди нимгидратӣ аз сабаби истифодабарии абсорберҳои пуриктидор дар ҳарду зина бо ҳосилшавии КГСФ таҷҳизоти мураккаби газтозакуниро истифода намудан лозим аст, ё ин ки системаи иловагии коркарди партовҳои моеъи фосфордорро насб намудан

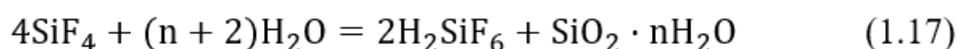
ЛОЗИМ АСТ.

Фтор асосан ҳангоми истеҳсоли КФЭ истеҳсол мешавад. Дар истеҳсоли нуриҳои комплексӣ, миқдори партовҳои фтордор хеле кам аст (2% аз ашёи хом) ва тозакунии амиқро талаб намекунад, зеро дар чунин технологияҳо маҳлул бозгардон мешавад [50, 51]. Мушкилоти кам кардани воридшавии фтор ба ҳок дар раванди ҳосилшавии кислотаи фосфат, хусусан дар зинаи буғронӣ, бо абсорбсия тавассути об ва ҳосилшавии КГСФ ҳал мешавад.

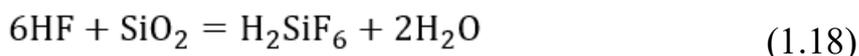
1.4. Ҳосилшавии кислотаи гидрогенсилитсийфторид дар истеҳсоли кислотаи фосфати экстракционӣ

Дар зинаи буғронии вакуумии раванди коркарди ашёи хоми фосфоритӣ, ба сифати маҳсулоти иловагӣ КГСФ-и 10-12 % ҷудо мешавад .

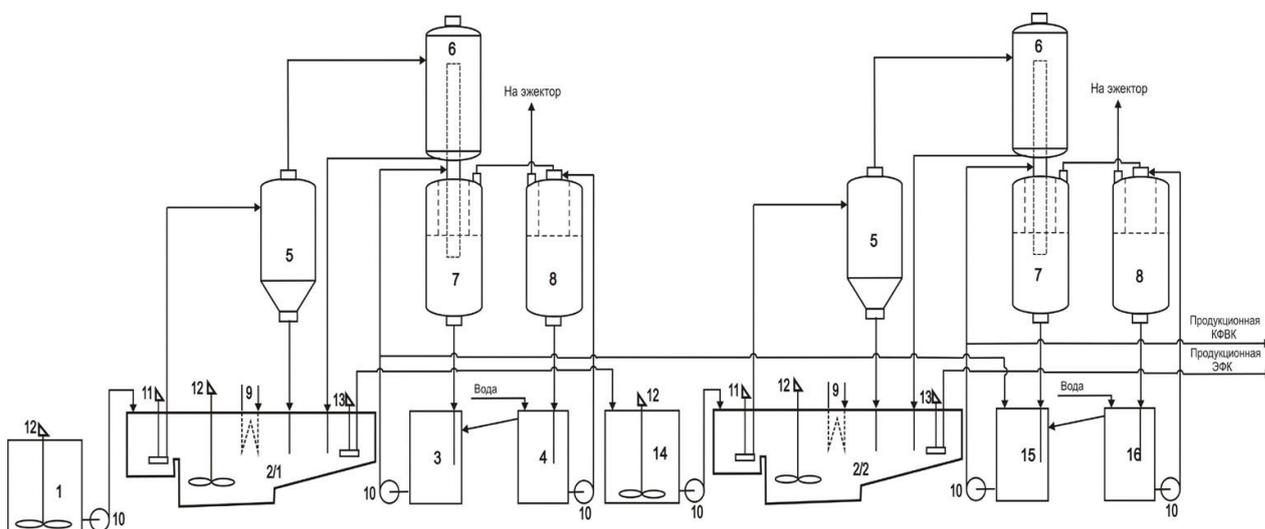
Дар марҳилаи аввали буғронии КФЭ, ки аз ашёи апатитӣ ҳосил шудааст, аз 28 то 48 % оксиди фосфор дорад ва таносуби HF/SiF₄ дар он аз 2 камтар аст, ва зимни ҳосилшавии миқдори изофии фторсилан, таҳшиншавии як қисми оксиди силитсий ба амал меояд:



Дар марҳилаи дуюми буғронии кислотаи фосфат (то С% = 52-54 Р₂О₅) дар фазаи газӣ, миқдори изофии гидрогенфторид ҳосил мешавад ва таносуби HF/SiF₄ дар таркиби КГСФ-и ҳосилшуда, аз 2 зиёд мешавад, ки ин боиси ҳосил шудани кислотаи нисбатан тозатар дар раванди омехта намудани КГСФ аз марҳилаҳои якум ва дуюми буғронӣ аз сабаби ҳалшавии оксиди силитсий дар кислотаи гидрогенфторид мегардад:



Ҳангоми омехта намудани маҳлулҳои КГСФ-и баъди марҳилаҳои якум ва дуюми буғронӣ ҳосилшуда, кислотае ба даст меояд, ки дар он таносуби HF/SiF₄ 1,6-1,9 буда, SiO₂ ҳам дар намуди ҳалшуда ва ҳам дар намуди сахт мавҷуд аст. Нақшаи технологии коркарди концентрати апатитӣ бо ҳосилшавии КГСФ дар расми 1.1 оварда шудааст



Расми 1.1 – Нақшаи технологи иستهсоли КГСФ зимни коркарди концентрати апатитӣ бо ҳосил намудани КФЭ.

1. Зарфи чамъкунандаи КФЭ – и сероб (28 % P_2O_5 , баъд аз филтронӣ), 2/1. Баки гармкунии кислотаи фосфат, зинаи якуми буғронӣ, 2/2. Баки гармкунии кислотаи фосфат, зинаи дуҷуми буғронӣ, 3. Зарфи чамъкунандаи КГСФ дар марҳилаи якуми абсорбсия (H_2SiF_6 – и 16-20 %), 4. Зарфи чамъкунандаи КГСФ дар марҳилаи дуҷуми абсорбсия (H_2SiF_6 – и 3-5 %), 5. Таҷҳизоти буғронии кислотаи фосфат, 6. Манораи дошта гирифтани қатраҳои кислотаи фосфат, 7. Манораи шуяндаи марҳилаи якуми абсорбсия, 8. Манораи шуяндаи марҳилаи дуҷуми абсорбсия, 9. Элементҳои гармкунӣ, 10. Насосҳо, 11. Насоси боркунии кислотаи фосфати баргардананда, 12. Омехтакунандаҳо, 13. Насоси боркунанда барои баровардани кислотаи фосфат, 14. Зарфи чамъкунандаи кислотаи фосфат баъди зинаи якуми буғронӣ, 15. Зарфи чамъкунандаи КГСФ дар марҳилаи якуми абсорбсия (H_2SiF_6 – и 16-20 %), 16. Зарфи чамъкунандаи КГСФ дар марҳилаи дуҷуми абсорбсия (H_2SiF_6 – и 3-5 %).

Кислотаи сероб баъди полоиш аз чамъкунак (зарф)-и 1 тавассути насоси 10 ба баки гармшавандаи 2/1 – зинаи якуми буғронӣ интиқол ёфта, ба воситаи элементи гармкунии 9 гарм карда мешавад. Он тавассути насоси 11 ба дастгоҳи буғронкунии вакуумии 5 интиқол гардида, омехтаи буғу газӣ ҳосилшуда, аз дастгоҳи буғронкунӣ ба зарфи 6 мегузарад, ки дар он ҷо қатраҳои КФЭ аз фазаи газӣ ҷудо карда мешаванд. КФЭ-и дар зарфи 6 ҷаъшуда, ба зарфи гармшавандаи 2/1 баргардонда мешавад, омехтаи буғу газ бошад, ба манораи шуяндаи 7 гузаронида мешавад ва дар он ҷо аз болои омехтаи газӣ, моеъи серобкунанда пошида мешавад, ки дар натиҷа КГСФ-и

16-20 % ҳосил мешавад, кислотаи ҳосилшуда аз зарфи 7 ба зарфи чамъкунандаи 3 гузаронида мешавад. Баъд маҳлул аз зарфи 3 ба зарфи 7, ки дорои моеъпошак аст, барои самаронок абсорбсия шудани газҳои фторидӣ, баргардонда мешавад. Пас аз ин боқимондаи омехтаи буғу газ ба манораи 8 гузаронида шуда, он ҷо бо маҳлули заифи КГСФ-и аз зарфи 4 воридшаванда, абсорбсия карда мешавад, маҳлули ҳосилшуда ба зарфи чамъкунандаи 3 фиристода шуда, дар ин вақт концентратсияи КГСФ тахминан 4 % аст. Мувофиқи нақша, зарфи 4 бо обе ки ҳаҷмаш бо ҳаҷми КГСФ аз зарфи 3 ба зарфи 15 (зинаи дуҷуми буғронӣ) воридшаванда баробар аст, обҳои мешавад.

Бузургии вакууме ки ба воситаи насосҳои буғӣ, барои буғронии кислотаи фосфат ва ҷудокунии газҳои фториди ҳосил карда мешавад, ба 10-13 кПа баробар аст. Газҳои фтордор ба таври иловагӣ дар конденсаторҳо ва абсорберҳо ба воситаи маҳлули заифи фтордор (миқдори F дар он на зиёда аз 2%) тоза карда мешавад ва баъд ба атмосфера сар дода мешаванд.

Баъди зинаи якуми буғронӣ, кислотаи фосфати ҳосилшуда, ки 40-42 % P_2O_5 дорад, ба воситаи насоси 13 ба зарфи мобайнии 14 дода мешавад, аз он ҷо ба воситаи насоси 10 ба зарфи гармшавандаи 2/2 – зинаи дуҷуми буғронӣ гузаронида мешавад ва дар натиҷа концентратсияи P_2O_5 ба 52-54% расонида мешавад.

Зинаи дуҷуми буғронӣ, ба зинаи якум монанд аст, баъди буғронии вакуумӣ, омехтаи буғу газ аз манораҳои қатраҷудокунанда ва шуянда гузаронида мешавад.

Манораи 7 бо маҳлули 4 % КГСФ тавассути насоси 10 аз зарфи 16 обҳои шуда, зарфи 16 дар навбати худ сероб гардонида мешавад ва он бо КГСФ-и заиф омехта шуда, ба марҳилаи якум – ба зарфи 15 мерезад, ки ба он ҷо инчунин КГСФ аз зарфи 3 – аз зинаи якум омада мерезад. Марҳилаи дуҷуми ҷудокунии фтор дар зинаи дуҷуми буғронӣ, тавассути обҳои (пошидани КГСФ-и сероб) фазаи газӣ дар манораи 7, ки аз зарфи 15 ворид мегардад, амалӣ карда мешавад. Минбаъд КГСФ-и 16-20% ба воситаи насоси 10 ба баки ногоҳдории маҳсулоти тайёр, равона карда мешавад.

Аз баки гармкунии зинаи дуҷуми буғронӣ 2/2, кислотаи фосфати дорои концентратсияи 52-54 % дошта P_2O_5 ба воситаи насос ба баки нигоҳдори равона карда мешавад, ки минбаъд барои истеҳсоли нуриҳои минералии фосфордор истифода бурда мешавад.

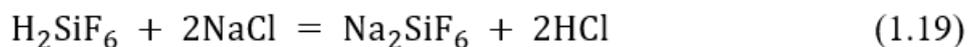
Пайваस्ताгиҳои фтордор, ки ҳангоми коркарди концентрати апатитӣ ҳосил мешаванд, имрӯз пурра истифода бурда мешаванд. Кислотаи фосфат, ки аз фосфоритҳои пастсифати Қаратау ва дигар манбаъҳо бо миқдори зиёди ғашҳо ҳосил мешавад, пас аз буғронӣ ва расонидани P_2O_5 то 37-38%, инчунин хунуккунӣ то 30-40 °С, ғафс мегардад. Дарачаи баромади фтор минималӣ буда, ҳосил намудани кислотаи фосфати концентратсияаш аз ин зиёд ғайри имкон аст [9, 10, 37, 53, 54-56].

1.5. Истеҳсоли силитсийфториди натрий аз кислотаи гидрогенсилитсийфторид

Дар саноати химия, барои истеҳсоли силитсийфториди натрий (СФН) аз КГСФ се усул: хлоридӣ, сулфатӣ ва содагӣ истифода бурда мешавад.

Безаргардонии КГСФ ва истеҳсоли СФН бо истифодаи маҳлули 25%-и NaCl тавсия дода мешавад [57-63]. Таркиби ғурушавии СФН вобаста ба шароити кристаллизатсия аст. Дар давомнокии илова намудани реагентҳо аз 0,5 то 6 дақиқа, кристалҳои СФН бо андозаи 10-60 мкм ҳосил мешаванд. Иловаи ионҳои Na^+ маҳлули СФН-ро сер мекунад, дар ҳоле ки ионҳои SiF_6^{2-} маҳлули носер мегузоранд. Омехтаи ҳарду маҳлул боиси кам шудани концентратсияи КГСФ аз 10 то 4% мегардад, ки ба ҳосилшавии кристалҳои калони СФН меанҷомад [64-68].

Барои дар фазаи саҳт пура ҷудо намудани СФН бояд миқдори хлориди натрийи иловашаванда нисбати ҳисоби стехеометрӣ 25 % зиёд бошад, муодилаи реаксия чунин сурат мегирад:



Ҳалшавандагии СФН аз миқдори NaCl вобаста аст: дар 25 °С 0,76 % Na_2SiF_6 ҳал мешавад, аммо бо мавҷудияти 2 % NaCl танҳо 0,1 % ҳал мегардад.

Кристалҳои СФН аз кислотаи силитсийи гелмонанд бо роҳи таҳшинкунӣ дар 30 дақиқа чудо мешаванд.

СФН дар реактори омехтакунӣ бо истифодаи NaCl ҳосил шуда, пас лойобаи СФН дар гидросиклон аз кислотаи силитсийи гелмонанд ва HCl чудо карда мешавад.

Лойобаи СФН-и сероб аз нав дар таҷҳизоти полоишӣ, филтр карда мешавад. Барои чудо намудани боқимондаи кислотагӣ, лойобаи СФН бо маҳлули сода коркард мешавад.

СФН-ро дар сентрифуга бо мақсади кам кардани боқимондаҳои NaCl то 0,2 % ва то 0,02 % HCl мешуянд минбаъд дар ҳарорати на зиёда аз 400 °C то намнокии як фоиз мехушконанд.

Барои истеҳсоли 1 т СФН, 0,725 т КГСФ ва 1,1-1,3 т NaCl лозим аст. Партовҳои ҳосилшуда иборатанд аз 1-4% HCl, 0,3-2% NaCl ва 0,15-0,2% Na₂SiF₆, ки бо оҳақоб безарар карда мешаванд [69-93].

СФН аз КГСФ бо истифода аз маҳлули 35%-и гидросулфити натрий чудо карда мешавад. Гази гидрогенхлориди ҳосилшуда, ба воситаи об фурӯ нишонда шуда, филтрате ки баъди чудо намудани СФН дорои тақрибан 11 % H₂SO₄ ва 2 % Na₂SiF₆ мебошад, барои таҷзияи кислотагии ашъи фосфоритӣ дар истеҳсоли кислотаи фосфат истифода бурда мешавад. Дар ин раванд, ҳангоми истеҳсоли 1 т СФН 1,4 т кислотаи хлорид чудо мешавад.

Ҳангоми истеҳсоли СФН бо усули сулфатӣ, H₂SO₄ ҳосил шуда, онро метавонанд барои сулфаткунони апатит истифода баранд:



Партовҳои истеҳсоли кислотаи HSO₃Cl (сулфат ва хлориди натрий) барои коркарди КГСФ истифода мешаванд [94, 95].

Дар корҳои оиди истеҳсоли СФН дар заводи химявии Константинов (Росия) бо усули сулфатӣ, истифодабарии маҳлули сулфати натрий оварда шудааст. Дар ин корхона раванди истеҳсолот ба якчанд зина чудо мешавад, аз қабилӣ: ҳалкунӣ сулфати натрий; деконтатсияи СФН, шустан, полоиши лойобаи СФН; хушконидан, майдакунӣ ва бастабандӣ [96-99].

Дар вақти тайёркунии маҳлули сулфати натрий, оби барои шустан истифодашуда ё маҳлуле ки дар абсорбер ҳосил мешавад истифода гардида, онро то ҳарорати 35-45 °С гарм мекунад, ки дар натиҷа маҳлули сулфати натрийи зичияш 1,26- 1,30 г/см³ ҳосил мешавад.

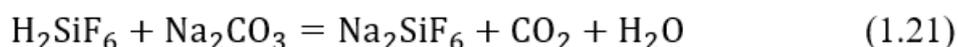
СФН дар реактор-кристаллизатори дорои омехтакунак ҳангоми ба миқдори барзиёд мавҷуд будани сулфати натрий (10 % барзиёд), ки талафотро кам мекунад, таҳшин мекунад.

Зинаи минбаъдаи раванд, ба зинаҳо зимни раванди хлоридӣ монанд аст, фақат бо таркиби партови моеъи ҳосилшуда фарқ мекунад, яъне: 6-12 % H₂SO₄, 1-2,5 % Na₂SO₄ ва 1,5 % Na₂SiF₆ ва оби барои шустан истифодашуда, дорои компонентҳои номбурда мувофиқан бо ҳиссаи массавии: 2.2 %; 0,6%; 0,6 %.

Дар натиҷаи таҳқиқотҳои гузаронидашуда, муайян карда шуд, ки ҳангоми ҳосил намудани 1 т СФН, 0,57 т кислотаи сулфат ҳосил мешавад. Таҳшин дар реактор бо 3-4 м³ об барои ҷудо намудани оксиди силитсий ва боқимондаи кислотагӣ шуста мешавад. Минбаъд маҳлуле, ки дар натиҷаи шустан ҳосил шудааст дар мудати 10-15 дақиқа таҳшин карда мешавад ва филтрат барои тайёр намудани маҳлули сулфати натрий интиқол меёбад.

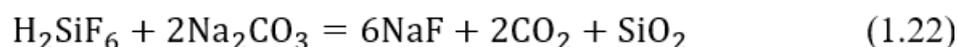
Лойобаи ҳосилшуда полоиш шуда, баъдан тавассути дастгоҳи интиқоли лентагӣ, холи карда мешавад ва ба кураи хушккунӣ фиристода мешавад, ки дар ҳарорати 350-400 °С хушк карда мешавад. СФН-и хушкшуда дорои ҳарорати 140-170 °С буда, минбаъд майда ва бастабанӣ карда мешавад [100].

Усули соддаи коркарди КГСФ чунин мебошад [101-104]:



Таносуби массавии компонентҳо яке аз талаботҳои асосии ин усул ба шумор меравад [105].

Ҳангоми барзиёд будани миқдори сода ба ҷои СФН фториди натрий ҳосил мешавад:



Оксиди силитсии аморфӣ ва фториди натрий, боиси ифлос шудани маҳсулоти истеҳсолшуда мегардад [106].

Барои ба роҳ мондани технологияи мазкур, муайян намудани таносуби боҳамтаъсиркунии реагентҳо, мудати вақти реаксия, ҳадди максималии чудокунии фтор ва ҳосилкунии СФН дорои дараҷаи муайяни дисперсноқӣ маҳлулҳои 17-18 %-и карбонати натрий ва 13 %-и КГСФ-ро истифода менамоянд. Реаксияро дар ҳарорати хонагӣ гузаронида, маҳлули ҳосилшударо бо филтр чудо намуда дар ҳарорати 105 °С хушк мекунанд. Ҳангоми тағйир додани мудати вақти реаксия аз 10 то 30 дақиқа, баромади СФН қариб, ки тағйир намеёбад (91-92 %). Бо риояи қатъии таносуби стехеометрӣ, маҳсулоти дараҷаи тозагии 99 % ҳосил мешавад. Агар сода зиёд ё камтар аз меъёри стехеометрӣ истифода шавад, дараҷаи тозагии маҳсулот ба 97-98 % коҳиш меёбад (ҷадвали 1.8).

Ҷадвали 1.8 – Таъсири миқдори сода ва мудати вақти реаксия ба дараҷаи тозагии СФН

Ҳиссаи массаи сода аз меъёри стехеометрӣ, бо %	Мудати вақти боҳамтаъсиркунии реагентҳо, бо дақиқа	Дараҷаи тозагии Na ₂ SiF ₆ -и ҳосилшуда
95	10	96,73
95	2	98,32
100	10	99,79
100	20	99,85
105	10	98,42
105	20	97,51

Ба дараҷаи дисперснокии СФН, бузургии давомнокии раванд таъсир расонида метавонад, зеро ҳангоми зиёд намудани вақти боҳамтаъсиркунӣ, андозаи кристаллҳо калон мешаванд.

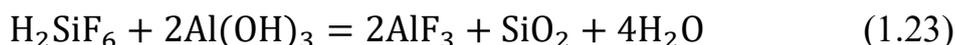
Ҳангоми коркарди КГСФ-и дорои оксиди силитсий, барои зиёд кардани суръати таҳшиншавӣ, онро бо маҳлули ишқори натрий ё сода то рН-и 0,2-3 нейтрализатсия намуда, 0,25-1 соат ором мегузоранд, ки дар натиҷа кристаллҳои СФН бо андозаи 40-60 мкм ҳосил мешаванд. Барои беҳтар кардани дараҷаи чудошавии СФН, КГСФ бо риояи таносуби стехеометрӣ ба маҳлули

карбонати натрий қисм-қисм илова мешавад: аввал 25-50 % дар муддати 20-30 дақиқа, баъд боқимондаи маҳлули карбонатро илова мекунад [23].

1.6. Технологияи ҳосил намудани фториди алюминий аз омехтаи

КГСФ ва кислотаи фторид

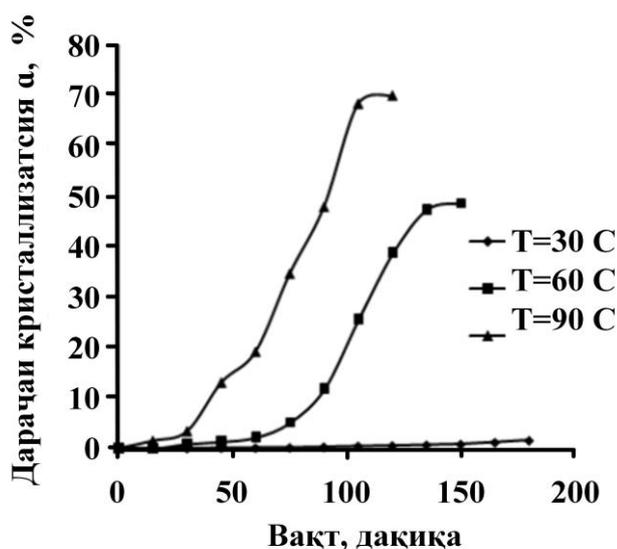
Кислотаи гидрогенсилитсийфторид бо гидроксиди алюминий таъсири мутақобила намуда, фториди алюминий ва оксиди силитсийро ҳосил мекунад:



Одатан дар саноат барои истеҳсоли AlF_3 аз КГСФ маҳлули 12-16 % истифода мешавад, зеро аз ин адад кам оксиди аморфӣ силитсийи фаъол ҳосил шуда, раванди полоишро душвор мегардонад ва аз ин зиёд боиси ҳосилшавии маҳлули сери фториди алюминий мегардад, ки ҳамроҳ бо SiO_2 ба таҳшин меафтад.

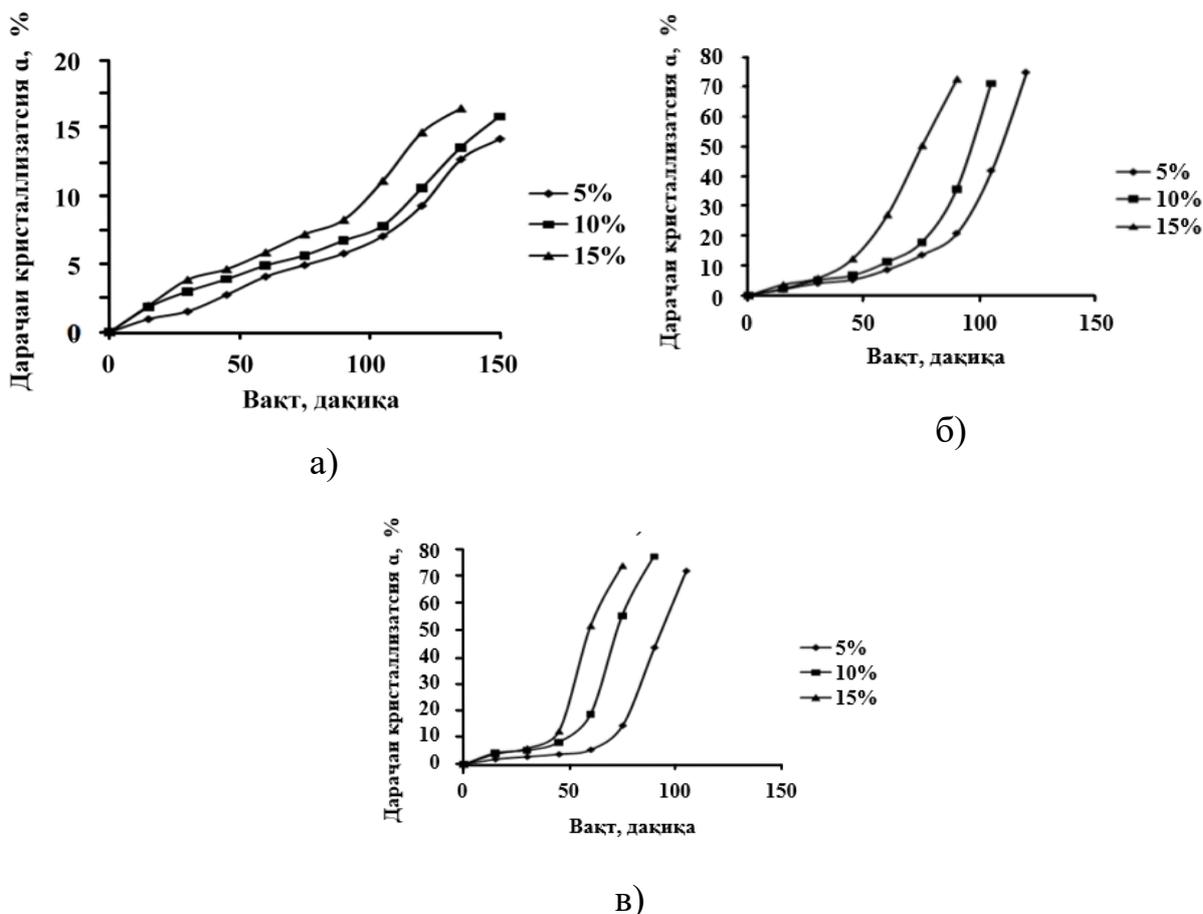
Оксиди аморфӣ силитсий дар таркибаш зиёда аз 90% об дошта, мувофиқи таҳлили термогравиметрӣ тақрибан 90%-и об дар 160 °C ва пурра дар 214 °C ба амал меояд.

Кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий вобаста аз ҳарорат ва давомнокии раванд дар расми 1.2 дарҷ гардидааст, ки дар шароити оптималӣ дараҷаи кристаллизатсия зиёда аз 70%-ро ташкил медиҳад.



Расми 1.2 – Дараҷаи кристалшавии AlF_3 зери таъсири ҳарорат ва вақтҳои гуногун

Дар расми 1.3. вобастагии кристаллизатсияи фториди алюминий аз консентратсияи КГСФ-и таркиби кислотаи фторид оварда шудааст.



Расми 1.3 – Дараҷаи кристаллизатсияи фториди алюминий зери таъсири давомнокӣ ва истифодаи омехтаи кислотаҳо дар ҳароратҳои гуногун: а) 30 °C; б) 60 °C; в) 90 °C.

Муайян карда шуд, ки суръати таҳшиншавии AlF_3 зиёд мешавад, агар миқдори H_2SiF_6 дар кислотаи фторид зиёд бошад. Агар ҳиссаи массаи КГСФ дар кислотаи фторид 15% бошад, дар муддати 1 соат 74% фториди алюминий кристаллизатсия мешавад, ки дар он ҳарорат бояд 60-90 °C бошад. Таҳқиқот нишон дод, ки истифодаи кислотаи фториди «тозанашуда»-и дорои то 15% кислотаи гидрогенсилитсифторид ба раванди кристаллизатсия таъсири манфӣ намерасонад ва имконият медиҳад кислотаи номбурдaro бидуни тозакунии пешакӣ барои истеҳсоли фториди алюминий истифода бурд [107].

Инчунин имконияти истеҳсоли AlF_3 аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз маъданҳои дорои минералҳои алюминий мавҷуд мебошад.

Масалан дар таҳқиқотҳои олимони [108] термодинамикаи таҷзияи гилҳои каолин бо омехтаи кислотаҳо мавриди омӯзиш қарор дода шудааст. Муайян карда шудааст, ки боҳамтаъсиркунии компонентҳои таркиби гили каолин бо HF-и таркиби КГСФ қиматҳои манфии энергияи Гиббс дошта, зиёд намудани ҳарорат ин қиматҳоро адади манфии зиёдтар медеҳад.

Мувофиқи адабиёт [109-115] боҳамтаъсиркунии гили каолин бо омехтаи кислотаҳо дар ду зина гузашта, дар зинаи аввал гилҳои таркиби каолинит бо кислотаи фторид ва дар зинаи дуюм бошад, боқимондаи ба реаксия наарафтаи КГСФ бо гидроксиди алюминий қоркард мешавад, масалан иқтибос: “На первой стадии оксид алюминия из состава каолиновой глины реагирует с плавиковой кислотой с образованием раствора фторида алюминия.... На второй стадии в оставшуюся КФВК добавляют гидроксид алюминия и получают раствор фторида алюминия и аморфного кремнезёма”. Дар ҳарду марҳила маҳлули фториди алюминий ҳосил шуда, пас аз ҳудо намудани боқимондаҳои саҳт маҳлули зерини ҳарорати зиёда аз 80 °C бо иловаи ҳокаи фториди алюминий кристаллизатсия карда мешавад. Дарачаи ҳудошавии фториди алюминий дар ин технология зиёда аз 80%-ро дар бар мегирад.

Дар баробари ин дар қори [116-118] технологияи қоркарди варақсангҳои мусковитдор бо омехтаи кислотаҳо омӯхта шуда, параметрҳои оптималии раванди таҷзия чунин мебошад: $t - 85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $C_{\text{HF}} - 10\%$, $\tau - 30$ дақиқа. Дар чунин ҳолат дарачаи таҷзия зиёда аз 70 %-ро ташкил медеҳад. Вобаста ба таркиби химиявии варақсангҳо минералҳои ралсонит ($\text{NaMgAl}(\text{F},\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$), хиратит (K_2SiF_6) ва малладрит (Na_2SiF_6) ҳосил мешавад, ки ин таҳқиқотҳо бо истифода аз усулҳои гуногуни таҳлил, тасдиқи ҳудро ёфтаанд. Боҳамтаъсиркунии гидроксиди алюминий бо КГСФ-и боқимондаи зерини ҳарорати 85 °C ва давомнокии 15 дақиқа гузашта, дарачаи ҳудошавии оксиди силитсийи аморфӣ зиёда аз 94% ва дарачаи кристаллизатсияи маҳлули фтордор бошад, мувофиқан зиёда аз 80%-ро дар бар мегирад.

Инчунин кинетикаи таҷзияи варақсангҳои мусковиту ставролитдори қори “Қурговад” бо омехтаи кислотаҳо омӯхта шуда, мувофиқи он энергияи

фаъолнокии раванди таҷзияи варақсангҳо бо кислотаи фторид 39,73 кҶ/мол, барои безаргардони боқимондаи КГСФ бо гидроксиди алюминий 37,94 кҶ/мол ва барои кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий 45,86 кҶ/мол – ро ташкил медиҳад [119, 120].

Хулоса оид ба шарҳи адабиёт ва масъалагузори кори илмӣ мазкур

Дар натиҷаи омӯзиши адабиёти илмӣ муайян гардид, ки дар ҷараёни истеҳсоли кислотаи фосфати экстраксионӣ ва нуриҳои минералии дорои фосфор, ҳамчун маҳсулоти иловагӣ КГСФ истеҳсол шуда, ба вазъияти экологӣ таъсири манфӣ мерасонад ва ин дар навбати худ ба вазъи иқтисодии корхона бе таъсир нахоҳад монд.

Тибқи маълумоти адабиёт, дар раванди коркарди КГСФ бо истифодаи моддаҳои чун гидроксиди алюминий, карбонат, хлорид ва гидроксиди натрий, имкон фароҳам меояд то фториди алюминий, оксиди аморфии силитсий ва силитсийфториди натрий истеҳсол карда шаванд.

Вобаста бар ин, бояд хотиррасон намуд, ки айни замон дар ноҳияи Ёвон корхонаи ҚДММ «ТАЛКО Кемикал» фаъолият намуда, барои истеҳсоли кислотаи сулфат, кислотаи фторид, фториди алюминий, криолит, нуриҳои фосфордор ва ғайраҳо нигаронида шудааст. Зимни фаъолияти максималии ин корхона, дар раванди истеҳсоли кислотаи фторид аз концентрати флюорит ҳамчун маҳсулоти иловагӣ – омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид (КГСФ) ва кислотаи фторид ҳосил мешавад, ки вазъи иқтисодию экологии корхона ва минтақаро халалдор менамояд. Аз ин рӯ, коркарди ҳамачонибаи омехтаи кислотаи гидрогенсилитсийфторид (КГСФ) ва кислотаи фторид бо мақсади ба даст овардани маҳсулоти арзишманде чун омехтаи силитсийфториди натрий (СФН) ва фториди натрий, фториди алюминий, оксиди аморфии силитсий, шишаи моеъ, криолит ва ғайра, яке аз масъалаҳои муҳими рӯз ба ҳисоб меравад.

Ҳамин тариқ, барои гузаронидани таҳқиқотҳо, корҳои зерин ба нақша

гирифта шуданд:

- Муайян намудани таркиби химиявии омехтаи мураккаби кислотаҳо, ки дар раванди технологӣ дар корхонаи «ТАЛКО Кемикал» ба вучуд меояд, ҳамчун марҳилаи ибтидоии таҳияи усулҳои истифодаи он.
- Асоснок ва амалӣ намудани раванди безаргардони омехтаи кислотаҳо бо реагентҳои натрийдор бо мақсади ба даст овардани маҳсулоти мақсаднок – омехтаи Na_2SiF_6 ва NaF .
- Аз нуқтаи назари термодинамикӣ асоснок намудани имконият ва самаранокии ҳосилкунии фториди алюминий дар натиҷаи безаргардони партовҳои силитсидор бо гидроксиди алюминий, таҳқиқи таъсири параметрҳои технологӣ ба ташаккули сохтори аморфии SiO_2 ва фазаи кристаллии AlF_3 , инчунин гузаронидани таҳлили кинетикии раванди коркарди маҳсулоти иловагӣ ва муайян намудани речаҳои оптималии кристаллизатсияи фазаҳои фторидӣ.
- Пешниҳод намудани усули самаранокии синтези криолит тавассути коркарди маҳлули фториди алюминий бо фториди натрий ва таҳияи шароити коркарди SiO_2 -и аморфӣ барои ба даст овардани шишаи моеъ бо хусусиятҳои истифодабарии муайян.
- Гузаронидани оптимизатсияи комплекси речаҳои технологӣ барои коркарди омехтаи КГСФ ва HF дар сатҳи саноатӣ, ки дараҷаи максималии ҷудошавии компонентҳои мақсаднок ва коҳиши партовҳоро таъмин менамояд.
- Лоихакашии схемаҳои принципалию дастгоҳӣ, ки коркарди партовҳои кислотагиро ба таври бехатари экологӣ ва захирасоз бо ҳосилкунии маводҳои серталаб таъмин менамояд, инчунин гузаронидани арзёбии самаранокии техникаю иқтисодӣ ва мувофиқати экологӣ барои эҳтимолияти татбиқи саноатии технологияҳои пешниҳодшуда.

БОБИ 2. ТАВСИФИ КОМПОНЕНТҲОИ ИСТИФОДАШАВАНДА ВА УСУЛҲОИ ГУЗАРОНИДАНИ ТАҲЛИЛҲО

2.1. Раванди истеҳсоли омехтаи кислотаҳо дар корхонаи ҚДММ «ТАЛКО Кемикал»

Яке аз корхонаҳои азимтарини Тоҷикистон – ҚСҚ “Ширкати Алюминийи Тоҷик” ягона корхонае дар кишвар ба ҳисоб меравад, ки намакҳои фтордорро ҳамчун электролит дар чараёни истеҳсоли алюминий истифода мебарад. Истеҳсоли моддаҳои фтордор, аз ҷумла кислотаи сулфат, фторид, фториди алюминий ва криолит дар ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” ба роҳ монда шуда, концентрати флюорит ашёи хоми асосии он ба ҳисоб меравад. Дар Тоҷикистон захираҳои калони табиӣи дорои маъданҳои баландсифати CaF_2 вучуд надоранд ва шумораи конхое ки дар онҳо маъдани флюоритро истихроҷ меkunанд, хеле каманд. Конҳои маҳаллӣ аз понздаҳ то си фоиз фториди калсийдоранд, бинобар ин, барои ба даст овардани концентрати босифат ғанигардонӣ бо усули флотатсия зарур аст. Бузургтарин истеҳсолкунандаи он дар кишвар ҚСҚ “Корхонаи бойгардонии Такоб” мебошад.

Дар ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” концентрати флюорит ҳамчун ашёи хоми асосӣ барои истеҳсоли HF истифода мешавад. Барои истеҳсоли HF-и беоб, таркиби химиявӣи флюорит аҳамияти хос дошта, он бояд ба стандартҳои техникаи сифат мувофиқат намояд. Талабот ба таркиби химиявӣи концентрати флюорит дар қадвали 2.1 оварда шудааст.

Қадвали 2.1 – Сифати концентрати фториди калсий (ГОСТ 29219-2023)

Навъҳо	Таркиби химиявӣ, % масс.						Андозаи зарраҳо
	CaF_2 , % на кам аз	Миқдори ғашҳо на зиёда аз					
		SiO_2	CaCO_3	S	P	намӣ	
Навъи олий	98	0,6	0,8	-	-	0,5	35мкм \geq 100%
Навъи 1	98	0,8	1,0	-	-	0,5	70мкм \geq 90%
Навъи 2	96	1,0	1,2	-	-	0,5	325мкм \leq 75%

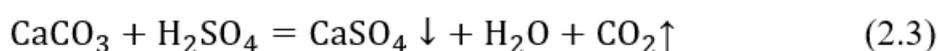
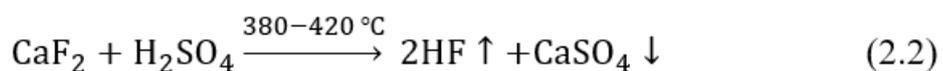
Аз миёни усулҳои гуногуни истеҳсоли фториди гидроген, таҷзияи кислотагии флюорит бо кислотаи сулфат аҳамияти калон дорад. Раванди технологияи он марҳилаҳои зеринро дар бар мегирад: омода кардани ашёи хом

(концентрати флюорит ва H_2SO_4 98%), таҳияи массаи реаксионӣ, таҷзияи флюорит, тозакунии газҳо, конденсатсияи HF, ҷудокунии боқимондаи газҳо ва абсорсияи HF то 99,9%.

Раванди таҷзияи кислотагии концентрати флюорит дар кураҳои махсуси пулодини даврзанандаи барабани ғафсии девораш 15-25 мм дар ҳарорати миёнаи – 400 °C амалӣ карда мешаванд. Тамоилии кура нисбат ба амуд (горизонт) 2°-ро ташкил дода бо суръати 0,52 гардиш/дақиқа давр мезанад.

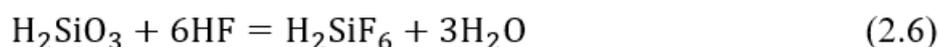
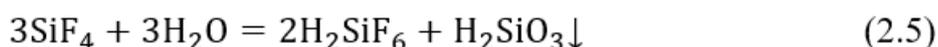
Гармкунии кура бо гази табиӣ сурат мегирад. Дар марҳилаи минбаъда омехтакунии концентрати флюорит ва кислота дар омехтакунандаи шнекӣ анҷом мешавад. Таносуби компонентҳо барои истеҳсоли фториди гидроген аксар вақт бо барзиёдии 10–15% кислотаи сулфат нисбат ба стехиометрӣ интиҳоб карда мешавад, то фтор пурра ҷудо гардад. Массаи реаксионӣ ба кураи даврзананда ворид шуда, реаксияи сулфаткунонӣ дар он ба амал меояд. Сулфати калсий (ангидрит) аз кура берун карда шуда, барои безаргардонӣ ба оҳақоб фиристода мешавад. Ҳарорат дар раванди таҷзияи кислотагии концентрати флюорит бо кислотаи сулфат нақши муҳим дорад.

Таҷзияи мутақобилаи кислотаи сулфат бо флюорит дар ду марҳила сурат мегирад. Дар марҳилаи аввал омехта шудани CaF_2 ва H_2SO_4 боиси ҳосил шудани омехтаи $\text{CaF}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ мешавад, ки дар ҳарорати 80–130 °C бо ҷудо шудани молекулаи аввалини HF таҷзия меёбад. Бо афзудани ҳарорат то 420 °C таҷзияи пурраи флюорит бо ҷудо шудани молекулаи дуҷуми HF рух медиҳад (реаксияҳои 2.1-2.3).



Концентрати флюорит ҳамеша миқдори муайяни диоксидаи силитсий (SiO_2), озод (кварс) ё пайвастшударо (абрак) доро мебошад. Таъсири мутақобилаи он бо кислотаи сулфат дар мавҷудияти SiO_2 на танҳо бо ҷудошавии HF, балки бо ҳосил шудани чорфториди силитсий (реаксияи 2.4)

сурат мегирад. Гази ҳосилшуда бо об таъсир намуда, КГСФ ва кислотаи силитсийи гелмонанд ($n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$) ҳосил мешавад (реаксияи 2.5). Таъсири кислотаи силитсийи гулмонанд бо миқдори барзиёди HF – КГСФ (реаксияи 2.6)-ро ба вучуд оварда, таҳшиншавии силитсийи гелмонанд дар таҷҳизот ва кубурхоро пешгирӣ мекунад.



Ҳамин тариқ, омехтаи ҳосилшуда бояд аз 25% кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид ва 14% кислотаи фторид иборат бошад. Ин маҳсулот, маҳсулоти иловагии корхонаи «ТАЛКО Кемикал» ба шумор меравад.

Раванди технологии ҳосилшавии омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид дар ҚДММ «ТАЛКО Кемикал» дар поён муфассал оварда шудааст.

Дар истеҳсоли HF-и беоб, газҳои зудбухор ва HF пас аз конденсатсия ва ректификатсия ба системае мераванд, ки бо H_2SO_4 газҳои боқимонда абсорбсия мешаванд ва қисме ба моеъ табдил меёбад. Система дорои абсорбер бо диаметри 820 мм ва баландии 11,56 м, насосҳои марказгурез барои хунуккунӣ, ду дастгоҳи фурубарӣ ва ду вентилятор мебошад. Дастгоҳҳои фурубарӣ аз инжектори «Вентур», зарфҳои 4,45 м³ ва қатрадоранда иборатанд.

Ҳангоми абсорбсия, пайвастагиҳои HF, S, CO₂, SO₂ ва буғҳои SiF₄ тавассути қисми болоии манора ба абсорбери дуюм таҳвил мешаванд. Қисми буғҳо тавассути инжектор ба оби даврзананда фуру бурда шуда, ҳиссаи гази ҳалшударо зиёд мекунад. Қисми боқимонда тавассути таҷҳизоти қатрадоранда ба марҳилаи дуюми абсорбсия мегузарад, ки гузариши қатраҳоро маҳдуд мекунад ва оби даврзанандаро сер мекунад.

Маҳлули обии даврзананда пайваста аз зарфи системаи нейтралатсия бо маҳлули концентратсияи паст пур мешавад ва маҳлули сершударо дубора ба зарфҳои нигоҳдорӣ раван мекунад. Концентратсияи SiF₄ дар маҳлули обӣ то 30% мерасад, пас омехтаи кислотаҳо ба нигоҳдорӣ интиқол меёбад.

2.2. Таҳлили химиявии маҳсулоти иловагии истеҳсоли кислотаи фторид

Объекти таҳқиқот, омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид мебошад. Ҳадаф истеҳсоли омехтаи СФН, NaF, AlF₃, Na₃AlF₆, SiO₂-и аморфӣ ва шишаи моеъ бо истифода аз карбонати натрий, содаи каустикӣ, фториди натрий ва гидроксиди алюминий аст. Хосиятҳои физикавӣю химиявии КГСФ мувофиқи ТУ 2122-555-00209438-01 дар ҷадвали 2.2 оварда шудаанд.

Ҷадвали 2.2 – Таркиби химиявии КГСФ (ТУ 2122-555-00209438-01)

Номгӯи нишондодҳо	Меъёр барои тамғаҳо		
	Тамғаи А		Тамғаи Б
	Навъи 1	Навъи 2	
Ҳиссаи массавии КГСФ (H ₂ SiF ₆) бо %, на кам аз	30	16	20
Ҳиссаи массавии HF-и озод бо %, на зиёда аз	Бемеъёр	Бемеъёр	5
Ҳиссаи P ₂ O ₅ бо %, на зиёда аз	0,03	0,03	Бемеъёр
Ҳиссаи массавии H ₂ SO ₄ бо %, на зиёда аз	Бемеъёр	Бемеъёр	1
Ҳиссаи массавии SiO ₂ бо %, на зиёда аз	0,5	2,4	2,4

Пеш аз таҳқиқот оид ба технологияи коркарди комплекси омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид, таҳлилҳои химиявии компонентҳои истифодашаванда анҷом дода мешаванд.

Масалан, муайян кардани миқдори кислотаи гидрогенфторид дар таркиби КГСФ ба таври зайл гузаронида мешавад (мувофиқи ГОСТ 2567-89): 1 мл омехтаи кислотаҳоро бо истифодаи қатрачакони полиэтиленӣ ба истакони полиэтиленӣ, ки қаблан вазнаш чен карда шудааст ва 5 мл об дорад гирифта, сарпӯшашро мепӯшанд ва вазнашро бармекашанд. Баркаши омехтаи кислотаҳо бо об ба истакони фторопластӣ (ё ба зарфи платинагӣ) гузаронида мешавад. Ба маҳлули ҳосилшуда 2,5 г KCl ва 3-4 қатра фенолфталеин илова

карда, бо маҳлули NaOH то пайдо шудани ранги гулобии устувор дар 30 сония титр мекунад. Дар рафти титронӣ маҳлули ҳосилшуда бо истифодаи чӯбчаи фторопластӣ, омехта карда мешавад.

Ҳиссаи массаи HF (X) аз рӯи формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$X\% = \frac{0,01 \cdot V \cdot 100}{m} \quad (2.1)$$

дар ин ҷо V – ҳаҷми маҳлули гидроксидаи натрий, ки барои титркунӣ сарф шудааст, бо см³; 0,01 г – массаи кислотаи гидрогенфторид, ки ба 1 см³ маҳлули 0,5 мол/дм³ гидроксидаи натрий таъсир мекунад; m – массаи баркаш, бо г.

Ҳиссаи массаи кислотаи гидрогенсилитсийфторид бо фоиз тавассути формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$X\% = \frac{m_1 \cdot 2,4}{m} \quad (2.2)$$

дар ин ҷо m₁ – массаи SiO₂, ки аз қачхатаи вобастагӣ ёфта шудааст, бо мг; 2,4 – коэффитсиенти ҳисобкунии SiO₂ ба H₂SiF₆; m – массаи баркаш бо г.

2.3. Усули гузаронидани таҳлили химиявии силитсийфториди натрий

Силитсийфториди натрий – моддаи кристаллии ғайриорганикӣ буда, беранг ё ин ки сафедчатоб мебошад. Дар об бадҳалшаванда буда, дар табиат ба шакли минерали нодирӣ малладрит, вомехӯрад. Мувофиқи нишондиҳандаҳои физикию химиявӣ, СФН-и техникӣ бояд ба талабот ва меъёрҳои дар қадвали 2.3 овардашуда, ҷавобгӯ бошад.

Қадвали 2.3 – Таркиби химиявии силитсийфториди натрий (ГОСТ 87-66)

Номгӯи нишондодҳо	Меъёр барои навъҳо			Усулҳои санҷиш
	Олӣ	1-ум	2-юм	
Намуди зоҳирӣ	Хокаи кристаллии хурди рангаш сафед. Ранги хокистарӣ ё зардчатоб иҷозат дода мешавад			Визуалӣ
Ҳиссаи массавии СФН (Na ₂ SiF ₆), бо %	98,0	95,0	93,0	Бо банди 2.6
Ҳиссаи массавии HCl-и озод бо %, на зиёда аз	0,10	0,15		Бо банди 2.7

Микдори намӣ бо %, на зиёда аз		1,0	Бо банди 2.8
Дараҷаи майдагии зарраҳо (боқимонда дар элаки андозааш 0,063 мм бо ГОСТ 3584-53) бо %, на зиёда аз		15,0	Бо банди 2.9

Тартиби гузаронидани таҳлил, барои муайян намудани СФН: 1 г СФН-ро бо дақиқии то 0,0002 г баркашида, дар колбаи конусии ҳаҷмаш 250 мл ҷойгир мекунанд, 100 мл оби гарм, 2-3 қатра фенолфталеин илова намуда, онро бо маҳлули ишқори натрийи 0,5 н то пайдо шудани ранги гулобӣ, титр мекунанд. Сипас омехтаи дар колба бударо то ҷӯшидан гарм намуда, боз то пайдо шудани ранги гулобии устувор титр мекунанд, масалан, иқтибос: “1 г кремнефтористого натрия взвешивают с точностью до 0,0002 г, помещают в коническую колбу вместимостью 250 мл, при бавляют 100 мл горячей воды, 2-3 капли фенолфталеина и титруют 0,5 н раствором едкого натра до появления розового окрашивания, после чего содержимое колбы нагревают до кипения и снова титруют до не исчезающего розового окрашивания” (ГОСТ 87-66).

Шумораи миллилитрҳои маҳлули ишқори натрийро, ки барои титронии силитсийфториди натрий ва кислотаи озод сарф шудааст, ба ҳисоб мегиранд. Микдори ишқори натрийро ба ҳисоби миллилитр (V_1), ки ба 100 г силитсийфториди натрий нисбат дода шудааст ва маҳз ба маҳлули 0,5 н оварда шудааст, аз рӯи формулаи зерин ҳисоб мекунанд:

$$V_1 = \frac{V \cdot 100}{G} \quad (2.3)$$

дар ин ҷо V_1 – ҳаҷми маҳлули 0,5 н ишқори натрий, ки барои титронӣ сарф шудааст, бо мл;

G – баркаши силитсийфториди натрий бо г.

Микдори силитсийфториди натрий (X) бо фоиз аз рӯи формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$X = (V_1 - V_2) \cdot 0.0235 \quad (2.4)$$

V₂ – ҳаҷми маҳлули 0,5 н. ишқори натрий, ки мувофиқи банди 2.7.2-и ГОСТ - 87-66 бо мл муайян карда шудааст.

2.4. Усули муайян намудани таркиби химиявии криолит ва фториди алюминий

Криолити техникии сунъӣ – хокаи мулоими хурдкристаллӣ буда, рангаш аз гулобии суст то хокистарранги сафед мешавад, ҳангоми фишурдан дар даст чамъ мешавад. Зичиаш 2,95 г/см³ аст. Ҳарорати гудозишаш 1010 °С. Дар таркиби криолити тоза 32,8% Na, 12,8% Al ва 54,4% F мавҷуд буда, барои истеҳсоли алюминий бо усули электролиз, истифода мебаранд. Криолит ба талаботҳои дар қадвали 2.4 овардашуда бояд ҷавобгӯӣ бошад.

Қадвали 2.4 – Таркиби химиявии криолит мувофиқи ГОСТ 10561-80

Номгӯии компонентҳо	Навъҳои криолит тамғаи КА	
	Навъи олий	Навъи якум
Ҳиссаи массавӣ, %:		
F, на кам аз		54,0
Al, на зиёда аз	18	19
Na, на кам аз	23	22
SiO ₂ , на зиёда аз	0,5	0,9
Fe ₂ O ₃ , на зиёда аз	0,06	0,09
сульфатҳо (SO ₄), на зиёда аз	0,5	1,0
намӣ, на зиёда аз	0,2	0,5
P ₂ O ₅ , на зиёда аз	0,05	0,2
Модули криолитӣ, на камтар аз	1,7	1,5

Таҳлили ҳиссаи массавии фтор, алюминий ва натрий мувофиқи бандҳои аз 4,3 то 4,7-и ГОСТ-и 10561-80 гузаронида мешавад, масалан, иқтибос: “0,25г криолита взвешивают, результаты взвешивания в граммах записывают с точностью до четвертого десятичного знака, помещают в платиновый тигель, смешивают с 0,3 г растертого кварцевого песка и 3 г углекислого калия-натрия, поверх смеси насыпают еще 3 г углекислого калия-натрия. Тигель

накрывают крышкой, ставят в лабораторную электропечь сопротивления при 820 °С, повышают температуру до 840-860 °С (не выше) и сплавляют при этой температуре в течение 10 мин. Затем тигель вынимают и быстро охлаждают неполным погружением в холодную воду. Плав переносят в стакан и выщелачивают водой при нагревании. После охлаждения содержимое стакана переводят в мерную колбу вместимостью 250 см³. Объем раствора доводят водой до метки, перемешивают и фильтруют через сухой фильтр «синяя лента» в сухую колбу, отбрасывая первые порции фильтрата. Отбирают пипеткой 100 см³ фильтрата в стакан вместимостью 300 см³, прибавляют 50 см³ раствора соляной кислоты концентрации 0,1 моль/дм³, 1-2 капли индикатора метилового оранжевого и, прикрывая стакан часовым стеклом, раствор нейтрализуют из бюретки раствором азотной кислоты концентрации 2 моль/дм³ до появления розовой окраски, затем приливают еще 2 см³ избытка этой кислоты. Часовое стекло обмывают водой, помещая промывные воды в стакан с анализируемым раствором. Объем раствора в стакане доводят водой примерно до 220 см³, добавляют 0,5 см³ концентрированной уксусной кислоты, раствор нагревают до 35-40 °С и осаждают фтор, прибавляя по каплям при энергичном перемешивании стеклянной палочкой 30 см³ раствора уксуснокислого свинца в течение 3 мин. Затем раствор с осадком оставляют в покое при комнатной температуре не менее, чем на 10 ч. Осадок отфильтровывают через фильтр «синяя лента» диаметром 9 см и промывают его в стакане и на фильтре пять раз насыщенным раствором фторхлорида свинца порциями по 5-6 см³ и два раза водой, охлажденной до 10-14°С, такими же порциями. При промывании в стакане осадок тщательно перемешивают. Воронку с промытым осадком на фильтре устанавливают держателем над стаканом, в котором проводили осаждение фтора. Фильтр прокалывают стеклянной палочкой и осадок с фильтра смывают горячей водой в стакан. Затем фильтр промывают 10 см³ горячего раствора азотной кислоты с массовой долей 25% и таким же количеством раствора азотной кислоты с массовой долей 25% промывают стенки стакана. Далее фильтр и стенки

стакана обмывають горячей водой. Объем раствора в стакане доводят водой до 200-220 см³. После растворения осадка к холодному раствору прибавляют 1 см³ нитропруссид натрия и титруют раствором азотнокислой окисной ртути медленно, по каплям, при интенсивном перемешивании до появления не исчезающей мути. Одновременно через все стадии анализа проводят контрольный опыт с тем же количеством реактивов, но без анализируемого продукта...”.

Фториди алюминий пайватагии кристалли беранг ё сафедчатоб буда, дар табиат тақрибан вучуд надорад. Онро ба таври сунъӣ бо роҳҳои гуногун истеҳсол менамоянд, ё инки ҳангоми коркарди ашёи хоми фтордор ҳамчун маҳсулоти иловагӣ ҳосил мешавад.

Дар истеҳсоли алюминий бо усули электролиз, фториди алюминие истифода мешавад, ки бояд ба меъёрҳои талаботи стандартӣ ҷавобгӯӣ бошад (ҷадвали 2.5).

Ҷадвали 2.5 – Таркиби химиявии фториди алюминий (ГОСТ 19181-78)

Номгуи нишондодҳо	Меъёр	
	Навъи олий *ТУМ (ОКП) 21 5435 0120	Навъи якум *ТУМ (ОКП) 21 5435 0130
Ҳиссаи массавӣ, %:		
AlF ₃ , на кам аз	93	88
Al ₂ O ₃ -и озод, на зиёда аз	4	7
ҷамъи SiO ₂ +Fe ₂ O ₃ , на зиёда аз	0,3	0,4
сулфатҳо (SO ₄), на зиёда аз	0,1	0,2
P ₂ O ₅ , на зиёда аз	0,05	0,05
ТЗТ**, на зиёда аз	2,5	3,5

*Таснифи умумирусиягии маҳсулот (общероссийский классификатор продукции)

**Талафот зимни тафсонидан

Тартиби муайян намудани фториди алюминий: 1 г AlF₃-ро баркашида (натичаи вазн бо грамм то қимати чорум баъд аз сифр сабт карда

мешавад), дар тигели платинагӣ, ки қаблан ба массаи доимӣ оварда шудааст чойгир карда, 3 г оксиди магнийи аз эксикатор гирифташуда, дар болои ақрабаки шишагин (часовой стекло) баркашида мешавад. AlF_3 дар тигел бо тақрибан $2/3$ миқдори баркашидашудаи MgO бодикқат омехта карда шуда, миқдори боқимонда ба рӯйи омехта рехта мешавад. Тигел бо омехта дар хумдони муфелӣ дар ҳарорати $550\text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 20\text{ }^\circ\text{C}$) дар давоми 1 соат тафсонида мешавад. Дар баробари ин ба тигели платинагии то массаи доимӣ овардашуда, тақрибан 3 г MgO рехта, таҷрибаи назоратӣ гузаронида мешавад. Тигел бо MgO баркашида шуда, дар хумдони муфелӣ дар ҳамон шароит тафсонида мешавад. Пас аз тафсонидан, тигелҳои дорои намуна дар эксикатор дар болои $CaCl_2$ ё силикагел-индикатор хунук карда шуда, баркашида мешаванд.

Коркарди натиҷаҳо: Талафоти зимни тафсонидан (X) бо фоиз бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$X = \frac{(m - m_1 - m_2) * 100}{m_3} \quad (2.5)$$

дар инҷо m – массаи тигел бо омехта пеш аз тафсонидан, г; m_1 – массаи тигел бо омехта пас аз тафсонидан, г; m_2 – массаи талафот зимни тафсонидан дар таҷрибаи назоратӣ, ки ҳамчун фарқият байни массаи 3 г оксиди магний пеш аз тафсонидан ва баъд аз тафсонидан ёфта мешавад, г; m_3 - вазни намуна, г.

БОБИ 3. АСОСҲОИ ХИМИЯВИЮ ТЕХНОЛОГИИ БА ДАСТ ОВАРДАНИ МАҲСУЛОТИ МАҚСАДНОК АЗ ПАРТОВҲОИ КИСЛОТАГӢ

3.1. Синтези пайвастаҳои фториди натрий аз партовҳои кислотагӣ бо истифодаи реагентҳои натрийдор

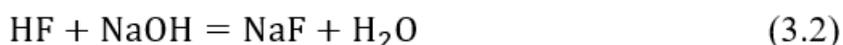
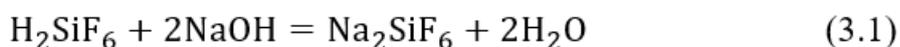
Дар ҚДММ «ТАЛКО Кемикал» дар раванди сульфаткунони флюорит, HF бо дуоксиди силитсий, ки дар таркиби концентрат дохил аст, пайваст шуда, тетрафториди силитсий ҳосил мекунад ва баъд аз абсорбсия ба КГСФ табдил меёбад. Илова бар ин, бо афзоиши талабот ба нӯриҳои минералӣ ва бақор андохтани иқтидорҳои истеҳсоли кислотаи ортофосфат, талабот ба коркарди маҳсулоти иловагӣ – КГСФ меафзояд.

Бояд қайд кард, ки ҚДММ «ТАЛКО Кемикал» ҳамасола то 4 ҳазор тонна омехтаи КГСФ (25%) ва кислотаи фторид истеҳсол мекунад ва нигоҳдори тӯлонии ин моддаҳо ба вазъи экологӣ таъсири манфӣ мерасонад. Аз ин рӯ, коркарди дубораи партовҳо ва истифодаи захираҳои маҳаллӣ аз ҷиҳати иқтисодӣ ва экологӣ аҳамияти калон дорад.

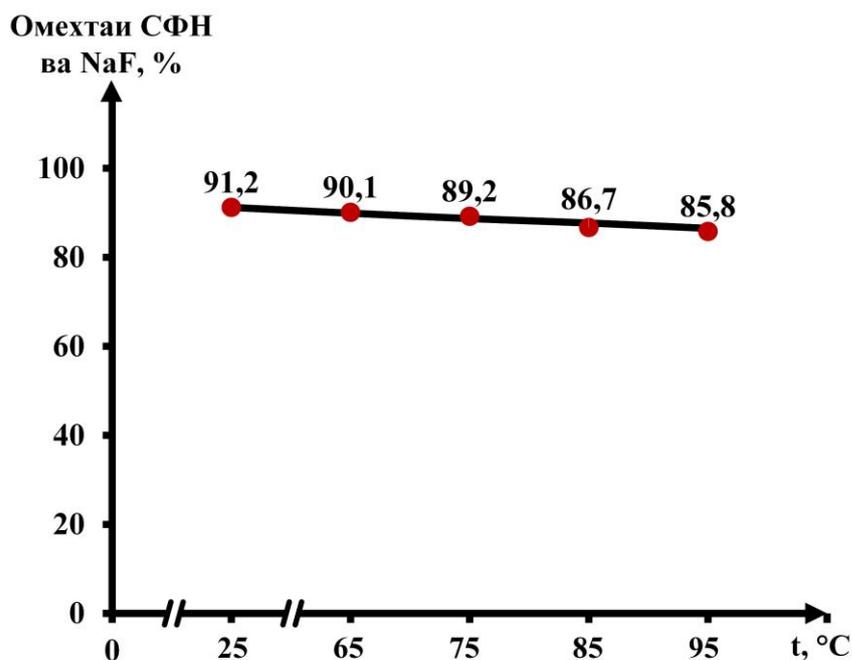
Роҳи соддатарини коркарди омехтаи кислотаҳо безаргардонӣ бо истифода аз содаи каустикӣ ва калсиниронида ба шумор меравад, ки дар натиҷа силитсийфториди натрий (СФН) ва фториди натрий ҳосил мешавад.

Ҳамин тавр, истифодаи маҳсулоти иловагӣ бо гидроксид, карбонат ва хлориди натрий усули самараноки ба даст овардани намакҳои фтордор – силитсийфториди натрий (Na_2SiF_6) ва фториди натрий (NaF) мебошад. Амалӣ намудани раванд аз рӯи ду вариант иҷро мегардад: - бо истифодаи гидроксид ё карбонати натрий; - бо истифодаи хлориди натрий.

Реаксияҳои байни омехтаи кислотаҳо ва NaOH ба ташаккули фторид ва силитсийфториди натрий оварда мерасонанд (реаксияҳои 3.1, 3.2).

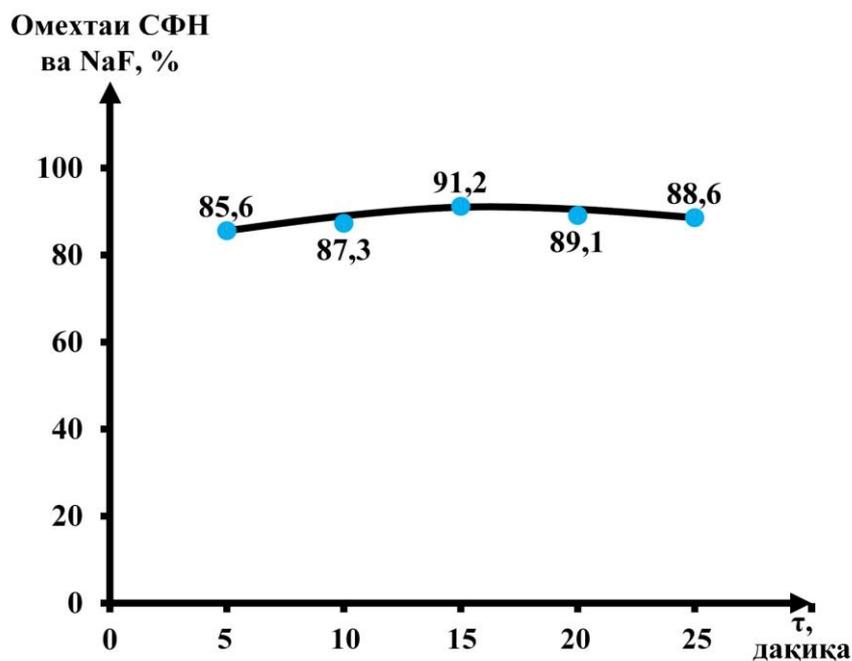


Параметрҳои таъсиркунандаи технологияи мазкур ҳарорат, давомнокии раванд ва концентратсияи гидроксиди натрий мебошанд (расмҳои 3.1-3.3).



Расми 3.1. – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии намакҳои фтордор аз ҳарорат

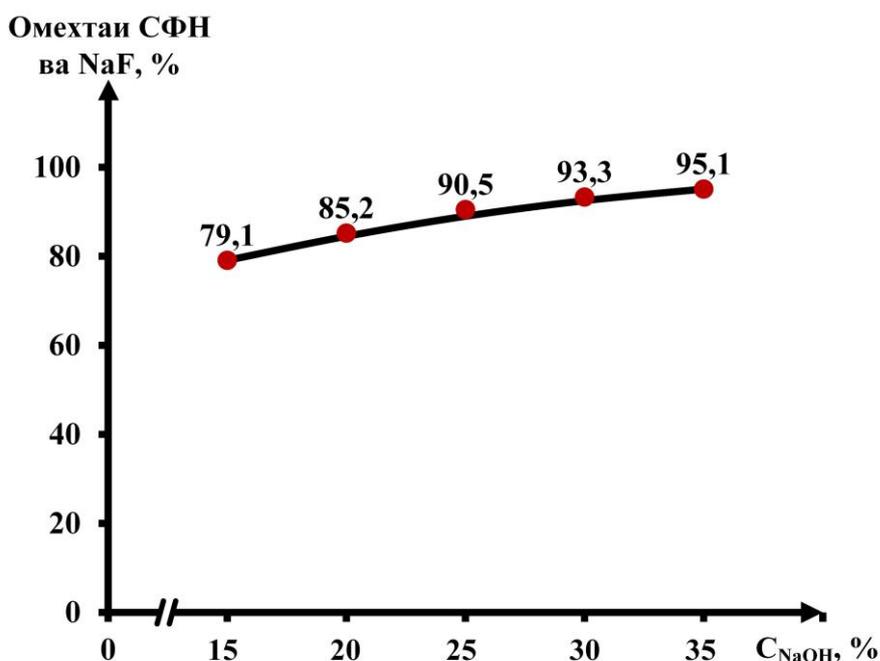
Реаксияи боҳамтаъсиркунии NaOH бо омехтаи кислотаҳо экзотермӣ буда, омехтаи реаксионӣ то ҳарорати 65 °C гарм мешавад. Бинобар ин, раванди мазур дар навбати аввал бе баланд бардоштани ҳарорат гузаронида мешавад. Тибқи расми 3.1, баланд шудани ҳарорат зиёда аз 65 °C, баромади маҳсулотро аз 90,1% то 85,8% коҳиш медиҳад. Ин ба афзудани ҳалшавандагии компонентҳо дар оби гарм ва бухоршавии омехтаи кислотаҳо вобаста аст.



Расми 3.2. – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии намакҳои фтордор аз давомнокӣ

Аз расми 3.2 дида мешавад, ки хангоми аз 20 дақиқа зиёд намудани давомнокии раванд, ҳалшавандагии намакҳои фтордор афзоиш ёфта, баромади омехтаи намакҳо аз 91,2 то 88,6% кам мешавад.

Дар расми 3.3 таъсири консентратсияи гидроксиди натрий ба баромади омехтаи намакҳои фтордор дарҷ гардидааст.



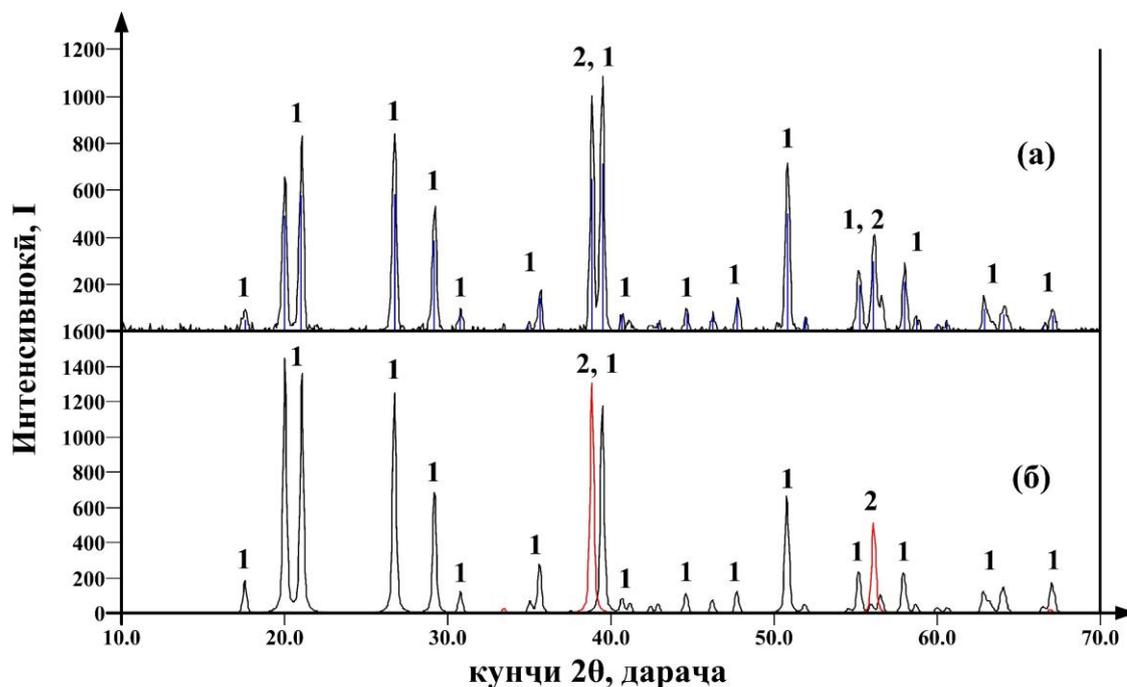
Расми 3.3 – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии омехтаи намакҳои фтордор аз консентратсияи гидроксиди натрий

Афзоиши консентратсияи NaOH аз 15 то 35% (расми 3.3) ба зиёдшавии дараҷаи ҷудошавии маҳсулот аз 79,1 то 95,1 % оварда мерасонад, аммо аз ҳисоби ҳосил шудани маҳлули ғафс ва часпак, раванди интиқолдиҳии маҳсулот ба воситаи насосҳо ва полоиш душвор мешавад. Зимни ҷудо намудани қисмати саҳт аз моеъ бо роҳи полоиш, қисмати моеъ дуҷумбора барои омода намудани маҳлули NaOH истифода мешавад ва дар ин ҳолат талафёбии намакҳои фтордор пурра аз байн бурда мешавад. Ҳамин тариқ, параметрҳои оптималии раванд инҳоянд: ҳарорат – 25 °С, давомнокии раванд – 20 дақиқа, консентратсияи гидроксиди натрий – 25%. Дар ин сурат баромади омехтаи намакҳои фтордор зиёда аз 90 %-ро ташкил медиҳад.

Таркиби маҳсулот, ки дар натиҷаи коркарди омехтаи кислотаҳо бо гидроксиди натрий ҳосил мешавад, бо таҳлилҳои химиявӣ муайян шуда,

нишон дод, ки маҳсулоти мазкур аз 67,8% Na_2SiF_6 ва 31,5% фториди натрий ибората мебошад.

Барои тасдиқи натиҷаҳои таҳқиқот, таҳлили химиявӣ, инчунин муайян кардани таркиби минералогии омехтаи намакҳои фтордор, таҳлили рентгенофазавӣ гузаронида шуд (расми 3.4).

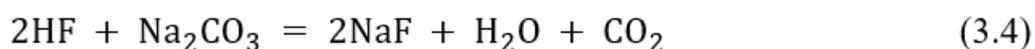
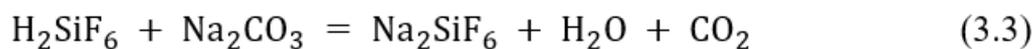


Расми 3.4 – Таҳлили рентгенофазавии намунаи таҳлилшаванда (а) ва намунаҳои стандартӣ (б):

1-малладрит (Na_2SiF_6), 2-виллиомит (NaF)

Натиҷаи таҳқиқоти рентгенофазавӣ (расми 3.4) пурра мувофиқати раҳҳои омехтаи фторнамакҳои таҳлилшавандаро (графикаи болоӣ) бо намунаҳои стандартӣ (графикаи поёни) нишон медиҳанд. Маълумоти ба дастамада бечунучаро мавҷудияти ду фазаи минералии мақсаднокро дар маҳсулот тасдиқ менамояд: малладрит (PDF 33-1280) ва виллиомит (PDF 88-2299), ки аз синтези муваффақи пайвастиҳои додасуда шаҳодат медиҳад.

Таҳқиқотҳои минбаъда бо истифода аз карбонати натрий гузаронида шуданд. Зимни боҳамтаъсиркунии омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо карбонати натрий, омехтаи СФН ва фториди натрий мувофиқи реаксияҳои зерин ҳосил мешавад:



Натиҷаи таҳқиқоти гузаронидашуда вобаста аз ҳарорат, давомнокии раванд ва консентратсияи Na_2CO_3 дар ҷадвали 3.1 оварда шудааст.

Ҷадвали 3.1 – Дараҷаи ҷудошавии омехтаи намакҳои фтордор аз ҳарорат, давомнокии раванд ва консентратсияи карбонати натрий

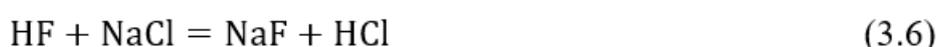
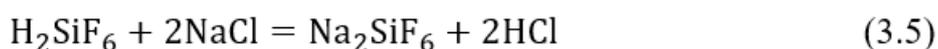
№	Параметрҳои раванд			Баромади омехтаи СФН ва NaF, %
	Ҳарорат, °C	Давомнокӣ, дақиқа	Консентратсияи Na_2CO_3 , %	
1	25	15	25	96,8
2	65			95,8
3	75			95,3
4	85			94,8
5	95			94,1
6	25	5		86,1
7		10		90,6
8		20		96,9
9		25		96,3
10		30		95,6
11		15	5	94,8
12			10	94,1
13			15	95,9
14			20	96,7
15			30	97,5
16	35		97,6	

Тибқи ҷадвали 3.1, баланд шудани ҳарорат, ҳосилшавии СФН ва фториди натрийро кам мекунад, ки ин ба афзоиши ҳалшавандагии компонентҳо вобаста аст. Илова бар ин, бо давомнокии раванд аз 20 дақиқа бештар, ҳалшавандагии намакҳои фтордор зиёд шуда, дараҷаи ҷудошавии омехтаи СФН ва фториди натрий то 95,6% кам мешавад.

Таъсири консентратсияи карбонати натрий ба дараҷаи ҷудошавии омехтаи намакҳои фтордор омӯхта шуд. Муайян гардид, ки зимни зиёд намудани консентратсияи Na_2CO_3 афзоиши назарраси маҳсулот мушоҳида намешавад, иловатан боиси ҳосилшавии лойбаи ғафс ва часпак мегардад, ки раванди интиқолдиҳӣ ва полоишро мушкил мегардонад. Ҳамин тариқ, истифодаи маҳлули Na_2CO_3 бо консентратсияи $\geq 25\%$ ғайри қобили қабул аст.

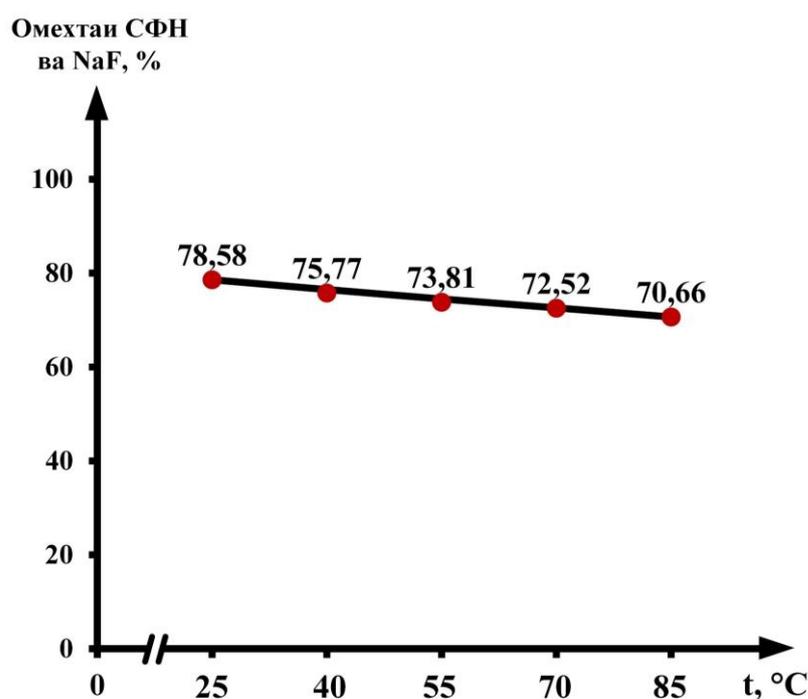
Ҳангоми гузаронидани таҳқиқоти рентгенофазавӣ муайян карда шуд, ки намунаҳои ба дастамада бо истифодаи карбонати натрий ба намунаҳои стандартии минералҳои малладрит (PDF 33-1280) ва виллиомит (PDF 88-2299) мутобиқат доранд, ки ба натиҷаҳои истифодаи NaOH шабоҳат доранд.

Истифодаи хлориди натрийи маҳаллӣ дар коркарди омехтаи кислотаҳо дар доираи самти захирасозӣ мавриди омӯзиш қарор гирифтааст. Схекаи таҷрибавӣ бар асоси методикаҳои мутобиқ гардонида шудааст, ки барои реагентҳои ишқорӣ истифода мешуданд.

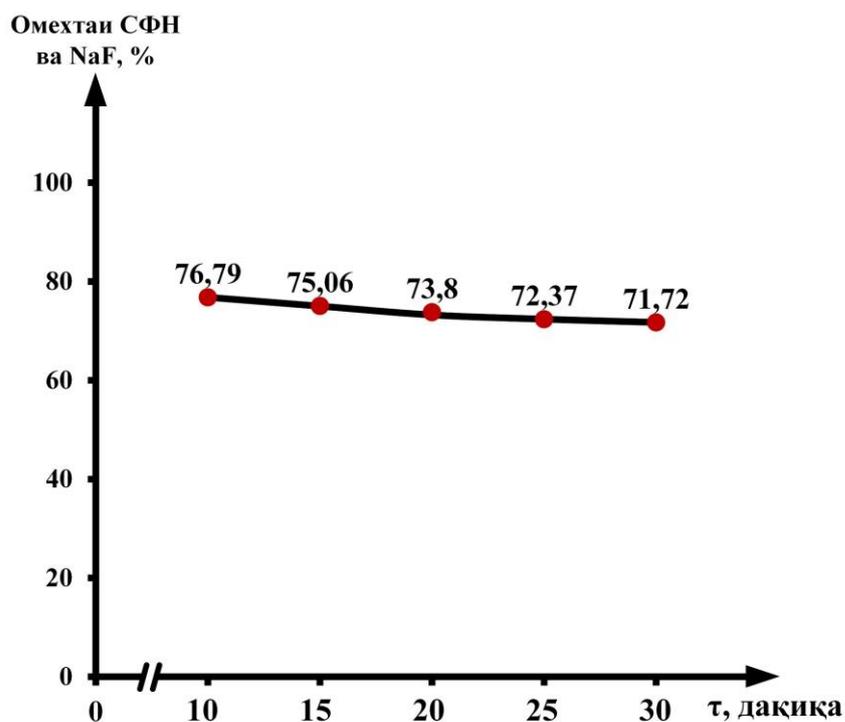


Чуноне ки аз реаксияҳои 3.5 ва 3.6 дида мешавад, зимни коркарди омехтаи кислотаҳо бо истифодаи хлориди натрий, омехтаҳои СФН, фториди натрий ва кислотаи хлорид ҳосил мешаванд. Натиҷаҳои омӯзиши технологияи мазкур вобаста аз ҳарорат, давомнокии раванд ва консентратсияи хлориди натрий дар расмҳои 3.5-3.7 оварда шудаанд.

Баландшавии ҳарорат аз 25 °С боло ба коҳиши самаранокии ҷудо кардани намакҳои фторидӣ оварда мерасонад, зеро ҳалшавии онҳо дар кислотаи хлориди ҳосилшуда зиёд мегардад (расми 3.5).

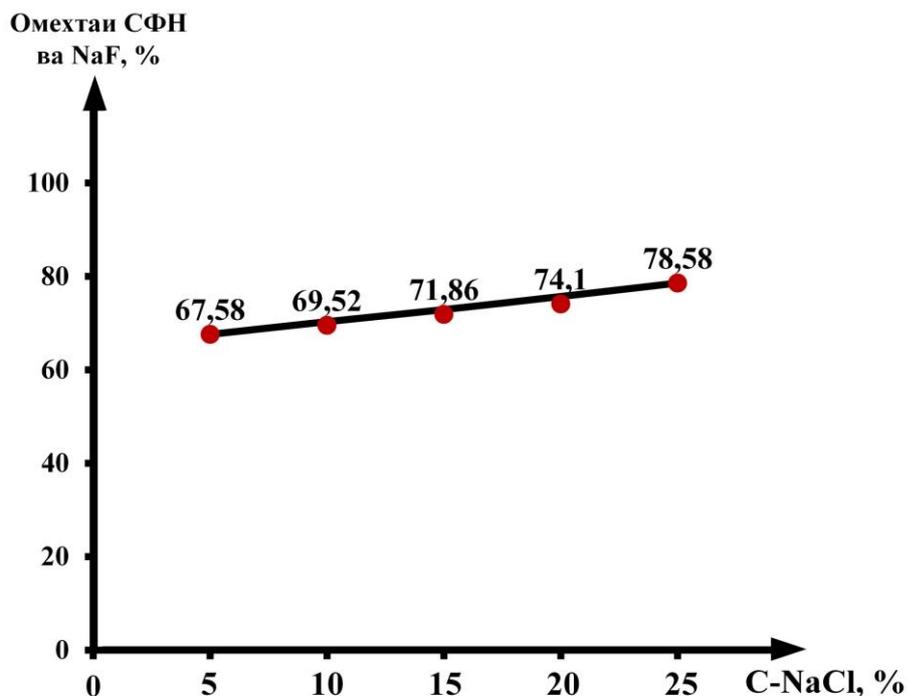


Расми 3.5. – Таъсири ҳарорат ба ҷудошавии компонентҳо



Расми 3.6 – Дараҷаи ҷудошавии намакҳои фтордор вобаста аз давомноқӣ

Дароз кардани вақти раванд зиёда аз 5-10 дақиқа низ мақсаднок нест, зеро ин ба афзоиши ҳалшавии маҳсулоти мақсаднок дар муҳити кислотаӣ мусоидат мекунад (расми 3.6).



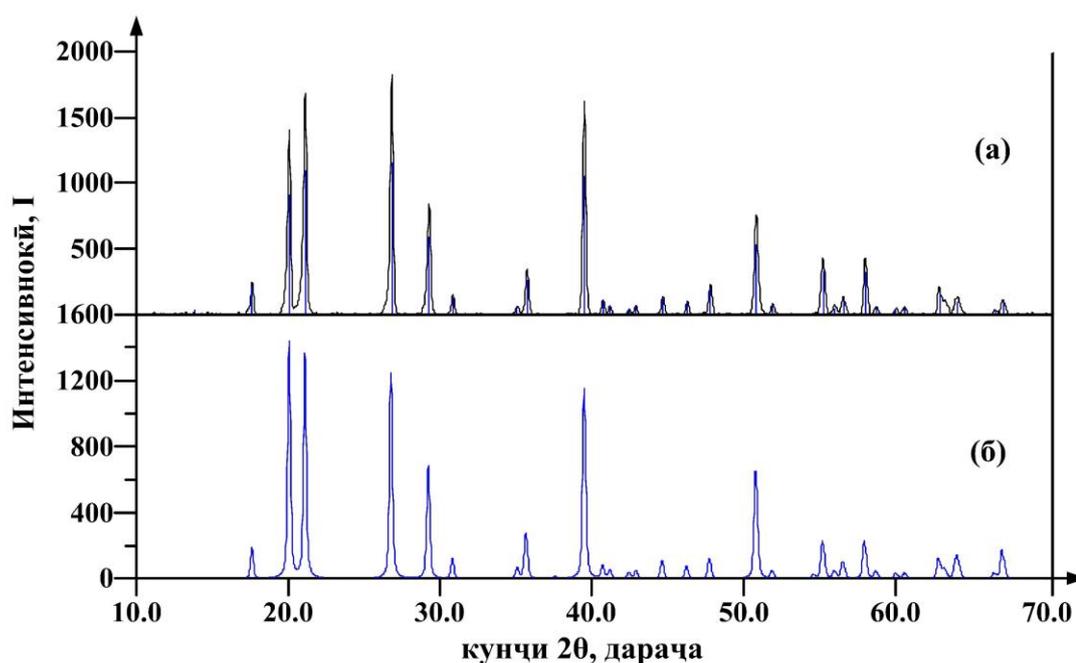
Расми 3.7. – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии намакҳои фтордор аз консентратсияи хлориди натрий

Мувофиқи расми 3.7, зимни зиёд намудани концентратсияи маҳлули NaCl ба дараҷаи максимум (25%), дараҷи ҷудошавии намакҳои фтордор зиёда аз 78% мегардад. Ҳамин тариқ параметрҳои оптималии технологияи коркарди омехтаи кислотаҳо бо истифода аз маҳлули NaCl чунин мебошад: ҳарорат – 25 °C, давомнокии – 5-10 дақиқа, концентратсияи NaCl – 25%. Дар чунин шароит дараҷаи максималии ҷудошавии намакҳои фтордор зиёда аз 78%-ро ташкил медиҳад.

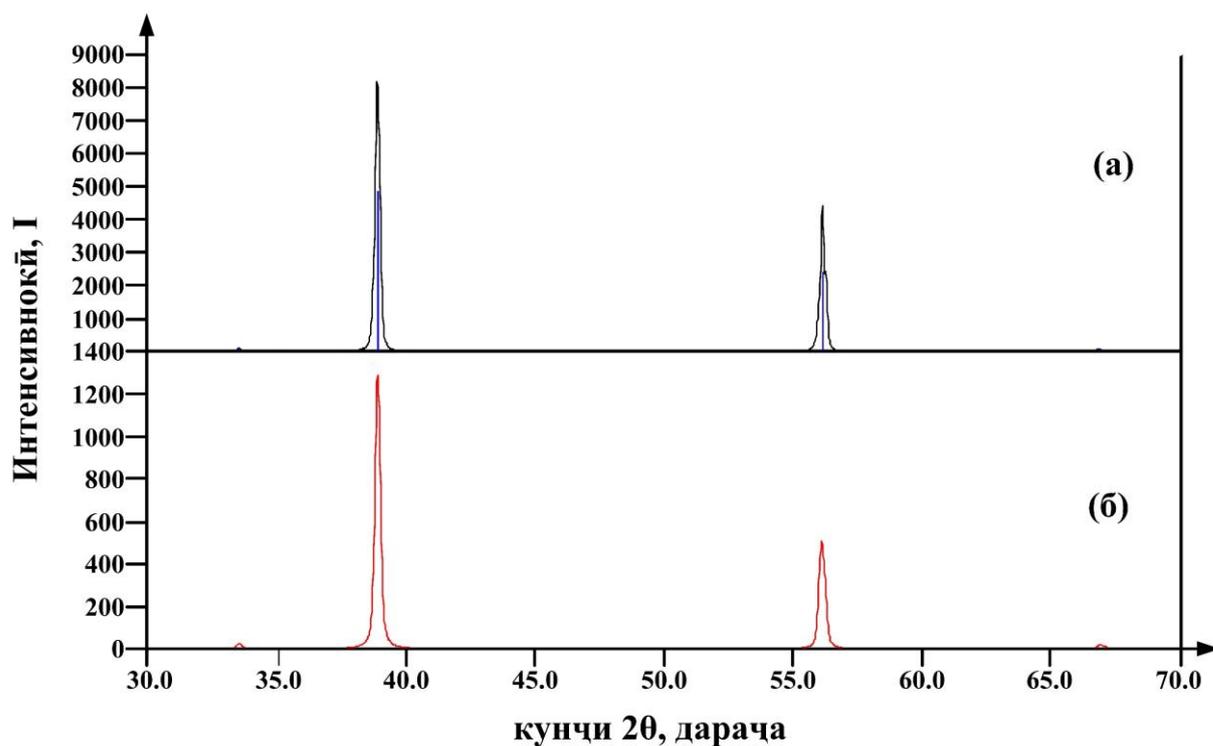
Аммо таҳлили химиявии намунаи зимни коркарди омехтаи кислотаҳо бо хлориди натрий гирифташуда, нишон дод, ки дар таркиби он миқдори CФН 95,8%-ро ташкил дода, миқдори фториди натрий бошад, ҳамагӣ 3,5%-ро дар бар мегирад. Аз ин бармеояд, ки фториди натрий дар кислотаи хлориди ҳосилшуда, тақрибан пурра ҳал шуда, ба маҳлул мегузарад.

Барои тасдиқи таркиби таҳшин ва намакҳои бухоршуда таҳлили рентгенофазавӣ (расмҳои 3.8, 3.9) гузаронида шуд, ки сохтори кристаллии маҳсулот ва мутобиқати онҳоро ба таркиби химиявӣ тасдиқ намуд.

Рентгенограмма (ниг. ба расми 8) шаҳодат медиҳад, ки намуна ба минерали малладрит (PDF 33-1280) тааллуқ дорад ва набудани рахҳои минерали виллиомит бо миқдори ками NaF ($\leq 5\%$) шарҳ дода мешавад.



Расми 3.8. – Рентгенограммаи боқимондаи саҳт пас аз полоиш (а) ва намунаи стандартии минерали малладрит (б)



Расми 3.9. – Рентгенограммаи намаки дар шароити муқаррарӣ буғроншуда (а) ва намунаи стандартии минерали виллиомит (б)

Мувофиқи рентгенограмма (расми 3.9) раҳҳои намаки буғроншуда, танҳо ба минерали виллиомит (рақами он дар картотекаи PDF – 36-1455) мувофиқат мекунанд, ки ҳалашвии онро дар кислотаи хлориди ҳосилшуда, тасдиқ менамояд.

Мавриди зикр аст, ки фториди натрийи дар кислотаи хлорид ҳалшуда, дар шароити табиӣ (дар ҳавои кушод) буғронӣ карда шуд, зеро дар ҳарорати болотар аз 60 °C фториди натрий бо кислотаи хлорид ба реаксия рафта, гази фториди гидроген ва хлориди натрий ҳосил мешавад.

Қисмати моеъи пас аз полоиши боқимонда аз маҳлули кислотаи хлорид ва фториди натрий иборат аст, ки консентратсияи кислота 14% ва миқдори фториди натрий 3,33 г/л мебошад.

Боқимондаи маҳлулро метавонанд дубора бо омехтаи кислотаҳо коркард намоянд, ки дар ин ҳолат гузариши реаксияи зерин имконпазир мебошад:



Реаксияи 3.7 нишон медиҳад, ки зимни боҳамтаъсиркунии омехтаи

фториди натрийи ҳалшуда (дар кислотаи хлорид) бо омехтаи кислотаҳо, дубора таҳшини СФН ва кислотаи фторид ҳосил мешавад. Лойобаи мазкурро полоиш намуда, қисмати моеъи он аз омехтаи кислотаи фториди 4%-а ва кислотаи хлориди 13% иборат мебошад.

Бояд қайд кард, ки омехтаҳои кислотаҳои хлорид ва фторидро метавонанд бевосита ҳамчун композитсияи кислотаҳо барои тоза кардани минтақаҳои бо намакҳо пуршудаи коллекторҳои оби гарм истифода баранд ё инки дубора бо гидроксиди натрий коркард намуда, омехтаи хлорид ва фториди натрий ҳосил намоянд (реаксияи 3.8).



Омехтаи намакҳои фториди натрий ва хлориди натрийро метавонанд дубора барои коркарди омехтаи кислотаҳо истифода намоянд, ё инки дар технологияи истеҳсоли криолити бо усули гидрохимиявӣ ва истеҳсоли флюсҳои рӯйпӯш ва тозакунонда, истифода баранд.

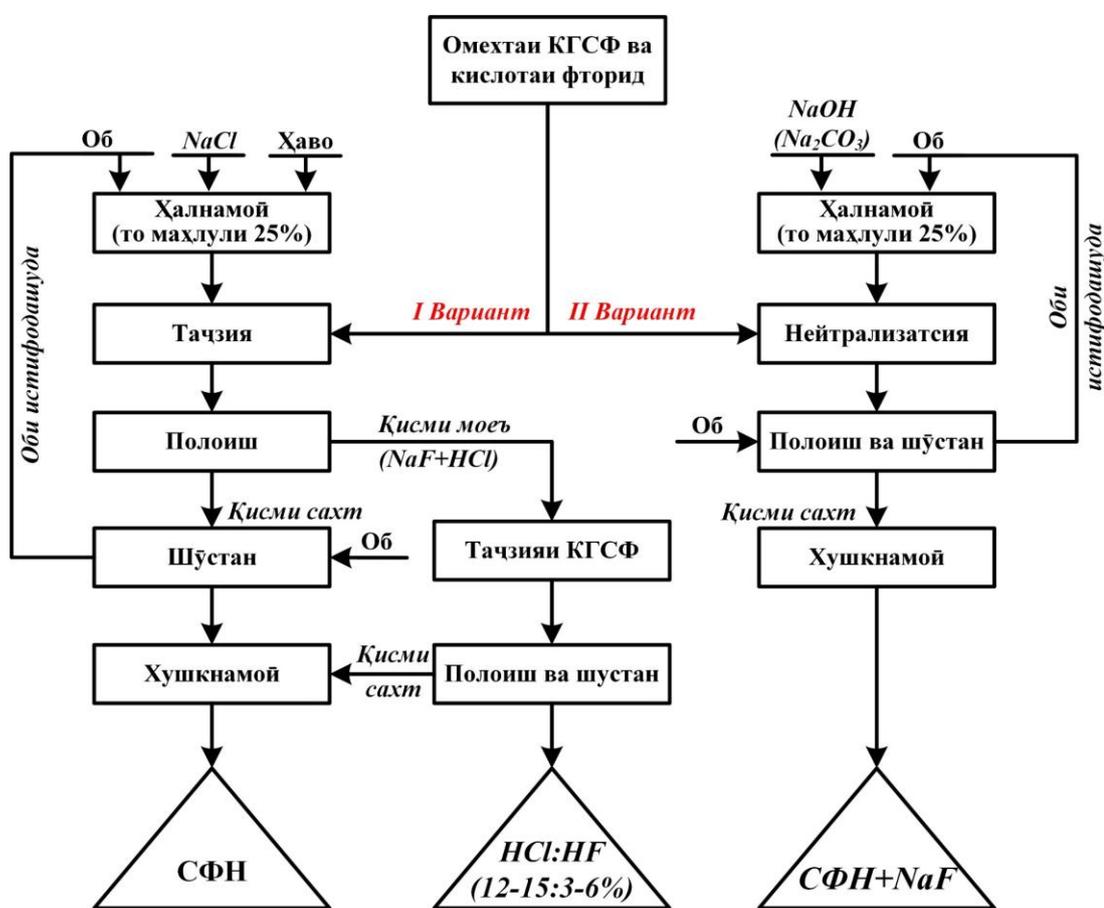
3.2 Таҳияи схемаи принципиалию технологияи коркарди омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо мақсади ҳосил намудани омехтаи СФН ва фториди натрий

Дар натиҷаи гузаронидани таҳқиқотҳои озмоишгоҳӣ, схемаи технологияи коркарди омехтаи кислотаҳо барои ҳосил кардани омехтаи СФН ва фториди натрий таҳия карда шуд (ниг. ба расми 3.10).

Мувофиқи варианти якуми схемаи асосии технологӣ, ба маҳлули 25%-и хлориди натрий аз рӯйи ҳисоби стехиометрӣ, омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид илова менамоянд. Лойобаи ҳосилшударо полоиш намуда, як маротиба мешӯянд. Оби истифодашударо метавонанд барои омода намудани маҳлули хлориди натрий дубора истифода намоянд. Қисми моеъро, ки аз омехтаи фториди натрий ва кислотаи хлорид иборат аст, бо КГСФ коркард намуда, таҳшини силитсифториди натрий ҳосил мекунонд. Қисматҳои саҳти дар ду зина ҳосилшударо якҷоя намуда, хушк менамоянд ва маҳсулоти тайёри силитсифториди натрий ҳосил менамоянд. Дар қисмати моеъ омехтаи

кислотаҳои фторид ва хлорид боки мемонад, ки метавонанд дар соҳаҳои гуногун истифода намоянд.

Усули алтернативӣ (варинати дуум) имкон медиҳад, ки намакҳои муттаҳидшуда, аз ҷумла СФН ва NaF (бо истифода аз карбонат ва гидроксиди натрий) ба даст оварда шаванд. Маҳсулоти ҳосилшударо метавонад бевосита дар истеҳсоли электролизӣ, барои ҳосил намудани ҳӯлаи алюминию силитсий (силумин) ва ғудохтаи электролит, инчунин барои истеҳсоли сементҳои ба кислота ва гармӣ тобовар ва флюсҳои рехтагарӣ, истифода намоянд.



Расми 3.10. – Схемаи принципалию технологияи истеҳсоли омехтаи СФН ва фториди натрий аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз намакҳои натрийдор

Дар чараёни гузаронидани таҳқиқотҳои лабораторӣ ва ҳисобҳои дахлдори стехиометрӣ, муайян карда шуд, ки ҳангоми коркарди 100 кг омехтаи кислотаҳо, ки иборат аз 30% КГСФ ва 22% кислотаи фторид мебошад, компонентҳои зерин сарф мешаванд: гидроксиди натрий – 42,99 кг (аз он

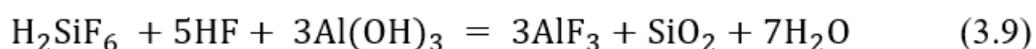
ҷумла 14,27 кг ё 33,19 % барои ҳосил кардани СФН; 28,72 кг ё 66,80% барои ҳосил кардани фториди натрий), сарфи об – 171,96 кг (ё 214,95 кг маҳлули 20%-и NaOH). Дар ин ҳолат 33,53 кг (52,64%) Na_2SiF_6 ва 30,16 кг (47,35%) NaF (ҷамъ 63,69 кг омехтаи ин намакҳо) ва 200 кг об ҳосил мешавад. Ба назар гирифтани лозим аст, ки дар ин шароит то 4% фториди натрий ва то 1,65% СФН дар об ҳал мешаванд.

Хулоса, ҳар ду варианти технологияи безаргардонии омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо мақсади ба даст овардани омехтаи намакҳои фтордор осон ва аз ҷиҳати экологӣ беҳатар ва инчунин аз ҳисоби истифода бурдани ашёи хоми минералии маҳаллӣ ва сарфи ками электроэнергия, аз ҷиҳати иқтисодӣ муфид мебошад.

3.3 Термодинамикаи раванди коркарди гидроксидаи алюминий дар омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид

Коркарди дубораи партовҳои саноатӣ, махсусан ҳангоми истеҳсоли намакҳои фтордор ва истифодаи захираҳои маҳаллӣ, аз нигоҳи иқтисодӣ ва экологӣ аҳамияти аввалиндараҷа дорад. Усули осонтарини коркарди омехтаи кислотаҳо – безаргардонӣ бо намакҳои натрийдор ва истеҳсоли фторидҳо мебошад.

Дар раванди коркарди маҳсулоти иловагӣ бо истифодаи гидроксидаи алюминий синтези AlF_3 мувофиқи схемаи зерин иҷро мегардад:



Дар ҳудуди ҳарорати 303-363 К параметрҳои термодинамикии реаксияи коркарди омехтаи кислотаҳо бо гидроксидаи алюминий омӯхта шуда, константаи мувозинат ва энергияи озоди Гиббс ҳисоб гардидааст.

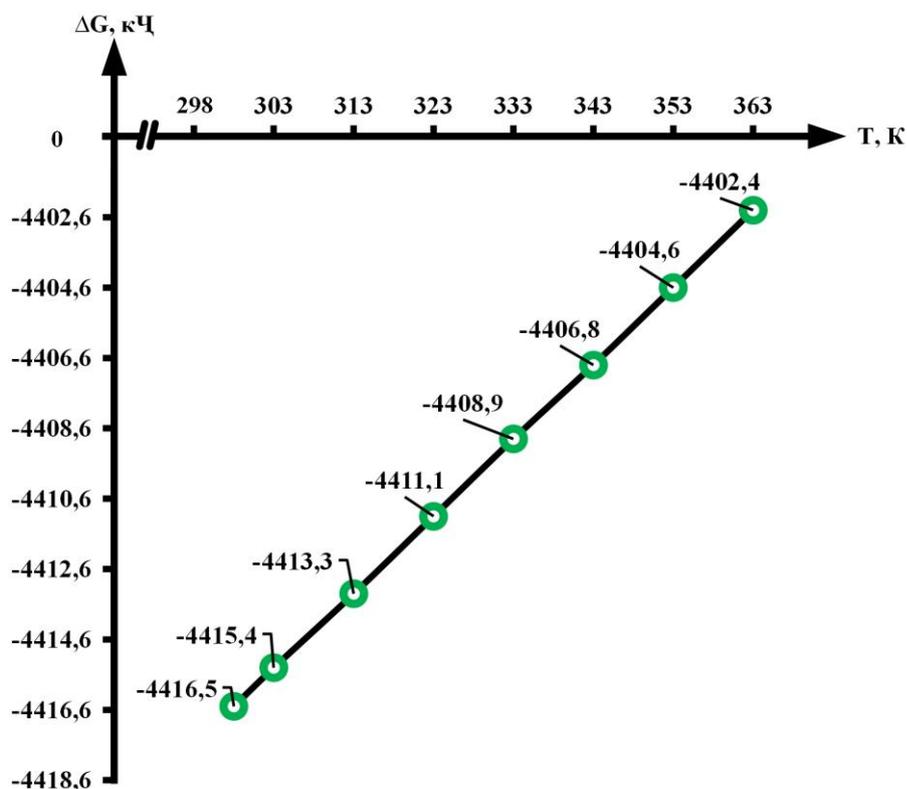
Бо мақсади муайян намудани худ аз худ гузариши реаксияҳо бо истифода аз муодилаи Кирхгофф ($\Delta H_{303}^0 = \Delta_a + (T - 298) + \Delta_b/2(T^2 - 298^2) + \Delta_c/2(T^2 - 298)$), тағйирёбии бузургии энталпия дар ҳудуди ҳароратҳои интиҳобшуда ҳисоб карда шуда, натиҷаи он дар ҷадвали 3.2 оварда шудааст.

Ҷадвали 3.2 – Вобастагии тағйирёбии потенциалҳои термодинамикӣ аз ҳарорат барои реаксияи 3.9

№	T, K	$-\Delta H_{кҶ}$	$\Delta S_{кҶ/к}$	$-\Delta G_{кҶ}$
1	298	-4416,7	-0,62	-4231,9
2	303	-4415,6	-0,62	-4415,4
3	313	-4413,5	-0,62	-4413,3
4	323	-4411,3	-0,62	-4411,1
5	333	-4409,1	-0,62	-4408,9
6	343	-4406,9	-0,62	-4406,8
7	353	-4404,8	-0,62	-4404,6
8	363	-4402,6	-0,62	-4402,4

Чуноне ки аз ҷадвали 3.2 дида мешавад, бузургии энталпияи реаксия қиматҳои манфӣ дошта, ҳангоми баланд шудани ҳарорат аз 303 то 363 К бузургии энталпия қиматҳои манфӣ камтарро соҳиб мешаванд, ки ин ҳолат вобастагии гармии реаксияи экзотермиро аз ҳарорат дуруст ифода мекунад.

Таъсири ҳарорат ба энергияи озоди Гиббси реаксия дар доираи 298 то 363 К графикӣ дар расми 3.11 нишон дода шудааст.



Расми 3.11 – Вобастагии тағйирёбии энергияи озоди Гиббси реаксияи 3.9 аз ҳарорат

Таҳлили расми 3.11 нишон медиҳад, ки бо баландшавии ҳарорат арзишҳои энергияи озоди Гиббс манфии худро коҳиш дода, ба минтақаи мусбӣ наздик мешаванд. Ин тамоюл ба коҳиши афзалияти термодинамикии равандҳои коркарди омехтаи кислотаҳо дар ҳарорати баланд ишора мекунад.

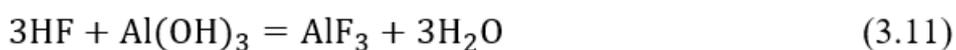
Муҳим аст таъкид шавад, ки боҳамтаъсиркунии $\text{Al}(\text{OH})_3$ бо КГСФ-и концентронида бо таъсири раванди экзотермӣ ҳамроҳ шуда, ба ташаккули таҳшини таркиби мураккабдошта, аз ҷумла AlF_3 -и кристаллӣ ва SiO_2 -и аморфӣ оварда мерасонад, ки ҷудо кардани минбаъдаи фазаҳоро душвор мегардонад. Барои баланд бардоштани сифати раванд, омехтаи кислотаҳоро пешакӣ то 15% аз рӯи КГСФ оварда мерасонанд, ки ин ба ташаккули шакли ҳалшавандаи AlF_3 дар муҳити кислота мусоидат мекунад.

Дар чунин шароит реаксия бо $\text{Al}(\text{OH})_3$ суст мегузарад, аммо бо баланд шудани ҳарорат то 95°C суръати он ба таври назаррас меафзояд. Мувофиқи таҳлили термодинамикӣ, раванд худ ба худ гузашта, ба ҳосилшавии омехтаи AlF_3 ва SiO_2 -и аморфӣ оварда мерасонад.

3.4 Параметрҳои химиявӣ технологияи ба даст овардани AlF_3 ва SiO_2 -и аморфӣ аз маҳсулоти иловагӣ

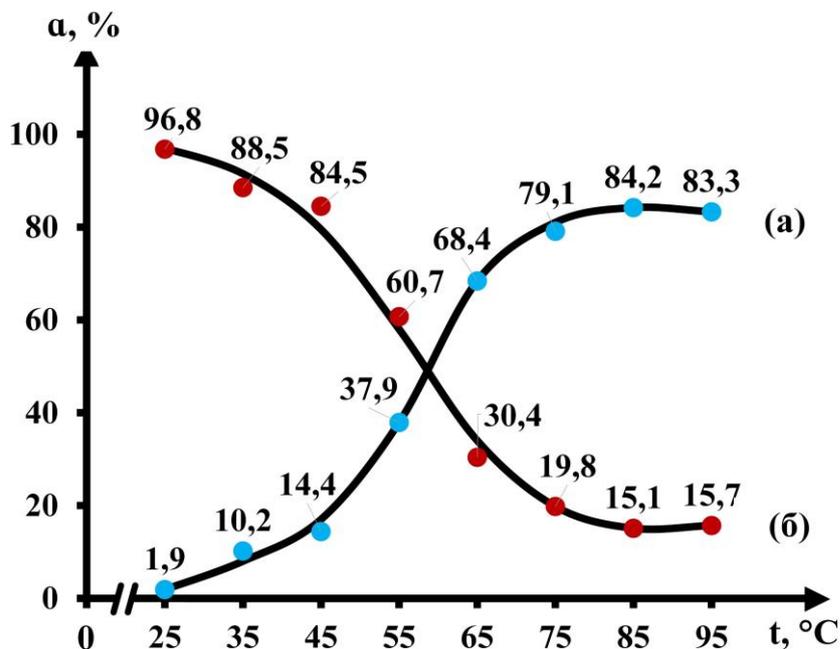
Металли алюминий дар саноат аз гилҳок тавассути электролиз дар электролитҳои гудохта истеҳсол мешавад. Электролит асосан аз криолит иборта буда, барои танзими таносуби криолитӣ фториди алюминий илова мешавад (таносуби криолитӣ дар корхонаҳои муосир 2,3-2,4).

Рушди технологияи дастрас ва самараноки истеҳсоли AlF_3 , махсусан дар асоси коркарди партовҳо, то ҳол мавзӯи тавачҷуҳи назарраси илмӣ ва амалӣ боқӣ мемонад. Дар ин замина, дар шароити лабораторӣ имконияти синтези сефториди алюминий тавассути боҳамтаъсиркунии маҳсулоти иловагӣ бо $\text{Al}(\text{OH})_3$ (реаксияҳои 3.10 ва 3.11) омӯхта шуд.



Суръати ҷараёни реаксияҳои химиявӣ аз чор параметри асосӣ вобаста

аст: ҳарорат, вақт, консентратсия ва миқдори кислота. Бинобар ин дар навбати аввал, раванди ба даст овардани оксиди силитсийи аморфӣ, вобаста аз параметрҳои зикргардида омӯхта шуд, ки натиҷаи он дар расми 3.12 оварда шудааст.

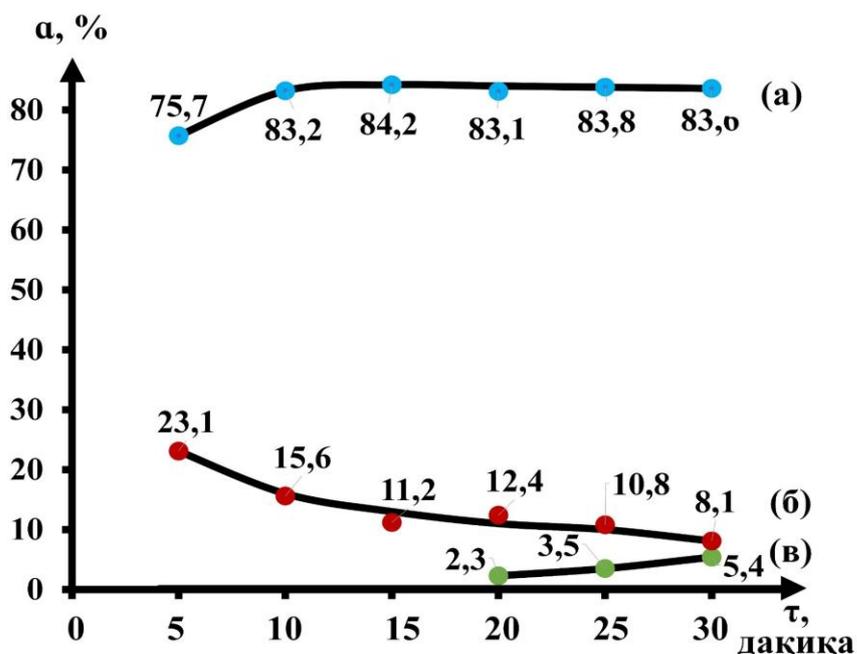


Расми 3.12 – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсийи аморфӣ аз ҳарорат:

(а) – дараҷаи ҷудошавии SiO_2 ; (б) – боқимондаи $\text{Al}(\text{OH})_3$ -и ғаймонанд

Таҳлили расми 3.12 нишон медиҳад, ки ҳангоми аз 25 то 85 °C тағйир додани ҳарорат, суръати реаксияи 3.10 зиёд шуда, инчунин бухоршавии омехтаи кислота то 15% мушоҳида мешавад. Дар чунин шароит дараҷаи ҷудошавии оксиди аморфӣи силитсий ба 84% мерасад, аммо тақрибан 15% $\text{Al}(\text{OH})_3$ боқӣ монда, дар маҳсулот ҳамчун ифлосӣ сабт мегардад (расми 3.12б). Баланд шудани ҳарорат аз 85 °C боло таъсири назаррас ба ҳосили SiO_2 -и аморфӣ намегузорад, вале дар ин ҳолат бухоршавии фаъоли фазаи моеъ бо қисман кристаллизатсияшавии фториди алюминий мушоҳида мешавад, ки падидаи номатлуб ба ҳисоб меравад.

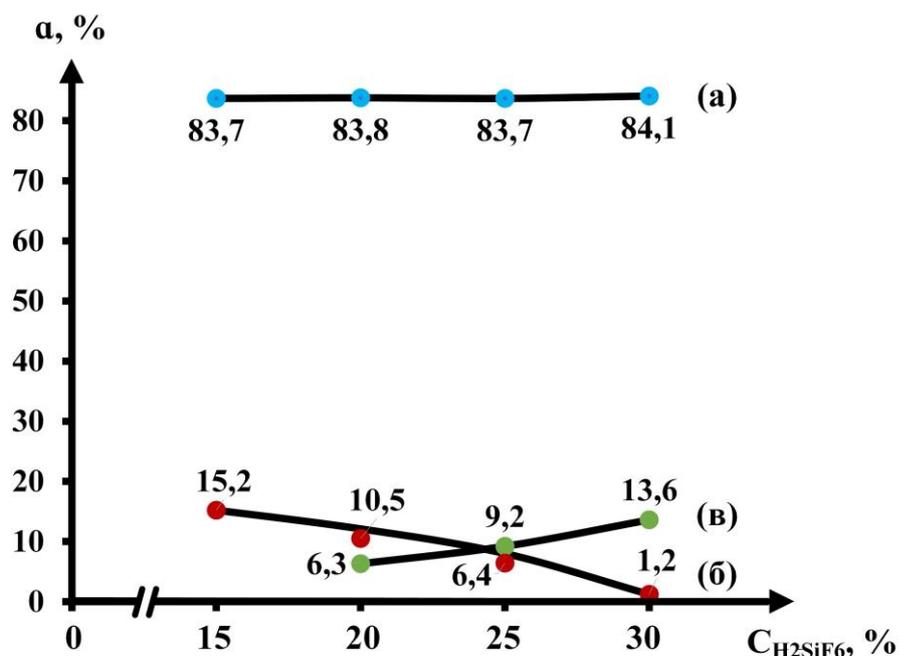
Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсийи аморфӣ аз давомнокии раванд дар расми 3.13 оварда шудааст.



Расми 3.13 – Дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсийи аморфӣ вобаста аз давомнокии раванд:
 (а) – дараҷаи ҷудошавии SiO_2 ; (б) – боқимондаи гидроксиди алюминийи ғашмонанд; (в) – AlF_3 -и кристаллизатсияшуда

Аз расми 3.13 дида мешавад, ки пас аз гузариши зиёда аз 15 дақиқа, миқдори оксиди аморфӣи силитсий (расми 3.13а) тағйир намеёбад. Аммо дар натиҷаи бухоршавӣ дар ҳамин марҳила, AlF_3 кристаллизатсия мешавад (расми 3.13в), ки ин ба ифлосшавии маҳсулоти ҳосилшуда – оксиди силитсийи аморфӣ – оварда мерасонад. Зимни зиёд намудани давомнокии раванд аз 5 то 15 дақиқа, миқдори гидроксиди алюминийи ғашмонанд (расми 3.13б) дар таркиби маҳсулот аз 23,1 то 11,2% кам мешавад.

Дар расми 3.14 дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсийи аморфӣ вобаста аз консентратсияи КГСФ дарҷ гардидааст.

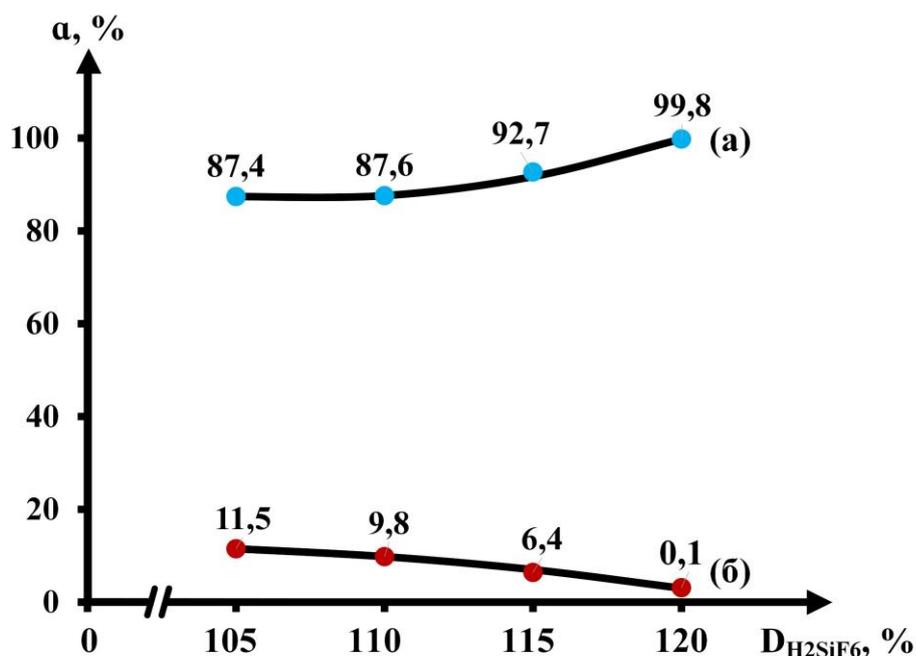


Расми 3.14 – Дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсӣи аморфӣ вобаста аз консентратсияи КГСФ:
 (а) – дараҷаи ҷудошавии SiO_2 ; (б) – боқимондаи $Al(OH)_3$ -и ғашмонанд; (в) – AlF_3 -и кристаллизатсияшуда

Зимни баланд намудани консентратсияи КГСФ суръати гузариши реаксияҳои 3.10-3.11 зиёд мегардад, аммо аз ҳисоби ҳосил шудани маҳлули сери AlF_3 кристаллизатсияи он (расми 3.14в) ба миён омада, маҳсулоти ин зинаро олуда месозад. Бинобар ин истифодаи КГСФ-и 15% мувофиқи мақсад мебошад.

Барои пурра ҳал шудани гидроксиди алюминий, вояи КГСФ аз рӯйи ҳисобҳои стехиометрӣ аз 100 то 120% зиёд карда шуд, ки дар натиҷа реаксияи 3.10 ба таври мукамал мегузарад (ниг. ба расми 3.15).

Чуноне ки аз расми 3.15 дида мешавад, зимни баланд намудани вояи КГСФ то 120% аз ҳисоби стехиометрӣ, дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсӣ то 99,8% баланд гардида, миқдори гидроксиди алюминийи ғашмонанд (расми 3.15б) ба миқдори ниҳой (0,1%) мерасад. Ҳамин тариқ параметрҳои оптималии технологияи мазкур чунин мебошад: ҳарорат – 85 °C, давомнокӣ – 15 дақиқа, консентратсияи КГСФ – 15%, вояи он – 120% аз рӯйи ҳисоби стехиометрӣ. Дар ин гуна шароит, дараҷаи ҷудошавии SiO_2 -и аморфӣ 99,8 %-ро ташкил медиҳад.



Расми 3.15 – Дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсийи аморфӣ, вобаста аз вояи КГСФ:

(а) – дараҷаи ҷудошавии SiO_2 ; (б) – боқимондаи гидроксиди алюминийи ғашмонанд

Барои муайян намудани таркиби химиявии оксиди силитсийи аморфӣ, таҳлили силикатӣ гузаронида шуда, натиҷаи он дар ҷадвали 3.3 дар муқоиса бо ГОСТ-и 9428-73, оксиди силитсий (кислотаи силитсийи беоб) оварда шудааст.

Ҷадвали 3.3 – Таркиби химиявии оксиди силитсийи аморфӣ дар муқоиса бо ГОСТ 9428-73

Номгӯи нишондиҳандаҳо	Меъёр		Оксиди силитсийии аморфӣ муқоисавӣ
	Тоza барои таҳлил (ч.д.а.) ТУМ 26 1122 0042 00	Тоza (ҷ) ТУМ 26 1122 0042 00	
Ҳиссаи массавӣ, %:			
SiO_2 , на кам аз модаҳои дар кислотаи фторид бухорнашаванда, на зиёда аз	98	96	98,1
нитратҳо (NO_3), на зиёда аз	0,2	0,5	0,4
сулфатҳо (SO_4), на зиёда аз	0,002	0,005	-
	0,015	Бе меъёр	0,02

Давоми ҷадвали 3.3

хлоридҳо (Cl), на зиёда аз	0,001	0,005	-
оҳан (Fe), на зиёда аз	0,002	0,005	0,003
металлҳои вазнин (Pb), на зиёда аз	0,003	0,007	0,002
ТЗТ, на зиёда аз	1,5	3	1,4

Чуноне ки аз ҷадвали 3.3. дида мешавад, тозагии оксиди силитсийи аморфӣ ба 98% баробар буда, гузариши реаксияҳои 3.10. ва 3.11-ро тасдиқ менамояд.

Ҳамзамон, барои ташаккули кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий, ки дар реаксияҳои 3.10 ва 3.11 ҳосил мешавад, пас аз полоиш ва ҷудо кардани оксиди силитсийи аморфӣ, таҳқиқоти сершумор вобаста ба тағйирёбии ҳарорат, давомнокии раванд ва вояи маркази кристаллизатсия (ҳокаи AlF_3) гузаронида шуд. Натиҷаҳои ин таҳқиқот дар ҷадвали 3.4 пешниҳод шудаанд.

Ҷадвали 3.4 – Таъсири параметрҳои гуногун ба кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий

№	Шароити кристаллизатсия			Дараҷаи ҷудошавии AlF_3 , %
	t, °C	τ, дақиқа	Миқдори иловакунанда (AlF_3), %	
1	50	60	20	5,01
2	60			23,36
3	70			27,34
4	80			40,49
5	90			64,90
6	90	120		85,17
7		150		89,59
8		180		94,63
9		210		95,05
10		240		97,96

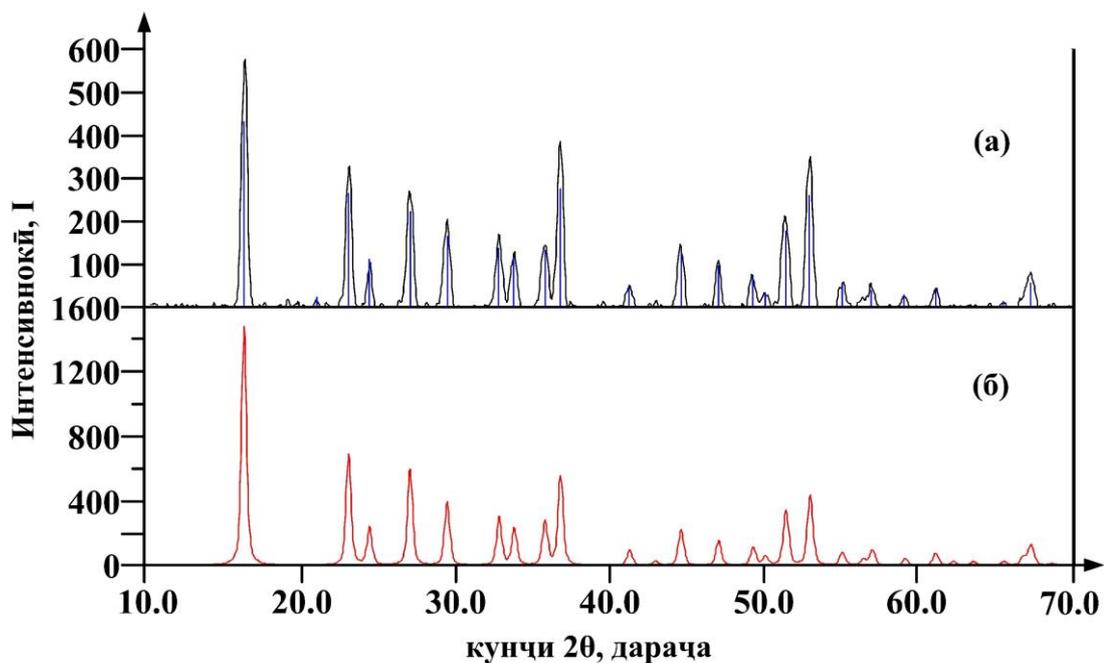
11	90	180	10	48,32
12			15	72,97
13			25	95,01
14			30	96,07
15			35	96,43

Чуноне ки аз ҷадвали 3.4 мушоҳида мешавад, зимни зиёд намудани ҳарорат аз 50 то 90 °С, кристаллизатсия фториди алюминий аз 5,01 то 64,9 % афзоиш меёбад. Дар ин ҳолат давомнокии раванд 60 дақиқа ва воияи маркази кристаллизатсия 20% доимӣ мебошанд. Таъсири давомнокии раванд аз 60 то 240 дақиқа омӯхта шуда, муайян гардид, ки то 180 дақиқа дараҷаи кристаллизатсияи фториди алюминий то 94,63% афзоиш меёбад. Зимни то 240 дақиқа зиёд намудани давомнокии раванд, маҳлули фториди алюминий пурра боҳор шуда, баромади он 97,96 %-ро дар бар мегирад. Бинобар ин барои паст намудани хароҷот ва фароҳам овардани шароит барои интиқоли лойоба ва полоиши он, нуктаи оптималии давомнокии раванд, 180 дақиқа гирифта мешавад. Таъсири иловаи маркази кристаллизатсия аз 10 то 35% омӯхта шуда, маълум гардид, ки аз 20% зиёд намудани он мувофиқи мақсад нест.

Ҳамин тариқ, параметрҳои оптималии раванди кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий чунин мебошад: ҳарорат – 90 °С, давомнокии раванд – 180 дақиқа, воияи маркази кристаллизатсия – 20% аз массаи ибтидоӣ. Дар чунин шароит дараҷаи кристаллизатсияи фториди алюминий, зиёда аз 94 %-ро ташкил медиҳад.

Пас аз муайян намудани параметрҳои оптималии технологияи мазкур, намунаи хокаи фториди алюминийи хушконидашуда, аз таҳлили рентгенофазавӣ гузаронида шуд (ниг. ба расми 3.16).

Аз расми 3.16 мушоҳида мегардад, ки намунаи мазкур ба минерали розенбергит (рақами он дар картотекаи PDF – 35-827) тааллуқ дошта, аз гузариши технологияи мазкур шаҳодат медиҳад.



Расми 3.16. – Рентгенограммаи намунаи таҳлилшаванда (а) ва эталони минерали розенбергит ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (б)

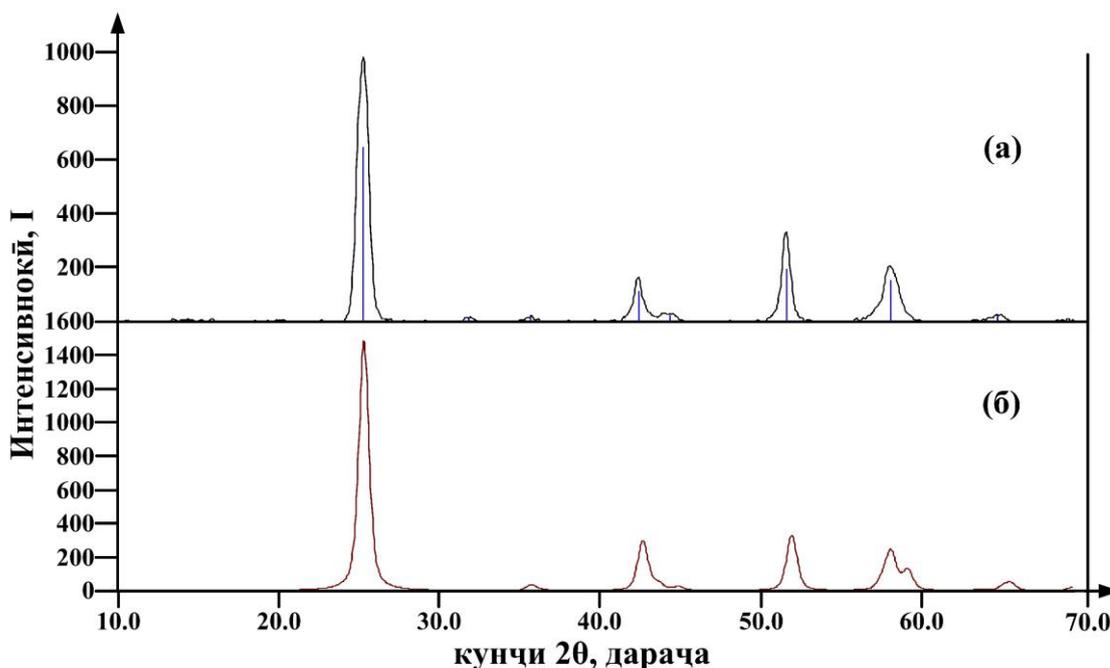
Бо мақсади нест намудани оби кристаллизатсионӣ таркиби фториди алюминий, намуна дар ҳарорати $500\text{ }^\circ\text{C}$ коркард мешавад. Бо мақсади муайян намудани дараҷаи тозагии фториди алюминийи ҳосилшуда, таҳлили химиявӣ дар Лабораторияи марказии ҚСК «ШАТ» гузаронида шуд, ки натиҷаи он дар ҷадвали 3.5 оварда шудааст.

Ҷадвали 3.5 – Муқоисаи таркиби химиявии намунаи дар ҳарорати $500\text{ }^\circ\text{C}$ коркардшуда, бо фториди алюминийи стандартӣ

Нишондиҳандаҳо	Фториди алюминийи техникӣ ГОСТ 19181-78		Намунаи санчишӣ
	Навъи олӣ	Навъи яқум	
Ҳиссаи массавӣ, %:			
AlF_3 , %, на кам аз	93	88	97,8
Al_2O_3 -и озод, %, на зиёда аз	4	7	1,12
ҷамъи $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, %, на зиёда аз	0,3	0,4	0,35
ТЗТ, %, на зиёда аз	2,5	3,5	0,5

Таҳлили маълумотҳои дар чадвали 3.5 овардашуда нишон медиҳад, ки ҳиссаи массаи фториди алюминий зиёда аз 98% мебошад, ки дараҷаи баланди тозагии онро тасдиқ мекунад.

Инчунин бо мақсади тасдиқ намудани таҳлилҳои химиявӣ ва гузариши реаксияҳои 3.10 ва 3.11 таҳлили рентгенофазавии намунаи дар ҳарорати 500 °C коркардшуда, гузаронида шуд (расми 3.17).



Расми 3.17 – Рентгенограммаи намунаи таҳлилшаванда (а) ва эталони AlF₃ (б)

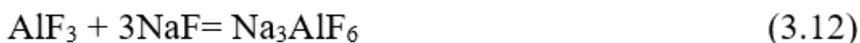
Мувофиқи расми 3.17, раҳҳои пайдошуда (расми 3.17а) ба пайвастагии сунъии AlF₃ (расми 3.17б), ки рақами он дар картотекаи PDF – 80-1007 мебошад, тааллуқ дошта, гузариши реаксияҳо ва натиҷаҳои таҳлилҳои химиявиро тасдиқ мекунад.

Таҳқиқотҳои физикавӣю химиявӣ мутобиқати маҳсулоти ба дастомадаро ба талаботи ГОСТ 19181-78 собит намуданд, ки имкон медиҳад онро ҳамчун ашёи хом барои истеҳсоли электролит дар истеҳсоли алюминий тавсия кард.

3.5. Технологияи синтези криолит аз маҳлулҳои фтордор

Технологияи таҳияшудаи синтези криолит ба таҳшиншавии он аз маҳлулҳои обии фториди алюминий ва натрий дар шароити лабораторӣ асос

ёфтааст, ки имконияти ба даст овардани маҳсулоти мақсадноки сифати муайянро бо истифодаи реагентҳои танзимшуда тасдиқ мекунад. Дар натиҷаи реаксияи таҳшинии таҳти рақами 3.12 пешниҳодшуда, криолити кристаллӣ ҳосил мегардад, ки имконияти технологияи ба даст овардани онро аз маҳсулоти иловагӣ собит менамояд.



Бо мақсади амалӣ намудани гузариши реаксияи мазкур, эҳтимолияти таъсири ҳарорат, давомнокии раванд ва вояи маҳлули фториди натрий вучуд дошта, ин параметрҳо дар шароити лабораторӣ омӯхта шуданд, ки натиҷаи он дар ҷадвали 3.6. оварда шудааст.

Ҷадвали 3.6 – Дараҷаи ҷудошавии криолит вобаста аз ҳарорат, давомнокии раванд ва вояи фториди натрий аз маҳлули фториди алюминий

№	Параметрҳои омӯхташаванда			Дараҷаи ҷудошавии криолит, %	
	t, °C	τ, дақиқа	D _{NaF} , %		
1	25	5	100	99,60	
2	45			99,44	
3	65			98,90	
4	85			98,10	
5	65	10		98,31	
6		15		98,24	
7		20		98,12	
8		25		98,01	
9		5		80	86,50
10				90	90,10
11				110	99,86
12				120	99,98

Параметрҳои синтези криолит (25-85 °C, 5-25 дақиқа) таъсири назаррас ба дараҷаи таҳшиншавӣ намегузоранд, ки он устуворона зиёда аз 98% мебошад. Вояи NaF камтар аз 90% баромадро коҳиш медиҳад, дар ҳоле ки зиёдшавии он аз 110% ба ташаккули хиолит оварда мерасонад, ки падидаи

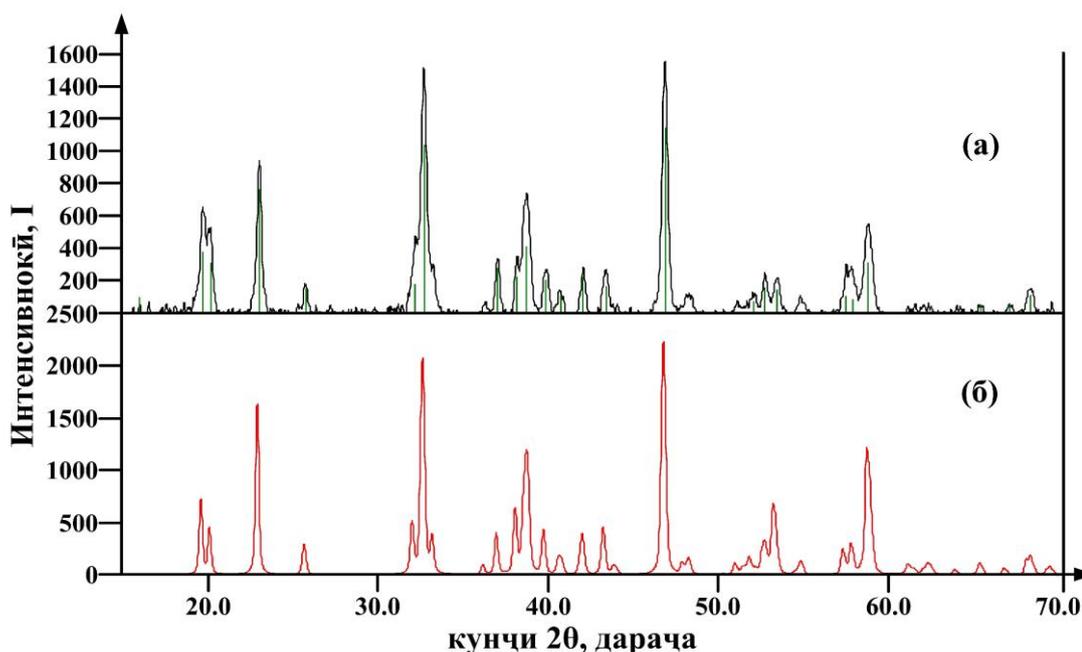
номатлуб аст. Параметрҳои оптималӣ чунинанд: ҳарорат 65-85 °С, давомнокӣ 5-10 дақиқа, вояи фториди натрий 100%.

Дар ҷадвали 3.7 таркиби химияи криолит оварда шудааст, ки мувофиқи натиҷаҳои он маҳсулот ба талаботҳои стандартӣ ҷавобгӯ аст.

Ҷадвали 3.7 – Муқоисаи таркиби химиявии криолити ҳосилшуда бо криолити стандартӣ

Нишондиҳандаҳо	ГОСТ 10561-80. Меъёри навъҳо			Криолити санҷишӣ
	Олӣ	Якум	КИ	
Ҳиссаи массавӣ, %:				
F, на кам аз	54	54	52	53,8
Al, на беш аз	18	19	23	12,6
Na, на кам аз	23	22	13	32,6
SiO ₂ , на беш аз	0,5	0,9	1,5	0,12
Fe ₂ O ₃ , на беш аз	0,06	0,08	0,1	0,03
SO ₄ , на беш аз	0,5	1,0	1,0	0,03
Об, на беш аз	0,2	0,5	0,8	0,22

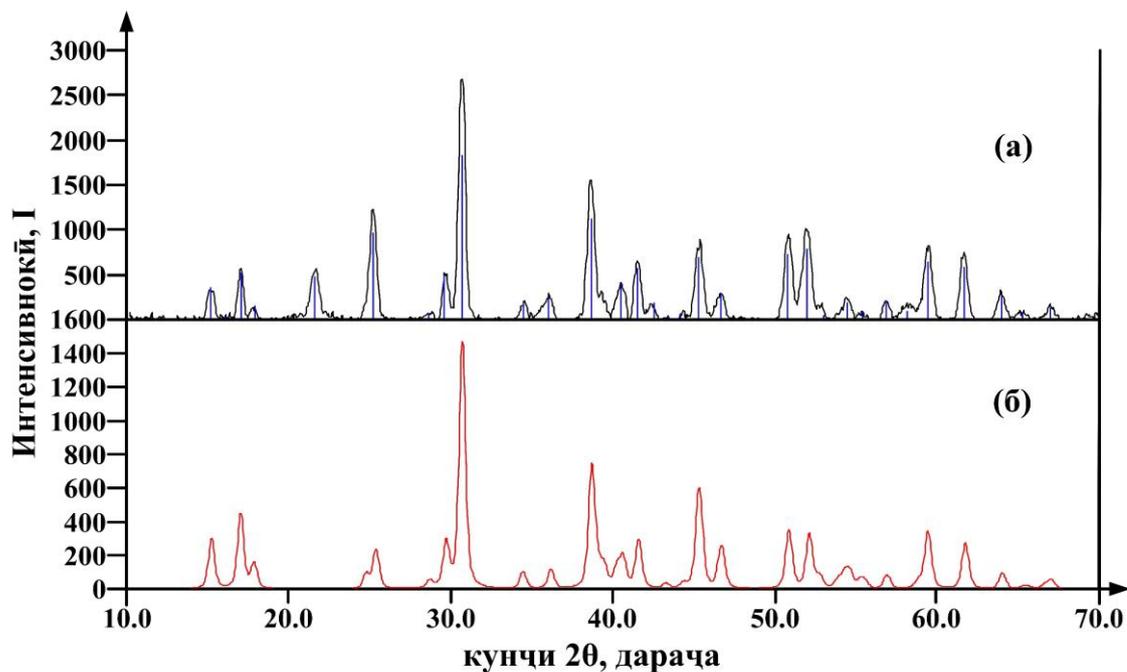
Таҳлили рентгенофазаӣ, ки барои санҷиши маълумоти таҳқиқоти химиявӣ ва тасдиқи реаксияи синтези криолит гузаронида шуд, мавҷудияти раҳҳои дифраксионии равшанро нишон дода, ба сохтори кристаллии Na₃AlF₆ мувофиқат мекунад (расми 3.18).



Расми 3.18-Рентгенограммаи намунаи таҳлилшаванда (а), эталони Na₃AlF₆ (б)

Таҳлили рентгенограмма (расми 3.18) нишон дод, ки аз 24 рахи дифраксионии сабтшуда 22-тои онҳо бо хусусиятҳои минерали криолит мувофиқи пойгоҳи маълумоти PDF № 70-1606 мувофиқат мекунад. Ин натиҷаҳо дурустии таҳлили химиявиро тасдиқ намуда, ба ҷараёни реаксияи 3.12 бо ташаккули фазаи кристаллии Na_3AlF_6 ишора мекунад.

Чуноне ки қайд гардида буд, зиёд намудани воёи маҳлули NaF ба ҳосилшавии минерали хиолит (PDF – 30-1144) оварда мерасонад (расми 3.19).



Расми 3.19 – Рентгенограммаи намунаи таҳқиқшаванда (а) ва эталони хиолит - $\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$ (б)

Ишора шуда буд, ки ҳарорат ба суръати полоиши криолит таъсири зиёд дошта, таҳқиқотҳо дар ин самт гузаронида шуданд. Таҳқиқотҳои мазкур бо истифода аз қифи одӣ ва дастгоҳи вакуумии полоишӣ дар шароити лабораторӣ омӯхта шуда, натиҷаи онҳо дар ҷадвали 3.8 оварда шудааст.

Ҷадвали 3.8 – Омӯзиши суръати полоиши криолит вобаста аз ҳарорат

№	Ҳарорат, °C	Суръати полоиш вобаста аз:	
		қифи одӣ, дақиқа	таҷҳизоти вакуумӣ, дақиқа
1	25	210	35
2	45	160	17
3	65	75	8
4	85	60	5

Баланд кардани ҳарорат аз 25 то 85 °C суръати положиши криолитро аз 210 то 60 дақиқа кам мекунад. Истифодаи дастгоҳи вакуумӣ онро боз аз 35 то 5 дақиқа коҳиш медиҳад. Пас, барои ҳосил намудани криолит беҳтар аст ҳароратро 65-85 °C нигоҳ дошта, положишро бо дастгоҳи вакуумӣ анҷом диҳанд.

Усули мазкур бо соддагии технологӣ, самаранокии баланд ва сатҳи пасти харочоти энергетикӣ фарқ мекунад, ки ин онро барои истифодаи саноатӣ ояндадор месозад.

3.6 Тавсифи равандҳои кинетикӣ зимни коркарди маҳсулоти иловагии истеҳсоли бо гидроксиди алюминий

Ёдовар мешавем, ки яке аз роҳҳои коркарди омехтаи кислотаҳо, нейтрализатсияи он бо истифодаи содаи каустикӣ, ё инки калсинатсияшуда ба шумор рафта, дар натиҷа омехтаи СФН ва фториди натрий ҳосил мешавад. Ҳамзамон имконияти истеҳсоли фториди алюминий ва оксиди силитсийи аморфӣ вучуд дорад, ки аз ҷиҳати иқтисодӣ ва экологӣ ғоидаи назаррас ба даст меояд.

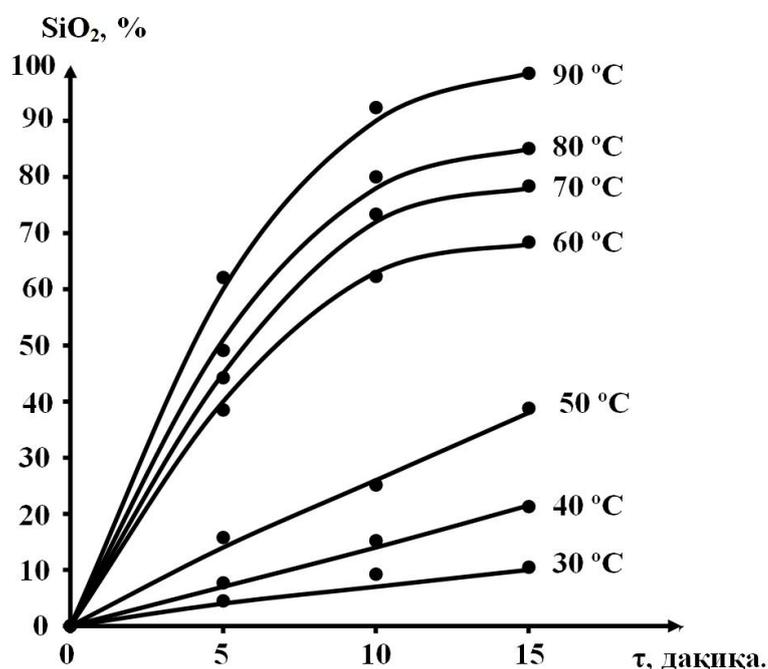
Тавре ки қаблан муқаррар гардида буд, раванди безаргардонии омехтаи кислотаҳо бо гиббсит марҳила ба марҳила мегузарад. Дар марҳилаи аввал ташаккули шакли аморфӣи SiO_2 ва сефториди алюминийи ҳалшаванда ба амал меояд. Дар марҳилаи дуюм, бо тағйир ёфтани шароити муҳит, кристаллизатсияи AlF_3 аз маҳлул мушоҳида мешавад.

Безаргардонии омехтаи кислотаҳо бо истифодаи гиббсит дар ҳарорати 90 °C, давомнокии 15 дақиқа, концентратсияи H_2SiF_6 15%, HF 8% ва вояи кислотаҳо, ки 120% мувофиқи ҳисоби стехиометрӣ мебошад, амалӣ мегардад. Дар чунин параметрҳо дараҷаи баланди таҳшиншавии шакли аморфӣи дуоксиди силитсий (98,5%) ва баромади фториди алюминий ба маҳлул (95,5%) ба даст оварда мешавад.

Кинетикаи нейтрализатсия ва кристаллизатсияи омехтаи кислотаҳо бо $\text{Al}(\text{OH})_3$ таҳқиқ гардида, аввалан, таҷзияи $\text{Al}(\text{OH})_3$ барои ҳосил кардани SiO_2 -

и аморфӣ дар ҳароратҳои 30-90 °C ва давомнокии 5-15 дақиқа омӯхта шуд.

Омӯзиши дараҷаи ҷудошавии SiO₂-и аморфӣ вобаста аз давомнокии таҷзия дар ҳудудҳои гуногуни ҳарорат дар расми 3.20 оварда шудааст.



Расми 3.20 – Вобастагии баромади оксиди силитсийи аморфӣ аз давомнокии раванд дар ҳароратҳои гуногун

Дар ҳарорати 30-50 °C қачҳои кинетикӣ хати рост доранд (расми 3.20), дар ҳоле ки дар 60-90 °C онҳо аз шакли рост ба шакли параболӣ мегузаранд. Ҳисобҳо мувофиқи муодилаи тартиби аввал мебошанд.

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = k(1 - \alpha), \quad (3.1)$$

Дар ин ҷо: α – дараҷаи таҳшиншавии оксиди силитсийи аморфӣ;

τ – вақт, дақиқа;

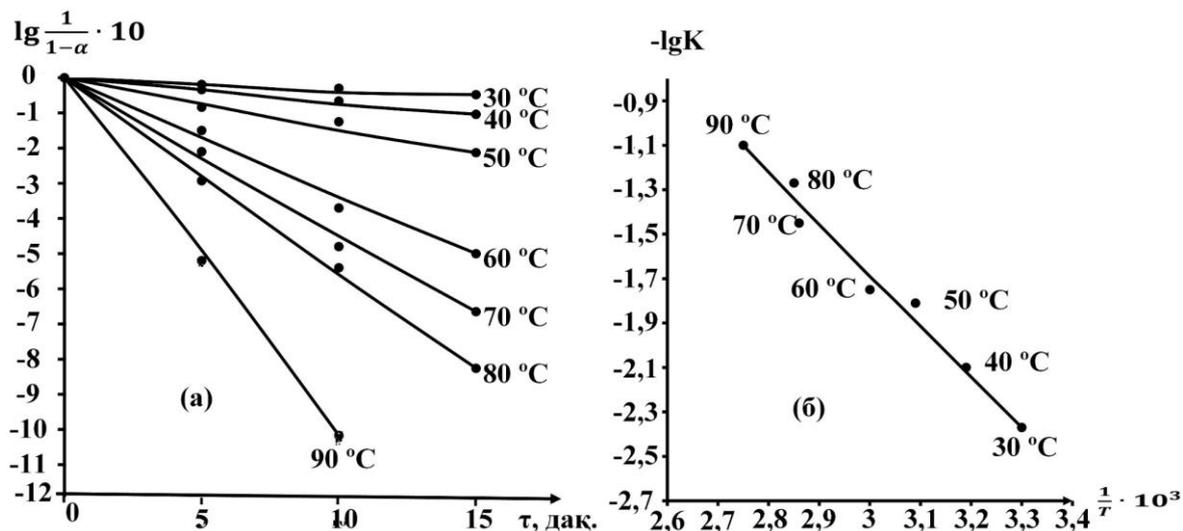
k – константаи суръати реаксия, дақиқа⁻¹.

Баъд аз дигаркунии наон қадар мушкили математикӣ, муодилаи (3.2)-ро метавонем ба шакли зерин ифода кунем:

$$\lg \frac{1}{1 - \alpha} = \frac{k\tau}{2,303} \quad (3.2)$$

Дар расми 3.21 натиҷаи ҳисобҳои кинетикӣ ва раванди таҷзияи

гидроксиди алюминий дар омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид оварда шудааст.



Расми 3.21 – Графикҳои вобастагии $\lg \frac{1}{(1-\alpha)}$ аз вақт (а) ва $\lg K$ аз ҳарорати мутлақи баръакс (б)

Чуноне ки аз графики вобастагии $\lg \frac{1}{(1-\alpha)}$ аз вақт (расми 3.21) дида мешавад, рахҳои ҳосилшуда қиматҳои манфӣ дошта, зимни таҳлили ин хатҳо, қимати константаи суръати раванди нейтрализатсия дар ҳудуди таҳқиқшавандаи ҳарорат ҳисоб карда шуд.

Вобастагии константаи суръати реаксия аз ҳарорат бо муодилаи Аррениус ҳисоб шуда, натиҷаи он дар ҷадвали 3.9 оварда шудааст.

Ҷадвали 3.9 – Ҳисоби константаи таҳшиншавии оксиди силитсийи аморфӣ дар ҳароратҳои гуногун

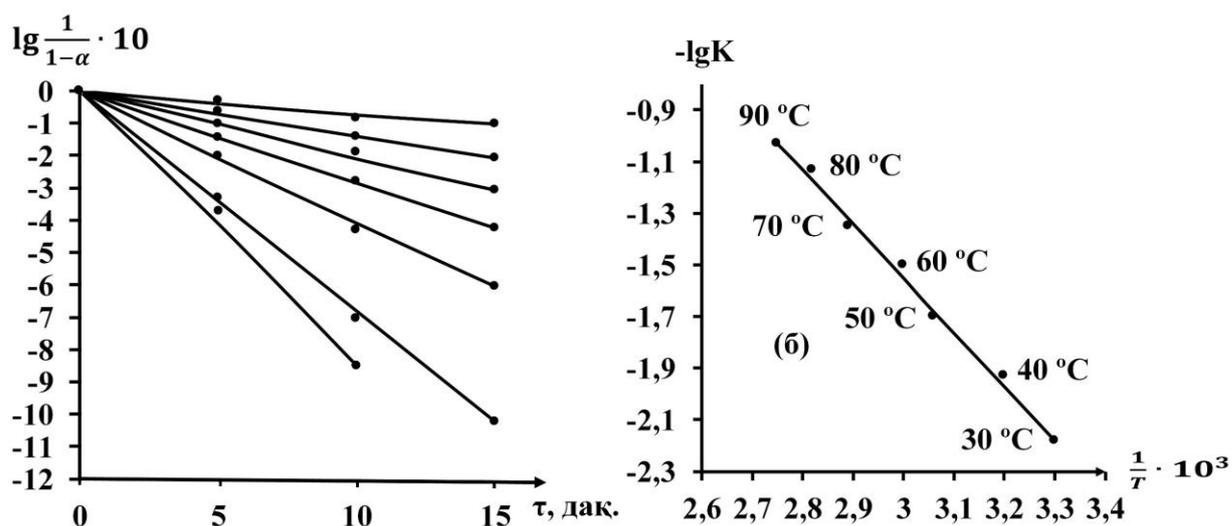
№	303К	313К	323К	333К	343К	353К	363К
$K_{p-я}, \text{дақиқа}^{-1}$	0,0042	0,0081	0,0161	0,0456	0,0591	0,0711	0,1231

Вобастагии константаи суръати реаксия аз ҳарорат бо муодилаи Аррениус ҳисоб карда мешавад:

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$$

ё ин ки:
$$\lg k = \lg k_0 - \frac{E}{2.303RT}, \tag{3.3}$$

дар ин ҷо: k – константаи суръати раванди таҷзия; k_0 – зарифи пеш аз экспоненциалӣ; E – энергияи фаъолнокии зоҳирӣ, кҶ/мол; R – доимии универсалии газҳо, Ҷ/мол·град; T – ҳарорати мутлақ, К.



Расми 3.23 – Графикҳои вобастагии $\lg \frac{1}{1-\alpha}$ аз вақт (а) ва вобастагии $\lg K$ аз ҳарорати мутлақи баръакс (б), зимни ҳосил намудани фториди алюминий

Аз графики вобастагии тағйирот аз вақт (расми 3.23а) низ дида мешавад, ки хатҳои ёфташуда қиматҳои манфӣ доранд. Ин ҳолат нишон медиҳад, ки барои ҳисоб кардани қимати константаи суръати реаксияҳо бояд ба ин омил диққат дода шавад. Қимати константаи суръат дар ҳудуди ҳароратҳои таҳқиқшаванда бар асоси таҳлили дақиқи хатҳо ҳисоб карда мешавад.

Вобастагии константаи суръати реаксияро аз ҳарорат бо муодилаи Аррениус ҳисоб намудем ва натиҷаи он дар ҷадвали 3.10 оварда шудааст.

Ҷадвали 3.10 – Ҳисоби константаи суръати реаксияи ҷудошавии маҳлули фториди алюминий дар ҳароратҳои гуногун

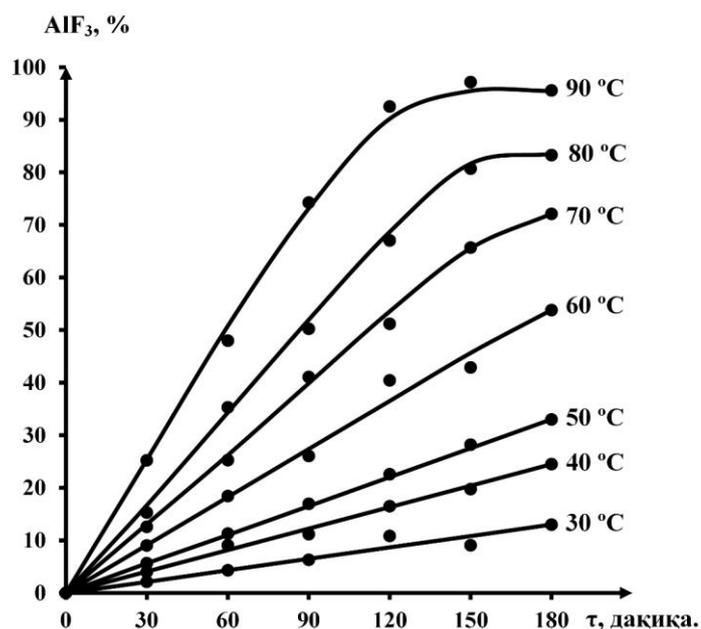
№	303К	313К	323	333К	343К	353К	363К
$K_{p/y}$, дақиқа ⁻¹	0,0074	0,0149	0,0216	0,0311	0,0493	0,0725	0,9121

Энергияи фаъолнокии раванди ҳосилшавии маҳлули фториди алюминий бо истифодаи муодилаи Аррениус ҳисоб шуда, 38,71 кҶ/мол муқаррар гардид. Қимати ҳисобкардашудаи энергияи фаъолнокии ҳосилшавии маҳлули AlF_3 шаҳодат аз он медиҳад, ки раванди мазкур дар ҳудуди интиқоли мегузарад.

Чуноне ки қаблан қайд гардида буд, пас аз ҷудо намудани SiO_2 -и аморфӣ дар зинаи дуюм раванди кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий гузаронида мешавад. Бинобар ин кинетикаи кристаллизатсияи фториди алюминий дар ҳудуди ҳарорати аз 30 то 90 °C ва давомнокии раванд аз 30 то

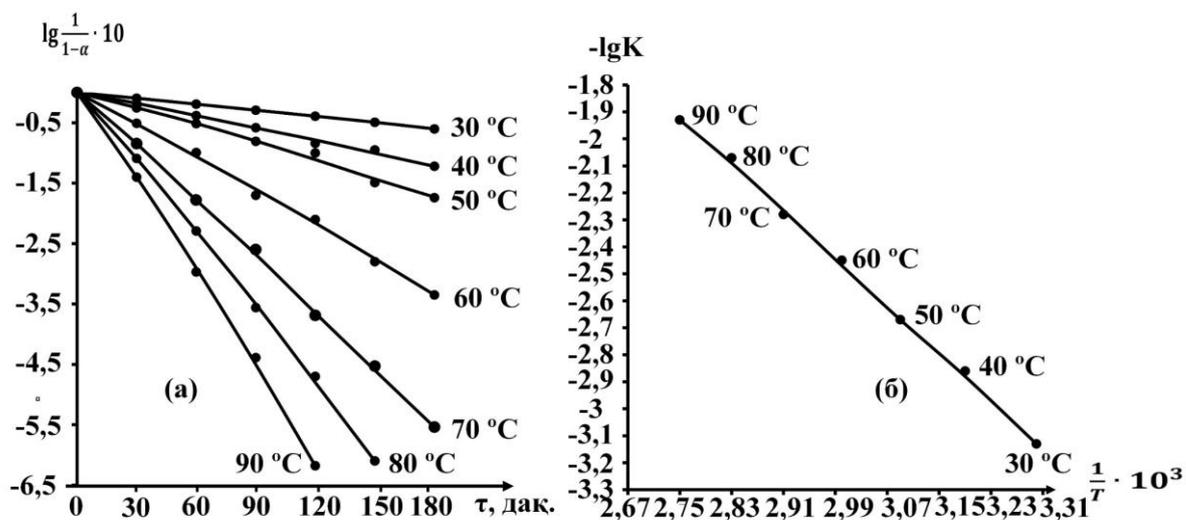
180 дақиқа омӯхта шуда, натиҷаи он дар расми 3.24 оварда шудааст.

Инчунин зимни сохтани график (расми 3.24) маълум гардид, ки шурӯъ аз ҳарорати 70 то 90 °C қачхатаҳои кинетикӣ хусусияти параболиро мегиранд.



Расми 3.24 – Дараҷаи кристаллизатсияи фториди алюминий аз давомнокии раванд дар ҳароратҳои гуногун

Ҳангоми кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий, ки ҳангоми таҷзияи гидроксиди алюминий бо омехтаи кислотаҳо ҳосил мешавад, ва бо назардошти ҳисобҳои кинетикӣ таҳқиқот, натиҷаҳои муҳим дар расми 3.25 нишон дода шудаанд.



Расми 3.25 – Графикҳои вобастагии $\lg 1/(1-a)$ аз вақт (а) ва вобастагии $\lg K$ аз ҳарорати мутлақи баръакс (б)

Аз графикаи вобастагии $\lg \frac{1}{(1-\alpha)}$ аз вақт (расми 3.25а) дида мешавад, ки хатҳои зимни кристаллизатсияи фториди алюминий тасвирёфта, қиматҳои манфӣ дошта, зимни таҳлили ин хатҳо, қимати константаи суръати раванди кристаллизатсия дар ҳудуди таҳқиқшавандаи ҳарорат ҳисоб карда шуд.

Зимни ҳисоб бо муодилаи Аррениус муайян гардид, ки раванди кристаллизатсияи маҳлули AlF_3 дар ҳудуди интиқоли мегузарад, зеро энергияи фаъолнокӣ 39,8 кҶ/молро ташкил медиҳад.

Ҳамин тариқ, қиматҳои ҳисобшудаи кинетикӣ, механизми равандро ҳангоми таҷзияи гидроксиди алюминий дар омехтаи кислотаҳо бо мақсади ҳосил намудани оксиди аморфӣ силитсий ва фториди Al муайян намуда, имкон медиҳанд, ки шароити оптималӣ барои татбиқи ин технология интихоб карда шавад.

3.7 Технологияи ҳосил намудани шишаи моеъ аз оксиди силитсий аморфӣ

Мафҳуми «шишаи моеъ» хеле васеъ буда, дар худ маҳлулҳои обию ишқорӣ силикатҳоро сарфи назар аз намуди катион, концентратсияи оксиди силитсий, сохтори полимерии он ва усулҳои ҳосилкунии чунин маҳлулҳоро таҷассум менамояд. Шишаи моеъро дар саноат, одатан, аз реҷи кварсӣ зери таъсири ҳароратҳои баланд ва фишор истеҳсол мекунанд. Дар баробар ин, роҳи нисбатан содда – ҳосил намудани он аз оксиди силитсийи аморфӣ ба шумор меравад.

Дар табиат се намуди оксиди силитсийи аморфӣ мавҷуд мебошад, аз қабилӣ трепел, диатомит, инфузорит, ки байни худ танҳо бо пайдоиш фарқ намуда, аз рӯйи хосияти физикавӣ химиявӣ бошад, ба ҳамдигар хело наздик мебошанд. Таркиби асосии онҳо аз SiO_2 иборат буда, миқдори он дар ҳудудҳои гуногун фарқ мекунад ва метавонад то 94-95% расад. Миқдори ғашҳо, махсусан оксидҳо дар ҳудудҳои 5-20% мебошанд.

Яке аз талаботҳои асосии коршоям будани ашё хом барои истеҳсоли

шишаи моеъ – ин миқдори максималии SiO₂-и аморфӣ ва миқдори ками ғашҳо мебошад, ки ғашҳо манбаъи олудаҷавии маҳлулҳои ишқорӣ силикатҳо буда, боиси пайдоҷавии таҳшинҳои ҳалнаҷаванда мегарданд. Бинобар ин миқдори ғашҳо дар таркиби оксиди силитсӣ аморфӣ, ки аз омехтаи кислотаҳо ҳосил мешавад, хело кам буда, ҳосил намудани шишаи моеъ аз онҳо самаранок мебошад.

Дар шароити лабораторӣ реаксияи ҳосилкунии шишаи моеъ аз SiO₂-и аморфӣ (реаксия 3.13) ҳангоми тағйир додани концентратсияи NaOH, ҳарорат ва вақт омӯхта шуд.



Дар ҷадвали 3.11, таъсири параметрҳои гуногун ба дараҷаи ҳалҷавии оксиди аморфӣ силитсӣ дарҷ гардидааст.

Ҷадвали 3.11 – Шароити ҳалҷавии оксиди силисийи аморфӣ дар гидроксиди натрий

№	t, °C	τ, дақиқа	Концентратсияи NaOH, %	Дараҷаи ҳалҷавӣ, %	
1	25	60	15	8,5	
2	45			35,7	
3	65			67,3	
4	85			88,4	
5	90			98,8	
6	90	15		20,3	
7		30		56,8	
8		45		79,4	
9		75		98,1	
10		60		5	98,3
11				10	98,7
12				20	98,5
13				25	98,8

Муайян гардид, ки бо зиёд кардани ҳарорат (25-90 °C), давомнокии раванд (15-60 дақиқа) ва концентратсияи NaOH (5-25%) ҳалшавандагии SiO₂-аморфӣ меафзояд. Аммо барои танзими модули силикати шишаи моеъ, концентратсияи 15% NaOH, ҳарорати 85-90 °C ва давомнокии 60-70 дақиқа беҳтарин ҳисоб мешаванд. Параметрҳои техникии шишаи моеъ дар Лабораторияи марказии ЦСК «ШАТ» таҳлил шуда, натиҷаҳо дар ҷадвали 3.12 бо шишаи моеъи стандартӣ муқоиса гардидааст.

Ҷадвали 3.12 – Параметрҳои техникийи маҳсулоти ҳосилшуда дар муқоиса бо нишондодҳои шишаи моеъи стандартӣ

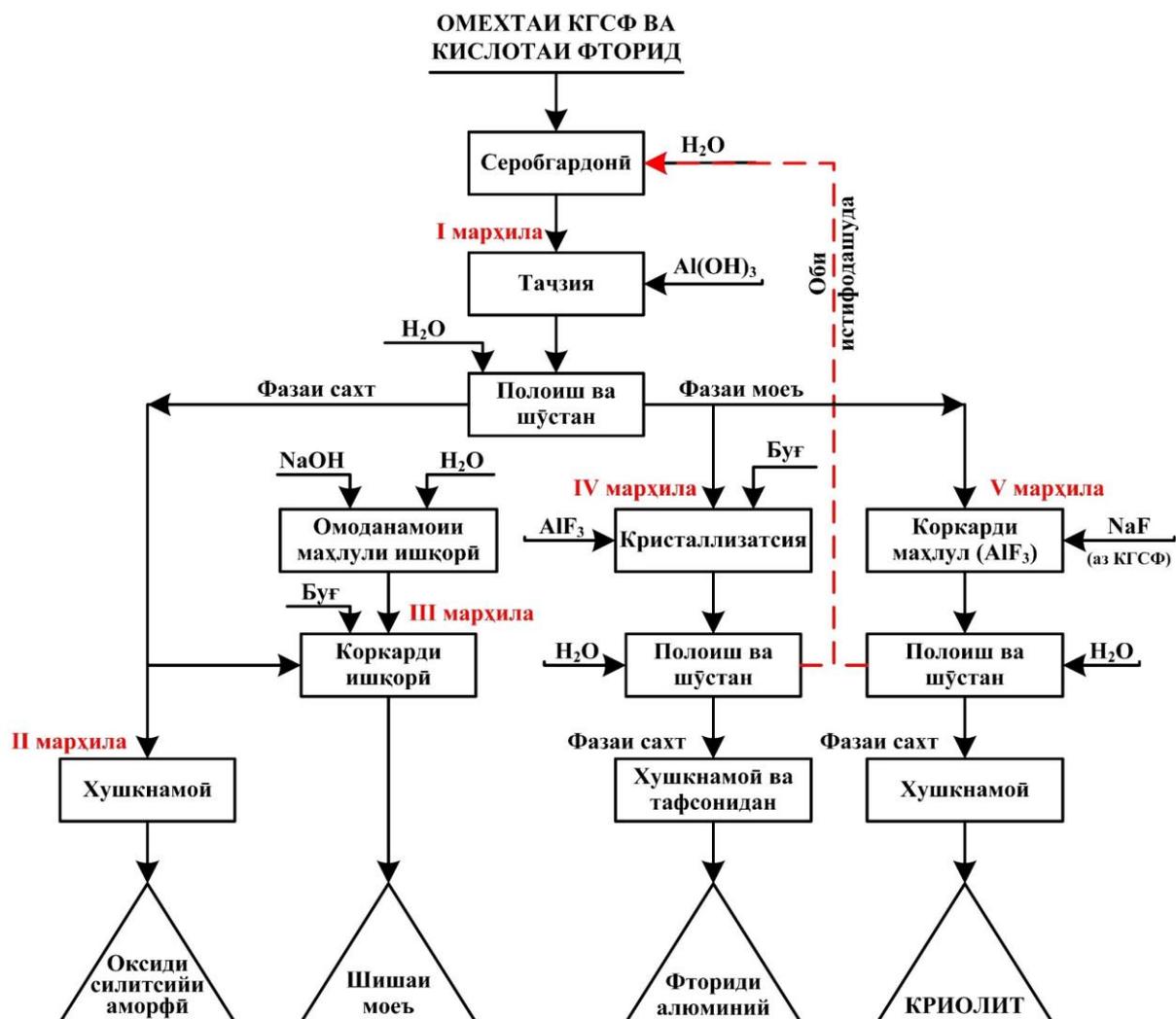
Номгӯи нишондиҳандаҳо	ГОСТ 13078-81 Талабот барои шишаи моеъи			Шишаи моеъи муқоисавӣ
	Тамғаи А	Тамғаи Б	Шишаи моеъи натрийдор 1	
Ҳиссаи массавӣ, %:				
SiO ₂	22,7-29,6	24,3-31,9	29,7-36,0	28,1
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ , на зиёда аз	0,25			0,15
Na ₂ O	9,3-12,8	8,7-12,2	10,9-13,8	9,17
Модули силикатӣ	2,3-2,6	2,6-3,0		3,2
Зиччӣ, г/см ³	1,36-1,45		1,47-1,52	1,4

Маълумоти ҷадвали 3.12 мутобиқати шишаи моеъи ба дастомадаро ба стандартҳои тамғаҳои А ва Б мувофиқи ГОСТ 13078-81 тасдиқ мекунад. Ин далели мақсаднокии истеҳсоли он аз дуоксиди силитсийи аморфӣ мебошад.

Технология бо сарфи ками энергия ва набудани зарурати таҷҳизоти мураккаб фарқ мекунад, ки онро барои истифодаи саноатӣ дастрас месозад. Шишаи моеъи ҳосилшуда метавонад дар сохтмон ва саноати алюминий ҳамчун маводи сементкунандаи ба кислота ва гармӣ устувор, самаранок истифода шавад.

3.8 Схемати технологи коркарди комплекси омехтаи кислотаҳо

Бар асоси маълумоти бадастомада, схемати технологию принципалии синтези компонентҳои дорой фтор ва силитсий аз омехтаи кислотаҳо таҳия шуд (расми 3.26).



Расми 3.26 – Схемати принципалию технологи коркарди комплекси омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид

Чуноне ки аз схемати мазкур дида мешавад, технологияи коркарди комплекси дар панҷ марҳила гузаронида мешавад. Дар навбати аввал консентратсияи омехтаи кислотаҳо то ҳади лозими паст карда шуда, мувофиқи марҳилаи аввал таҷзияи гидроксиди алюминий гузаронида мешавад. Баъдан лойбаи оксиди силитсийи аморфӣ ва маҳлули фториди алюминий болоиш ва шӯста шуда, қисми саҳти он, ки оксиди силитсийи аморфӣ аст, хушк карда

мешавад. Оксиди силитсийи аморфийи хушкшударо мувофиқи марҳилаи дуюм метавонанд дар дигар соҳаҳои саноат истифода намоянд ё инки мувофиқи марҳилаи сеюми схемаи мазкур бо ишқори натрий коркард намуда, шишаи моеъ истеҳсол намоянд. Маҳлули AlF_3 -ро мувофиқи марҳилаи чорум бо иловаи маркази кристаллизатсия (ҳокаи AlF_3) дар ҳарорати 85-90 °C кристаллизатсия намуда, баъди полоиш мешӯянд. Қисми моеъро барои сероб гардонидани омехтаи КГСФ дубора истифода намуда, қисми саҳти фториди алюминийро бошад дар ҳарорати 500 °C метафсонанд ва ба истеҳсолот равона мекунанд.

Инчунин мувофиқи марҳилаи панҷум маҳлули фториди алюминийро бо маҳлули фториди натрий, ки аз омехтаи КГСФ истеҳсол мешавад, коркард намуда, криолитро таҳшин менамоянд. Криолити таҳшиншударо полоиш намуда, оби техникиро дубора барои сероб гардонидани омехтаи КГСФ истифода менамоянд. Криолити полоишшударо хушк намуда ба истеҳсолот интиқол медиҳанд.

Ин технология имкон медиҳад, ки омехтаи кислотаҳо ба таври мукамал ва боэътимод коркард шавад, бо риояи меъёрҳои экологӣ ва иқтисодӣ, ва дар натиҷа намудҳои гуногуни маҳсулоти арзишманд истеҳсол гарданд.

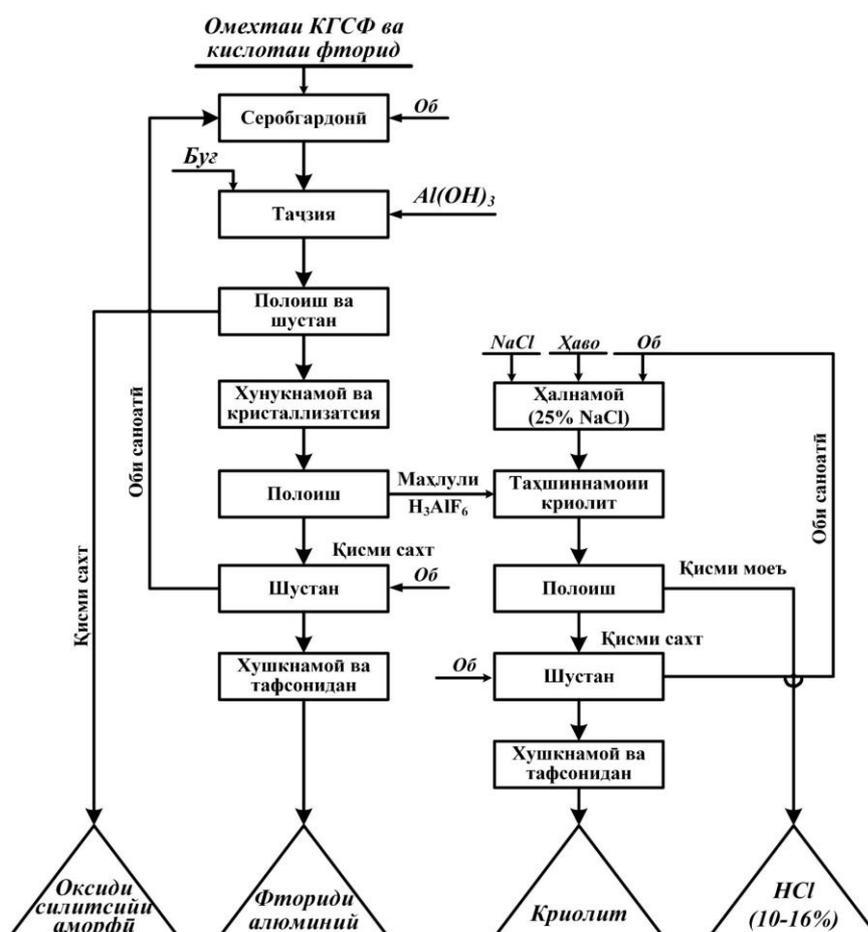
Коркарди якҷояи мукамал ба контури истеҳсолии «ТАЛКО Кемикал» на танҳо васеъ намудани номгӯии компонентҳои ҷудошавандаро таъмин мекунад, балки инчунин хароҷоти нақлиётӣ ва энергетикиро ба таври назаррас коҳиш медиҳад.

БОБИ 4. ТАҲҚИҚОТҲОИ ТАҶРИБАВИЮ ИСТЕҲСОЛӢ ВА САНЦИШИИ МАҲСУЛОТҲОИ КОРКАРДИ ОМЕХТАИ КГСФ ВА КИСЛОТАИ ФТОРИД. АРЗӢБИИ ИҚТИСОДИИ ТЕХНОЛОГИЯҲО

4.1. Истеҳсоли миқдори таҷрибавию саноатии фторида алюминий ва криолит аз омехтаи кислотаҳо

Бо назардошти нақши муҳими саноат дар беҳбудии иҷтимоию иқтисодӣ ва таъсиси ҷойҳои корӣ, саноатикунони босуръати Тоҷикистон ҳамчун ҳадафи чоруми миллӣ эълон шудааст. Дар ин замина, таҳия ва татбиқи технологияҳои наву муосир ҷиҳати беҳтарсозии муҳити зист ва баланд бардоштани нишондиҳандаҳои иқтисодӣ, иҷтимоӣ ва экологӣ зарур мебошад.

Коркарди омехтаи кислотаҳо дар Технопарки муштаракӣ ҶДММ «ТАЛКО Кемикал» ва МД «ПИТМ»-и ҶСК «ШАТ» мувофиқи схемаҳои думарҳилагӣ анҷом дода мешавад (расми 4.1).



Расми 4.1. – Схемаи коркарди комплекси омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид

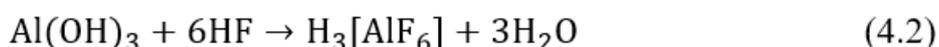
Дар марҳилаи аввал, бо истифода аз гидроксида алюминий маҳлули фториди алюминий, кислотаи фторалюминат ва оксиди силитсийи аморфӣ ҳосил мегардад. Баъди ҷудокунии оксиди силитсий ва кристаллизатсияи фториди алюминий, дар марҳилаи дуюм бо истифодаи хлорид ё гидроксида натрий криолит ба даст оварда мешавад.

AlF_3 зимни боҳамтаъсиркунии КГСФ бо $Al(OH)_3$ мувофиқи реаксияи зерин синтез мегардад:



Ҳамзамон зимни иловаи гидроксида алюминий раванди боҳамтаъсиркунӣ бо кислотаи фториди таркиби омехта, ки миқдори он тақрибан 20%-ро ташкил медиҳад ба вуҷӯъ мепайвандад.

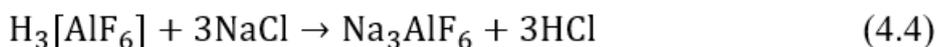
Ҳангоми зиёдатӣ будани $Al(OH)_3$ ташаккули кислотаи фторалюминат зимни боҳамтаъсиркунӣ бо кислотаи фторид ба вуҷуд меояд.



Пас аз хорич намудани SiO_2 ва AlF_3 кислотаи фторалюминат бо $NaOH$ коркард шуда, мувофиқи схема зерин криолитро ба вуҷуд меорад:



Ҳамчун технологияи иловагӣ, криолитро метавонад аз кислотаи фторалюминат бо истифодаи $NaCl$ ҳосил кард (реаксияи 4.4):



Реаксия 4.4 нишон медиҳад, ки ҳамзамон бо ташаккули криолит ҷудошавии кислотаи хлорид бо концентратсияи тақрибан 10-15% ба амал меояд. Кислотаи мазкурро метавонан барои коркарди кубурҳои интиқоли обҳои гарм барои тоза намудани таҳшинҳо истифода намоянд, ё инки бо оҳаксанг безарар гардонида хлориди калсий истеҳсол намоянд.

Ҳамин тариқ, дар асоси схемаи принсипиалию технологияи (расми 4.1), санҷиши таҷрибавию саноатии коркарди комплекси омехтаи кислотаҳо бо истифода аз таҷҳизоти Технопарки Муштарак гузаронида шуданд. Мавриди зикр аст, ки зимни гузаронидани таҷрибаҳо, омехтаи кислотаҳо аз 25% КГСФ ва 14% кислотаи фторид иборат буд. Мувофиқи ҳисобҳои стехиометрӣ, барои

паст намудани концентратсияи КГСФ то 15%, миқдори 370 кг омехтаи кислотаҳо бо 630 кг об сероб гардонида шуд. Ба болои кислотаи серобгардида, 260 кг гидроксиди алюминий илова намудем. Пас аз гузаронидани раванди таҷзия дар муддати 30 дақиқа, оксиди силитсийи аморфӣ ҳосилшуда, полоиш гардида, бо об шуста шуд. Кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминийи бо роҳи табиӣ, пас аз хунук намудани маҳлул ба вуқӯъ пайваста, бо роҳи полоиш аз маҳлули кислотаи фторалюминат ҷудо карда мешавад. Ба болои кислотаи фторалюминати ҷудошуда, миқдори ҳисобшудаи маҳлули сери хлориди натрий илова намуда, криолит таҳшин мешавад. Дар маҷмӯъ 265 кг (бе назардошти қисмати поёнии реактор) миқдори таҷрибавию саноатии фториди алюминий, 40 кг криолит ва 8 кг оксиди силитсийи аморфӣ истеҳсол карда шуд. Дар натиҷаи гузаронидани таҷрибаҳои санҷишӣ, санад аз 03.05.2019 тасдиқ карда шуд (замимаи 1).

Пас аз гузаронидани таҷрибаҳои истеҳсоли, фториди алюминийи таҷрибавӣ аз таҳлили химиявӣ гузаронида шуда, муайян гардида, ки дар таркиби он миқдори AlF_3 зиёда аз 98%-ро ташкил медиҳад.

Бо мақсади санҷиши эътимоднокии маҳсулоти таҷрибавӣ, таҳлили рентгенофазавӣ бо дастгоҳи Дрон-2 анҷом дода шуд. Натиҷаҳо нишон доданд, ки намуна ба фториди алюминийи сунъӣ мувофиқ буда, ба PDF 80-1007 мутобиқат мекунад (расми 3.17, саҳ. 71).

Ҳамзамон криолити бо истифода аз хлориди натрий ҳосилшуда аз таҳлили химиявӣ гузаронида шуда, дорои чунин компонентҳо мебошад (% масс.): 32,5 Na, 12,8 Al, 54,3 F.

Таҳлили рентгенофазавии намунаи истеҳсолшуда, минерали криолитро бо ҳамон рақам дар картотекаи PDF 70-1606 нишон дода (расми 3.18, саҳ. 73), таҳлилҳои химиявӣ ва технологияи истеҳсоли криолитро аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз хлориди натрий тасдиқ менамояд.

Таҳлилҳо нишон доданд, ки хосиятҳои асосии физикавӣ ва химиявӣ фториди алюминий ва криолити санҷишӣ, ба хосиятҳои маҳсулотҳои воридотшаванда ва инчунин дар ҚДММ «ТАЛКО Кемикал» истеҳсолшаванда

шабоҳат дошта, ба талаботҳои меъёрӣ (ГОСТ 19181-78 барои фториди алюминий ва ГОСТ 10561-80 барои криолит) ҷавобгӯӣ мебошанд. Арзиши аслии маҳсулотҳои истеҳсолшуда аз ҳисоби истифодаи маҳсулоти иловагӣ ва ашёи хоми маҳаллӣ аз арзиши аслии маҳсулотҳои воридшаванда ва бо усулҳои анъанавӣ истеҳсолшаванда, паст мебошад. Маҳсулотҳои таҷрибавии фториди алюминий ва криолитӣ санҷишӣ дар истеҳсолоти электролизи ЧСК «ШАТ» бо муваффақият аз санҷиш гузаронида шуда, оксиди силитсӣ аморфиро бошад метавонан ба сифати ашёи хоми истеҳсоли шишаи моеъ, сорбент, саноати дорусозӣ ва дигар соҳаҳо истифода баранд.

4.2. Истеҳсоли СФН аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз гидроксид ва хлориди натрий

Дар Технопарки муштарак таҷрибаҳои озмоишию саноатӣ, оид ба истеҳсоли СФН бо ду усул – бо истифодаи NaOH ва NaCl гузаронида шуданд. Таҷрибаҳо тибқи схемаҳои технологияи таҳияшуда (расмҳои 3.10 ва 4.3) анҷом дода шуданд.

Санҷиши таҷрибавию саноатӣ, бо истифода аз КГСФ-и 25% (аз рӯи ҳисоби стехиометрӣ) ба миқдори 1000 кг ва 2090 кг хлориди натрий дар намуди маҳлули сер гузаронида шуд. Дар натиҷа ба миқдори 330 кг (бе ҳисоби намӣ ва маҳсулоти минтақаи «дастнорас»-и реактор) ва 1100 кг маҳлули 15-17%-и кислотаи хлорид истеҳсол карда шуд. Дар асоси натиҷаи санҷишҳои таҷрибавию саноатӣ, санад аз 03.05.с.2019 (замимаи 2) тартиб дода шуд.

Маҳсулоти истеҳсолшуда хокаи кристаллии рангаш сафед ба шумор рафта, зимни таҳлилҳои физикавӣ химиявӣ нишондодҳои асосии СФН маълум карда шуд:

миқдори силитсӣфторида натрия (Na_2SiF_6), на кам аз – 95%;

миқдори кислотаи озод аз рӯи ҳисоби HCl, на зиёда аз – 1,0%;

миқдори намӣ, на зиёда аз – 1,0%.

Варианти дуҷуми раванди коркарди КГСФ бо гидроксиди натрий ба шумор меравад. Истеҳсоли таҷрибавию саноатии СФН бо истифода аз 1000 кг

маҳлули 25%-и КГСФ ва 300 кг маҳлули 20%-и гидроксиди натрий ба роҳ монда шуд. Дар натиҷа ба миқдори 350 кг маҳсулот (бе ҳисоби намӣ ва маҳсулоти минтакаи «дастнорас»-и реактор) истеҳсол карда шуд. Оид ба натиҷаи санҷиши таҷрибавию саноатии истеҳсоли СФН, санад аз таърихи 03.05.2019 (замимаи 3) тартиб дода шуд.

Нишондодҳои асосии физикавию химиявии СФН:

Миқдори силитсийфториди натрий (Na_2SiF_6), на кам аз – 95%;

Миқдори кислотаи озод аз рӯйи ҳисоби HCl , на зиёда аз – 1,0%;

Миқдори намӣ, на зиёда аз – 1,0%.

Инчунин таҳлили рентгенофазавии намунаҳои истеҳсолшуда нишон доданд, ки маҳсулот ба минерали малладрит (Na_2SiF_6) тааллуқ дошта, ба ҳама рақам дар картотекаи PDF 33-1280 (расми 3.8, саҳ. 57) мувофиқат мекунад.

Ҳосиятҳои асосии физикавию химиявии СФН ба ҳислатҳои техникаии силитсийфториди натрий монанд буда, ба талаботи меъёрии ГОСТ 87-66 (натрий кремнефтористый технический) ҷавобгӯй мебошад. Арзиши аслии СФН аз ҳисоби истифодаи ашёи хоми маҳаллӣ ва маҳсулоти иловагӣ аз арзиши аслии СФН-и воридшаванда пастар мебошад. Дар асоси таҳқиқотҳои физикавию химиявӣ, СФН-и таҷрибавӣ, ки аз КГСФ бо ду усул истеҳсол шудааст барои санҷиш дар зерсохторҳои мувофиқи ҚСҚ «ШАТ» тавсия дода мешавад. Миқдори истеҳсолшудаи СФН-ро метавонанд дар истеҳсолоти электролизии ҚСҚ «ШАТ» барои истеҳсоли электролит, хулаҳои алюминию силитсий ва баъд аз таъмири асосии электролизёрҳо истифода баранд, ва кислотаи хлоридро бошад, барои коркарди блокҳои катодию канориҳои истифодашуда, бо ҳосилкунии маводи ангиштуграфитӣ истифода намоянд.

Миқдори таҷрибавию саноатии СФН-и сунъӣ дар истеҳсолоти электролизии ҚСҚ «ШАТ» бо муваффақият аз санҷиш гузаронида шуданд.

4.3. Истеҳсоли миқдори таҷрибавии шишаи моеъ аз оксиди силитсийи аморфӣ ва санҷиши он ба сифати маводи ҷаспанда

Мавриди зикр аст, ки шишаи моеъи дар шароити озмоишгоҳӣ

ҳосилшуда (зермавзӯи 3.7, сах. 81), ба талаботи ГОСТ 13078-81 ва тамғаҳои А ва В-и шишаи моеъ мувофиқат мекунад.

Дар натиҷаи озмоишҳои лабораторияи гузаронидашуда, аз санаи 11.04 то 22.04.с.2022 ба миқдори зиёда аз 2 кг шишаи моеъ тақрибан аз 600 г оксиди силитсийи аморфӣ, ҳосил карда шуд. Таҳлили химиявии шишаи моеъи ҳосилшуда дар лабораторияи истеҳсоли анодҳои пухтаи ҚСҚ «ШАТ» бо натиҷаҳои зерин гузаронида шуд: ҳиссаи массавии SiO_2 – 29,5%, ҳиссаи массавии $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ – 0,15%, ҳиссаи массавии Na_2O – 9,5%, модули силикатӣ – 2,91, зиччӣ – 1,41 г/см³.

Тибқи натиҷаҳои бадастомада, шишаи моеъи истеҳсолшуда, ба талаботи навъҳои А ва В-и ГОСТ 13078-81 ва ТИ 117-05-20 мутобиқ аст.

Дар ин асос, аз санаи 24.05 то 01.06.с.2022 санҷиши таҷрибавию саноатии шишаи моеъи ҳосилшуда ба сифати сементи ба гармӣ тобовар дар сеҳи маводҳои оташбардор ва сохтумонӣ (СМОС)-и ҚСҚ «ШАТ» дар муқоиса бо шишаи моеъи корхона гузаронида шуд.

Барои тайёр кардани омехта, 50% хокаи мертел ва 50% шишаи моеъи санҷишӣ дар асоси дастурамали технологияи ТИ 065-03-21-и ҚСҚ «ШАТ» гирифта шуд. Баъдан, мувофиқи таҷрибаи аввал, хишти оташтобоварро ба омехта тар карда, ба болои хишти дигар гузоштем. Мувофиқи таҷрибаи дуюм дар болои хишти якум, маҳлулро бо ғафсии 4 мм молида, ба болои он хишти дигар гузоштем. Ба ҳамин монанд таҷрибаҳо бо шишаи моеъи дар корхона истеҳсолшаванда гузаронида шуд.

Озмоишҳое ки аз 25.05 то 01.06.с.2022 дар печи тунелии СМОС дар ҳарорати 1100-1200 °С гузаронида шуданд, тасдиқ карданд, ки намунаҳои озмоишии шишаи моеъ пурра ба маҳсулоти ҚСҚ «ШАТ» аз рӯи хусусиятҳои ба гармӣ устувор буданд, мутобиқат мекунанд. Маводи ба дастомада барои истеҳсоли сементи ба гармӣ устувор ва истифода дар таъмири асосии электролизёрҳо мувофиқ аст. Дар асоси таҷрибаҳои гузаронидашуда, санад аз таърихи 22.06.2022 с тасдиқ карда шуд (замимаи 4).

4.4. Татбиқи технологияи истеҳсоли омехтаи СФН ва фториди натрий дар корхонаи ҚДММ “ТАЛКО Кемикал”

Яке аз роҳҳои соддаи безаргардони КГСФ бо гидроксид ё карбонати натрий ба шумор рафта, дар натиҷа СФН ҳосил мешавад. Тибқи технологияи таҳияшуда, ин раванд дар таҷҳизоти Технопарки Муштарақ амалӣ гардида, ҳадаф истеҳсоли омехтаи намакҳои фтордор – силитсийфторид ва фториди натрий мебошад.

Технологияи коркарди омехтаи кислотаҳо, мувофиқи схемаи дар расми 3.10 (саҳ. 60) овардашуда, гузаронида мешавад.

Бар асоси ҳисобҳои стехиометрӣ, барои коркарди 1000 кг омехтаи кислотаҳо (33% КГСФ ва 23% кислотаи фторид), 429,9 кг гидроксиди натрий ва 2149,5 кг маҳлули 20%-и он лозим аст. Дар натиҷа, 330 кг СФН (52%), 300 кг фториди натрий (47%) ва 2000 кг об ҳосил мегарданд.

Дар ин асос, соли 2023 дар Технопарки Муштарақ мувофиқи схемаи технологияи расми 4.3 (саҳ. 105) тақрибан 43 тонна омехтаи СФН ва фториди натрий истеҳсол карда шуд. Санаи 30.11.с.2023 аз ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” тақрибан 18 т омехтаи мазкур ба ҚСК “ШАТ” интиқол дода шуд, ки пас аз хушкнамоӣ дар раванди электролиз истифода гардид.

Мувофиқи таҳлилҳои рентгенофазавӣ, омехтаи намакҳои фтордор ба минералҳои стандартӣ малладрит (PDF – 33-1280) ва виллиомит (PDF – 88-1299) мувофиқ мебошанд (ба монанди рентгенограмаҳои расми 3.4, саҳ.53).

Ҳамин тариқ, баъд аз истеҳсоли миқдори таҷрибавию саноатӣ омехтаҳои намакҳои фтордор санад оид ба татбиқи технологияи мазкур дар Технопарки Муштарақ (н. Ёвон) тасдиқ карда шуд (замимаи 5).

4.5. Истеҳсоли миқдори таҷрибавии флюси рехтагарӣ, дар асоси омехтаи СФН ва фториди натрий ва санҷиши он дар истеҳсолоти рехтагарии ҚСК “ШАТ”

Дар давраи аз 08.07 то 15.07.с.2024 аз партовҳои хлордори ҚСК “Тоҷикимиёсаноат”, омехтаи СФН ва фториди натрийи ҚДММ «ТАЛКО

Кемикал», инчунин концентрати флюорити ғайристандартии ҚСҚ «Корхонаи бойгардони Такоб» дар сеҳи газтозақунӣ (СГ) ва сеҳи таҷрибавию электролизии (СТЭ)-и ҚСҚ «ШАТ» ба миқдори 2100 кг флюси рӯйпӯш ва тозақунандаи тамғаи «ПРФ-23» (покривно-рафинирующей флюс 2023), ки аз ҷониби МД «ПИТМ»-и ҚСҚ «ШАТ» таҳия гардидааст, истеҳсол карда шуд.

Дар давраи аз 05.08. то 05.09.с.2024 дар тамоми омехтақунақҳои (миксер) шубаи рехтағарии №2-и ҚСҚ «ШАТ», истифодаи таҷрибавию саноатии флюси «ПРФ-23» бо речаи озмоишӣ, бомуваффақият анҷом дода шуд. Дар ҷадвали 4.1, нишондиҳандаҳои муқоисавии физикавию химиявӣ ва экологии флюси таҷрибавӣ бо флюсҳое ки қаблан аз ҷониби МД «ПИТМ»-и ҚСҚ «ШАТ» таҳия шуда буданд ва флюсҳое ки дар истеҳсолоти рехтағарии ҚСҚ «ШАТ» истифода мешаванд, оварда шудааст.

Ҷадвали 4.1 – Нишондоҳои физикавию химиявӣ ва экологии флюсҳо

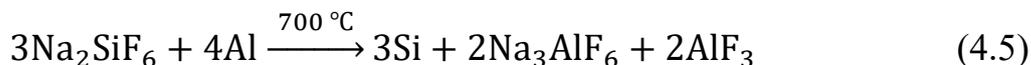
Тамғаи флюс	Т _{ғудозиш} , °С	Харчи нисбӣ, кг/т Аl	Миқдори метал дар дажғол, % масс.	Миқдори компонентҳо дар фазои қорӣ, мг/м ³		
				HF _{газ}	Ҷанг	F _{сахт.}
Корхонавӣ	720	1,0	31,3	0,34	2,5	0,31
ФПР-23	690	0,96	27,9	0,41	2,8	0,33
«ФЛЮС-3»	710	1,0	24,6	0,33	4,77	0,46
«ФЛЮС-4»	710	0,91	29,5	0,041	1,33	0,07
«ФЛЮС-5»	710	0,88	24,5	0,23	3,18	0,06
«ПРФ-23»	700	0,95	31,5	0,38	5,5	0,32

Эзоҳ: Ҳудуди иҷозашудаи концентрат: HF_{газ}=0,5; Ҷанг=6,0; F_{сахт.}=1,0.мг/м³

Ҷуноне ки аз ҷадвали 4.1 мушоҳида мешавад, флюси «ПРФ-23» аз рӯйи ҳамаи параметрҳои физикавию химиявӣ ва экологияш ба талаботҳои меъёрӣ ҷавобгӯй мебошад.

Аз ҳисобе ки дар таркиби флюси санҷишӣ, силитсийфториди натрий вучуд дорад, бинобар ин барои пешгирии барқароршавии силитсийи металлӣ

(реаксияи 4.5), ченакҳои таркиби метали алюминий пеш аз ва баъд аз истифодаи флюси «ПРФ-23» сабт карда шуданд ва натиҷаи онҳо дар ҷадвали 4.2 оварда шудааст.



Ҷадвали 4.2 – Таркиби метали алюминий пеш аз истифода ва пас аз истифодаи флюси «ПРФ-23»

Сана	Миқдори миёнаи ғашҳо дар таркиби метали алюминий, %						Тамғаи метал
	дар электролизёрҳо		дар ковшҳо		баъди коркард бо флюс		
	Si	Fe	Si	Fe	Si	Fe	
Пеш аз санчиш							
01.07. то 10.07.24	0,22	0,32	0,19	0,26	0,16	0,23	A5
11.07. то 20.07.24	0,19	0,31	0,18	0,31	0,18	0,27	A5
21.07. то 31.07.24	0,25	0,45	0,23	0,41	0,18	0,31	A5
Пас аз санчиш							
01.08. то 10.08.24	0,24	0,49	0,25	0,49	0,17	0,33	A5
11.08. то 20.08.24	0,23	0,52	0,23	0,55	0,2	0,36	A5
21.08. то 31.08.24	0,25	0,55	0,22	0,49	0,18	0,33	A5
1.08. то 5.09.24	0,4	0,66	0,23	0,36	0,12	0,34	A5

* маълумот дар асоси таҳлили омори натиҷаҳои таҳқиқоти сифати метал аз рӯйи дафтари бастҳои сеҳи рехтагарии №-2 оварда шудааст.

Чуноне ки аз ҷадвали 4.2 дида мешавад, пас аз санчиши флюси «ПРФ-23» миқдори силитсий ва оҳан дар таркиби метали алюминий ба миқдори ночиз тағйир меёбад, ба монанди таркиби метали алюминий пеш аз санчиш, ки ин ҳолат ба истифодаи флюс вобаста нест.

Бояд гуфт, ки омехтаи СФН ва фториди натрий дар таносуби 60/40% мебошад, бинобар ин дар таркиби 2100 кг флюс, миқдори силитсийфториди натрий 15%-ро ташкил дода, миқдори силитсий дар он бошад, 2,23%-ро дар бар мегирад.

Зимни гузаронидани ҳисобҳо муайян карда шуд, ки агар раванди барқароршавии силитсий (реаксияи 4.8) амалӣ гардад, онгоҳ миқдори он дар таркиби 1 тонна металли алюминий тахминан то 0,001%-ро ташкил медиҳад. Аммо қабл аз он ки реаксияи 4.5 гузарад, раванди таҷзияшавии силитсийфториди натрий дар ҳарорати 500-600 °С бо ҳосилшавии фториди натрий ва фторсилан (SiF₄)-и газшакл, мувофиқи реаксияи 4.6 ба амал меояд.



Бинобар ин, аз ҳисоби ҷудошавии миқдори ками гази фторсилан, даҷғоли ҳосилшуда аз ранги хокистаранги сафедтоб то ба ранги хокистаранги сиёҳтоб мубаддал мегардад.

Ҳамин тариқ, бо истифода аз флюси таҷрибавӣ, зиёда аз 2 ҳазор тонна металли алюминийи аввалия, коркард шуд.

Таҳлилҳои муқоисавӣ нишон медиҳанд, ки хусусиятҳои физикавӣ, химиявӣ ва экологии флюси “ПРФ-23” ба флюсҳои анъанавӣ монанд буда, бо меъёрҳо мувофиқ аст. Арзиши аслии ин флюс ба сабаби истифодаи партовҳои истеҳсолӣ, аз ҷумла омехтаи СФН ва фториди натрий, ва набудани намакҳои фтордори қиматбаҳо, нисбатан арзонтар мебошад.

Дар натиҷаи санҷишҳои таҷрибавию саноатӣ, флюси таҷрибавии «ПРФ-23» барои истифода дар истеҳсолоти рехтагарии ҚСК «ШАТ» тавсия дода мешавад. Дар асоси санҷишҳои таҷрибавию истеҳсолии гузаронидашуда, санад аз таърихи 11.11.с.2024 тартиб дода шуда, тасдиқ гардид (замимаи 6).

4.6. Нишондодҳои техникую иқтисодии истеҳсоли фториди алюминий, аз маҳсулоти иловагии истеҳсоли кислотаи фторид

Коркарди ашёи хоми маҳаллӣ ва партовҳо масъалаи муҳим ба шумор меравад. Масалан, зимни безаргардонии омехтаи кислотаҳо бо истифода аз

$Al(OH)_3$ имконияти ҳосил намудани AlF_3 ва SiO_2 -и аморфӣ мавҷуд мебошад.

Хотиррасон менамоем, ки параметрҳои оптималии технологияи мазкур чунин буданд: ҳарорати – 85-95 °C; давомнокии раванд 15-30 дақиқа; концентратсияи КГСФ – 15%, воия омехтаи кислотаҳо – 120% аз рӯи ҳисоби стехиометрӣ. Дар чунин шароит дараҷаи ҷудошавии фториди алюминий ва оксиди силитсийи аморфӣ зиёда аз 90 %-ро дар бар мегирад.

Дар асоси таҳқиқотҳои озмоишгоҳӣ ва таҷрибаҳои истеҳсолии дар таҷҳизотҳои Технопарки Муштарак бо муваффақият гузаронидашуда, самаранокии технологияи мазкур ҳисоб карда мешавад.

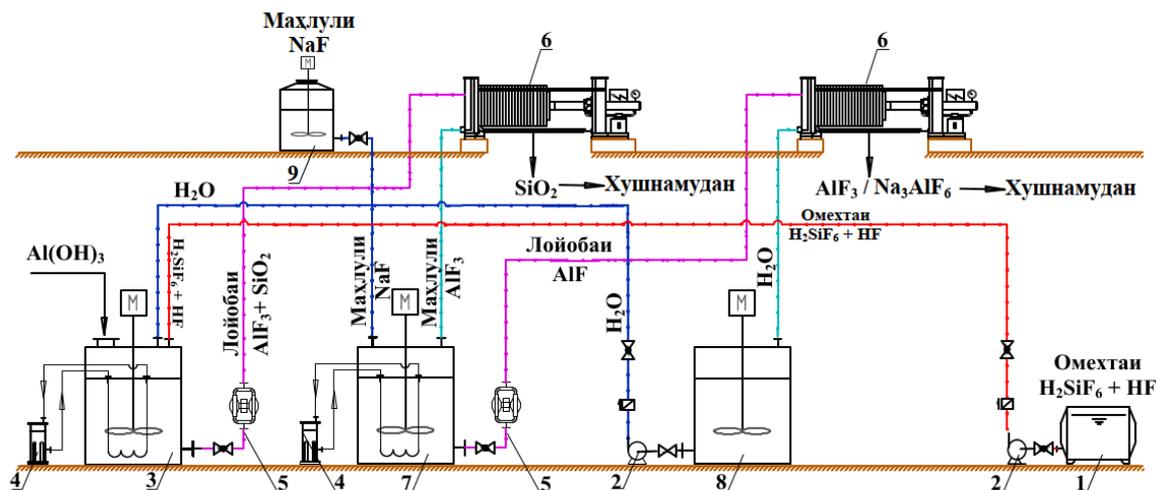
Бо ин мақсад қаблан баланси материалии истеҳсоли 1 т фториди алюминий аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз гидроксиди алюминий, мувофиқи реаксияҳои 3.10 ва 3.11 ҳисоб карда шуд (ҷадвали 4.3).

Ҷадвали 4.3 – Ҳисоби баланси материалии истеҳсоли 1 т AlF_3 аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз $Al(OH)_3$

Номгӯи маводҳо	Даромад			Номгӯи маҳсулот	Баромад	
	кг	%	м ³		кг	%
H_2SiF_6 (33%)	2143,2	36,25	1,7692	AlF_3	1000	16,82
HF (100%)	267,6	4,52	-	SiO_2	245,6	4,13
H_2O _(барои серобгардонии КГСФ то 15%)	2572	43,50	2,572	H_2O _{реаксия}	495,4	8,33
$Al(OH)_3$	928,6	15,70	-	H_2O _{барзиёди кислота}	1436	24,15
-	-	-	-	H_2O _{барзиёд барои серобкунии КГСФ то 15%}	2572	43,27
-	-	-	-	H_2SiF_6+HF _(талафот)	194,8	3,27
Ҷамъ	5911,4	99,97	4,3412	Ҷамъ	5943,8	99,97

Барои дар амал татбиқ намудани технологияи мазкур ва ҳисоб намудани

асосҳои техникую иқтисодӣ, схемаи дастгоҳию технологии коркарди комплекси омехтаи кислотаҳо дар асоси таҷҳизотҳои мавҷудаи Технопарки Муштарак, таҳия карда шуд (расми 4.2).



Расми 4.2 – Схемаи дастгоҳҳои технологии истеҳсоли фториди алюминий
 1 – зарфи омехтаи КГСФ ва HF; 2 – насоси марказгурез барои интиқоли омехтаи кислотаҳо; 3 – реактор бо омехтакунак; 4 – дастгоҳи бугдиханда; 5 – пневмонасоси диафрагмавӣ; 6 – филтпресси чаҳорчӯба (рамный); 7 – реактор барои кристаллзатсияи фториди алюминий; 8 – зарфи чамъкунии маҳлули полоишӣ (филтрат); 9 – зарф барои маҳлули фториди NaF.

Иқтидор ва тавоноии дастгоҳҳои хати технологии истеҳсоли фториди алюминий чунин мебошад:

- Насоси марказгурез, барои интиқоли омехтаи кислотаҳо: иқтидор (производительность) – 30 м³/соат, тавоноӣ – 7,5 кВт/соат;
- Насоси марказгурези интиқоли об барои таёр намудани маҳлули 15%-и омехтаи кислотаҳо: иқтидор – 30 м³/соат, тавоноӣ – 7,5 кВт/соат;
- Дастгоҳи бугдиханда, барои гарм намудани омехтаи кислотаҳо: тавоноӣ – 15 кВт/соат;
- Муҳаррики омехтакунаки реактор, барои нейтралзатсияи омехтаи кислотаҳо: тавоноӣ – 7,5 кВт/соат.
- Пневмонасоси диафрагмавӣ, барои интиқоли лойобаи оксиди силитсийи аморфӣ: иқтидор – 30 м³/соат, тавоноӣ – 7,5 кВт/соат;

- Филтрпресси чаҳорчӯба (рамный), барои ҷолоиши оксиди силитсийи аморфӣ: иқтидор – 30 м³/соат, тавоноӣ – 2,2 кВт/соат;
- Дастгоҳи бӯғдиҳанда, барои кристаллизатсияи фториди алюминий: тавоноӣ – 15 кВт/соат;
- Муҳаррики омехтакунаки реактор, барои кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий: тавоноӣ – 7,5 кВт/соат;
- Пневмонасоси диафрагмавӣ, барои интиқоли лойобаи фториди алюминий: иқтидор – 30 м³/соат, тавоноӣ – 7,5 кВт/соат;
- Филтрпресси чаҳорчӯба (рамный), барои ҷолоиши кристаллҳои фториди алюминий: иқтидор – 30 м³/соат, тавоноӣ – 7,5 кВт/соат;
- Печи туннелии конвейердор (дар ҚСҚ “ШАТ”): харҷи гази табиӣ – 45 м³/соат, иқтидор – 10 т/соат;
- Муҳаррики конвейери печи хушкнамоӣ: тавоноӣ – 4 кВт/соат;
- Муҳаррики чангкашҳои печ: тавоноӣ – 49,5 кВт/соат (9 адад*5,5 = 49,5 кВт/соат);
- Муҳаррики боддиҳанда (дутьевой вентилятор): тавоноӣ – 33 кВт/соат (якум 15 + дуюм 18 = 33 кВт/соат);

Иқтидори Технопарки Муштарак ва сарфи вақт барои истеҳсоли фториди алюминий ҳисоб карда мешавад:

Маъриди зикр аст, ки таркиби омехтаи кислотаҳо вобаста аз бозгардон (циркуляция) намудани он гуногун мешавад. Масалан дар раванди ҳисоб намудани нишондодҳои техникаю иқтисодӣ, таркиби омехтаи кислотаҳо чунин интиҳоб гардид: КГСФ – 33%, кислотаи фторид – 16%. Барои истеҳсоли AlF₃ мувофиқи таҳқиқотҳо бояд концентратсияи КГСФ то 15% паст карда шавад. Дар ин ҳолат, мувофиқи ҳисоби стехиометрӣ, барои истеҳсоли 1 т AlF₃ 2410,8 кг КГСФ (33%) ва 267 кг HF (миқдори 100%-и кислотаи фторид дар таркиби КГСФ-и 33%) лозим буда, барои паст намудани концентратсияи КГСФ то 15%, 2572 кг об лозим мешавад. Ҳамин тариқ, ҳаҷми умумии омехтаи кислотаҳо (КГСФ-15%) 4,3412 м³ (омехтаи кислотаҳо 1,7692 м³ + об 2,592 м³ = 4,3412 м³) – ро ташкил медиҳад. Дар ин асос, мувофиқи ҳаҷми реактор дар

як вақт имконияти истеҳсоли 2,5 т фториди алюминий ($4,3412 \text{ м}^3 * 2,5 = 11,85 \text{ м}^3$ ё инки тақрибан 11 м^3) мавҷуд мебошад. Мувофиқан барои истеҳсоли 2,5 т фториди алюминий ва 614 кг ($245,6 * 2,5 / 1 = 614 \text{ кг}$) оксиди силитсийи аморфӣ, 6027 кг ($(2143,2 + 267,6) * 2,5 / 1 = 6027 \text{ кг}$) ё инки $4,3412 \text{ м}^3$ ($1,7692 \text{ м}^3 * 2,572 \text{ т} = 4,3412 \text{ м}^3$) омехтаи кислотаҳо (КГСФ 33%), 6027 кг ($2410,8 \text{ кг} * 2,5 \text{ т} = 6027 \text{ кг}$) ё инки $6,48 \text{ м}^3$ ($2592 \text{ кг} * 2,5 \text{ т} = 6480 \text{ кг}$) об барои паст кардани концентратсияи кислотаҳо, $2321,5 \text{ кг}$ ($928,6 * 2,5 = 2321,5 \text{ кг}$) гидроксиди алюминий ва $11,25 \text{ м}^3$ ($2,5 * 45 / 10 = 11,25 \text{ м}^3$) гази табиӣ харҷ мешавад.

Арзиши 1 т омехтаи кислотаҳо (КГСФ 33%) – 285 сомонӣ, 1 т гидроксиди алюминий – 4725 сомонӣ, 1 м^3 об – 3 сомонӣ, 1000 м^3 гази табиӣ то ЦСК “ШАТ” 1650 сомонӣ.

Барои истеҳсоли 2,5 т фториди алюминий тақрибан 5,5 соат вақт (дар маҷмӯъ 15 дақиқа барои интиқоли омехтаи кислотаҳо, + 60 дақиқа гарм намудани омехтаи кислотаҳо, + 15 дақиқа раванди илова намудани гидроксиди алюминий, + 15 дақиқа раванди нейтрализатсия, + 22 дақиқа барои интиқоли лойобайи оксиди силитсийи аморфӣ ва полоиши он, + 180 дақиқа барои кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий, + 22 дақиқа барои интиқол ва полоиши фториди алюминий = 329 дақиқа ё инки 5,48 соат \approx 5,5 соат) харҷ мешавад. Харчи ашёи хом барои истеҳсоли 2,3 т фториди алюминий дар ҷадвали 4.4 оварда шудааст:

Ҷадвали 4.4 – Харчи ашёи хом барои истеҳсоли 2,3 т фториди алюминий

№	Номгӯйи ашёи хом ва мавод	Воҳиди ченак	Хароҷот	Арзиш, сомонӣ
1.	Омехтаи кислотаҳо (КГСФ 33%)	т	6,027	1717
2.	Гидроксиди алюминий	т	2,3215	10969
3.	Об	м^3	6,48	19,44
4.	Харчи гази табиӣ	м^3	11,25	18,56
5.	Ҷамъи хароҷот	-	-	12724

Ҳамин тариқ, харчи умумии ашёи хом ва мавод барои истеҳсоли 2,5 т фториди алюминий ва 614 кг оксиди силитсийи аморфӣ дар 5,5 соати корӣ 12724 сомони ро дар бар мегирад.

Харчи кувваи ҷараёно барои истеҳсоли 2,5 т фториди алюминий ҳисоб мекунем:

Агар интиқоли 30 м³ омехтаи кислотаҳо (КГСФ 33%), ба воситаи насоси марказгурез 7,5 кВт/соатро ташкил диҳад, пас тавоноии насоси марказгурез, барои интиқоли 3,89 м³ ($1,7692 \text{ м}^3 * 2,5 = 3,89 \text{ м}^3$) омехтаи кислотаҳо 0,97 кВт/соат ($3,89 * 7,5 / 30 = 0,97 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад. Зимнан агар интиқоли 30 м³ об ба воситаи насоси марказгурез 7,5 кВт/соатро ташкил диҳад, пас тавоноии насоси марказгурез, барои интиқоли 6,43 м³ ($2,572 \text{ кг} * 2,5 \text{ т} = 6,43 \text{ м}^3$) об 1,60 кВт/соат ($6,43 * 7,5 / 30 = 1,60 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад. Дар ин марҳила дастгоҳи буғдиҳанда барои гарм намудани омехтаи кислотаҳо 15 кВт/соатро дар бар гирифта, мувофиқан 30 дақиқаи дигар зимни иловаи гидроксиди алюминий ва раванди нейтрализатсия, лойоба гарм карда мешавад. Дар ин ҳолат, харчи кувваи ҷараён дар муддати 90 дақиқа гарм намудан 22,5 кВт/соат ($15 * 90 / 60 = 22,5 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад. Муҳаррики омехтакунаки реактор, барои нейтрализатсияи омехтаи кислотаҳо бошад дар 1 соат 7,5 кВт-ро дар бар гирифта дар 30 дақиқа бошад, 3,75 кВт/соат ($7,5 * 30 / 60 = 3,75 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад. Инчунин агар интиқоли 30 м³ лойоба ба воситаи пневмонасоси диафрагмавӣ 7,5 кВт/соатро ташкил диҳад, онгоҳ тавоноии насос барои интиқоли 11 м³ лойобай SiO₂-и аморфӣ 2,75 кВт/соат ($11 * 7,5 / 30 = 2,75 \text{ кВт/соат}$)-ро дар бар мегирад. Агар тавоноии филтрпресси чаҳорҷӯба (рамный), барои полоиши 30 м³ лойоба 2,2 кВт/соатро дар бар гирад, пас полоиши 11 м³ лойобай SiO₂-и аморфӣ 0,80 кВт/соат ($11 * 2,2 / 30 = 0,80 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад. Дар маҷмӯъ, харчи кувваи ҷараён дар раванди нейтрализатсия ва полоиши SiO₂-и аморфӣ, 32,37 кВт/соат ($0,97 + 1,6 + 22,5 + 3,75 + 2,75 + 0,80 = 32,37 \text{ кВт/соат}$)-ро дар бар мегирад.

Пас аз ҷудо намудани оксиди силитсийи аморфӣ, маҳлули фториди алюминий ба реактор барои кристаллизатсия интиқол дода шуда, ба воситаи

дастгоҳи буғдиҳанда, барои кристаллизатсияи фториди алюминий бо тавоноӣ 15 кВт/соат дар муддати 3 соат гарм карда мешавад. Дар ин маврид, харчи қувваи ҷараён барои кристаллизатсияи фториди алюминий дар муддати 3 соат, 45 кВт/соат ($15 \cdot 180 / 60 = 45$ кВт/соат)-ро дар бар мегирад. Зимнан агар тавоноии муҳаррики омехтакунаки реактор барои кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий 7,5 кВт/соатро дар бар гирад, пас тавоноии он дар 3 соат, 22,5 кВт/соат ($7,5 \cdot 180 / 60 = 22,5$ кВт/соат)-ро ташкил медиҳад. Агар тавоноии пневмонасоси диафрагмавӣ барои интиқоли 30 м³ лойоба 7,5 кВт/соатро ташкил диҳад, онгоҳ тавоноии он барои интиқоли 11 м³ лойобаи фториди алюминий 2,75 кВт/соат ($7,5 \cdot 11 / 30 = 2,75$ кВт/соат)-ро дар бар мегирад. Инчунин агар тавоноии филтрпресси ҷаҳорҷӯба (рамный) барои ҷолоиши 30 м³ лойоба 2,2 кВт/соатро дар бар гирад, пас ҷолоиши 11 м³ лойобаи кристаллҳои фториди алюминий 0,80 кВт/соат ($2,2 \cdot 11 / 30 = 0,80$ кВт/соат)-ро ташкил медиҳад. Дар маҷмӯъ, харчи қувваи ҷараён дар раванди кристаллизатсия ва ҷолоиши фториди алюминий 71 кВт/соат ($45 + 22,5 + 2,75 + 0,80 = 71$ кВт/соат)-ро дар бар мегирад.

Агар барои хушк намудани 10 т/соат маҳсулот, тавоноии муҳаррики конвейери печи хушкнамоӣ 4 кВт/соатро ташкил диҳад, пас барои хушк намудани 2,5 т маҳсулот, 1 кВт/соат ($2,5 \cdot 4 / 10 = 1$ кВт/соат)-ро дар бар мегирад. Ҳамзамон агар барои хушк намудани 10 т/соат маҳсулот, тавоноии муҳаррики ҷангқашҳои печ 49,5 кВт/соатро дар бар гирад, онгоҳ барои хушк намудани 2,5 т маҳсулот, 12,37 кВт/соат ($2,5 \cdot 49,5 / 10 = 12,37$ кВт/соат)-ро ташкил медиҳад. Инчунин агар барои хушк намудани 10 т/соат маҳсулот, тавоноии муҳаррики боддиҳанда 33 кВт/соатро ташкил диҳад, пас барои хушк намудани 2,5 т маҳсулот, 8,25 кВт/соат ($2,5 \cdot 33 / 10 = 8,25$ кВт/соат)-ро дар бар мегирад. Дар маҷмӯъ, харчи қувваи ҷараён дар раванди хушкнамоии маҳсулот, 21,62 кВт/соат ($1 + 12,37 + 8,25 = 21,62$ кВт/соат)-ро ташкил медиҳад.

Арзиши 1 кВт/соат қувваи ҷараён баробар аст ба 0,55 сомонӣ. Ҳисоби харчи қувваи ҷараён дар ҷадвали 4.5 оварда шудааст.

Ҷадвали 4.5 – Харчи қувваи ҷараён барои истеҳсоли 2,5 фториди алюминий

№	Номгӯи таҷҳизот	Харочот, кВт/соат	Арзиш, сомонӣ
1.	Насоси марказгурез дар маҷмӯъ (2 адад)	2,57	1,41
2.	Дастгоҳи буғдиханда дар маҷмӯъ (2 адад)	67,5	37,12
3.	Муҳаррики омехтакунак дар маҷмӯъ (2 адад)	26,25	14,43
4.	Пневмонасоси диафрагмавӣ дар маҷмӯъ (2 адад)	5,5	3,02
5.	Филтрпресси чаҳорчуба (рамный) дар маҷмӯъ (2 адад)	1,6	0,88
6.	Таҷҳизотҳои печи хушкнамоӣ дар маҷмӯъ (3 адад)	21,62	11,89
7.	Ҷамъи харочот	125	68,7

Мувофиқи ҳисобҳо, харчи умумии қувваи ҷараён барои истеҳсоли 2,5 т фториди алюминий ва 614 кг оксиди силитсӣ аморфӣ дар 5,5 соати корӣ, 125 кВт/соат – 68,7 сомони ро ташкил медиҳад.

Иқтисори Технопарки Муштаракро барои истеҳсоли фториди алюминий ва оксиди силитсӣ аморфӣ дар як сол ҳисоб мекунем:

Мувофиқи ҳисобҳои дар боло овардашуда, агар дар 5,5 соат 2,5 т фториди алюминий ва 614 кг (0,614 т) оксиди силитсӣ аморфӣ истеҳсол карда шавад, онгоҳ дар як шабонарӯз, 10,9 т ($2,5 \cdot 24 / 5,5 = 10,9$ т) фториди алюминий ва 2,67 т ($0,614 \cdot 24 / 5,5 = 2,67$ т) оксиди силитсӣ аморфӣ истеҳсол карда мешавад. Ҳамин тариқ:

- дар як моҳ: 327 т ($10,9 \cdot 30 / 1 = 327$ т) фториди алюминий ва 80,1 т ($2,67 \cdot 30 / 1 = 80,1$ т) оксиди силитсӣ аморфӣ;
- дар як сол: 3924 т ($327 \cdot 12 / 1 = 3924$ т) фториди алюминий ва 961,2 т ($80,1 \cdot 12 / 1 = 961,2$ т) оксиди силитсӣ аморфӣ;

Пас аз муайян намудани иқтисори солонаи Технопарки Муштарак, харчи музди меҳнат ва дигар анвои харочотро ҳисоб мекунем:

Мувофиқи лоиҳа дар як шабонарӯз 9 нафар корманд метавонанд дар се

баст ғаъолият намоянд. Маъоши моҳонаи кормандон 4000 сомонӣ муқаррар карда мешавад. Агар маъоши моҳонаи 1 корманд 4000 сомони ро ташкил диҳад, пас маъоши 9 нафар корманд дар як моҳ 36 000 сомонӣ ($9 \cdot 4000 = 36\,000$ сомонӣ)-ро ташкил дода, дар як сол бошад ба 432 000 сомонӣ ($36\,000 \cdot 12 = 432\,000$) баробар мегардад. Агар дар як сол иқтидори корхона 3924 т фториди алюминийро ташкил диҳад, онгоҳ маъоши кормандон барои 1 тонна маҳсулот 110 сомонӣ ($432\,000 / 3924 = 110$ сомонӣ)-ро ташкил медиҳад. Харочоти суғуртаи иҷтимоӣ аз ҳисоби маъоши кормандон 25%-ро ташкил дода, мувофиқан 27,5 сомонӣ ($25 \cdot 110 / 100 = 27,5$ сомонӣ), харочоти изофӣ (накладные расходы) 5% – 5,5 сомонӣ ($5 \cdot 110 / 100 = 5,5$ сомонӣ), харчи истехлок (амортизатсия) 0,08% аз арзиши корхона – 40,7 сомонӣ ($2\,000\,000 \cdot 0,08 / 3927 = 40,7$ сомонӣ) ва дигар харочотҳо 5% – 5,5 сомонӣ ($5 \cdot 110 / 100 = 5,5$ сомонӣ)-ро ташкил медиҳад.

Пас аз ҳисоби харочот, арзиши аслии 1 тонна AlF_3 ҳисоб шуда, натиҷаи он дар ҷадвали 4.6 оварда шудааст.

Ҷадвали 4.6 – Ҳисобҳои техникаю иқтисодӣ оид ба истехсоли 1 тонна фториди алюминий

№	Номгӯи харочот	Воҳиди ченак	Харочот барои 1 т маҳсулот	Арзиш барои 1 т маҳсулот	
				сомонӣ	доллар
I. Сарфи ашёи хом					
1	Омехтаи килотаҳо	т	1,7692	504,22	45,83
2	Гидроксиди алюминий	т	0,9286	4387,6	398,8
II. Сарфи об, барқ ва газ					
3	Об	м ³	2,572	7,71	0,7
4	Харчи гази табиӣ	м ³	4,5	7,42	0,67
5	Қувваи барқ	кВт/соат	Умумӣ 50	27,5	2,5
III. Харочоти меҳнат					
6	Музди меҳнат	-	-	110	10
7	Андози суғуртаи иҷтимоӣ	-	25%	27,5	2,5
8	Харочоти изофӣ (накладные расходы)	-	5%	5,5	0,5

9	Харчи истехлок (амортизатсия)	-	0,08%	40,7	3,2
10	Дигар харочот	-	5%	5,5	0,5
11	Арзиши аслии маҳсулот	т	-	5120,6	465,5
12	Арзиш дар бозори ҷаҳонӣ	т	-	12 000	1090,9
13	Самаранокӣ барои 1 тонна маҳсулот	т	-	6879,35	625,39
Дар баробраи 1 т фториди алюминий, 0,245 т оксиди силитсийи аморфӣ ҳосил мешавад, ки арзиши он дар бозори ҷаҳонӣ, 5500 сомониро дар бар мегирад ($5500 \cdot 0,245 = 1347,5$ сомонӣ)					

Ҳисобҳо нишон медиҳанд, ки арзиши аслии истеҳсоли фториди алюминий нисбат ба аналогҳои воридотӣ ду маротиба паст мешавад. Иқтисори иловагии иқтисодӣ бо ҳисоби ба даст овардани маҳсулоти иловагӣ – дуоксиди силитсийи аморфӣ (арзиши ҷаҳонӣ ~5500 сом./т) таъмин мегардад.

Зимни татбиқи технологияи мазкур дар истеҳсолот, самарайи зиёд экологӣ ва иқтисодӣ ба даст меояд. Ҳисобҳои техникую иқтисодии гузаронидашуда, аз ҷониби роҳбарияти ҶДММ “ТАЛКО Кемикал” тасдиқ шудааст (замимаи 7).

4.7. Асосҳои техникую иқтисодии истеҳсоли фторнамакҳо аз маҳсулоти иловагӣ

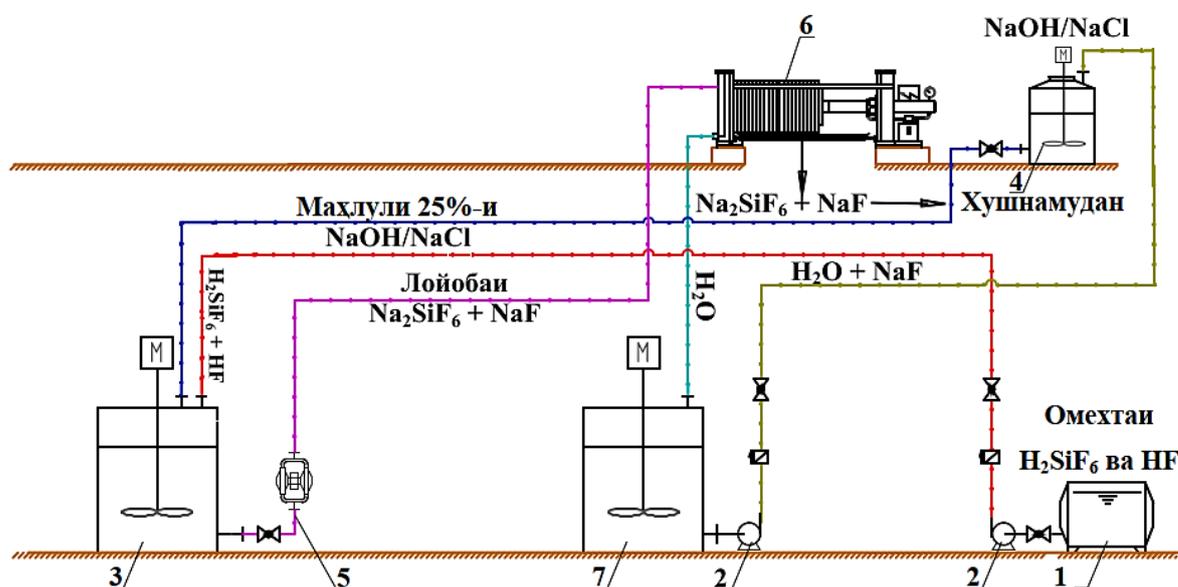
Хотиррасон бояд намуд, ки зимни боҳамтаъсиркунии гидроксиди натрий бо омехтаи кислотаҳо, омехтаи СФН ва фториди натрий ҳосил мешавад (реаксияҳои 3.1, 3.2). Дар асоси таҳқиқотҳои лабораторӣ ва таҷрибаҳои муваффақонаи истеҳсолӣ, технологияи мазкур дар амал татбиқ гардидааст (санад аз таърихи 27.12.с.2023, замимаи 5).

Бо мақсади ҳисоб намудани нишондодҳои техникую иқтисодӣ, мувофиқи натиҷаҳои ба даст омада ва реаксияҳои 3.1-3.2 баланси материалии истеҳсоли 1 т омехтаи СФН ва фториди натрий аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз гидроксиди натрий ҳисоб карда шуд (ҷадвали 4.7).

Чадвали 4.7 – Ҳисоби баланси материалии истеҳсоли 1 т омехтаи намакҳои фтордор аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз гидроксиди натрий

Номгӯи маводҳо	Даромад			Номгӯи маҳсулот	Баромад	
	кг	%	м ³		кг	%
H ₂ SiF ₆ (33%)	1442,7	34,99	1,191	Na ₂ SiF ₆	621,6	15,07
HF (100%)	180,2	4,37	-	NaF	378,4	9,17
NaOH (25%)	2499,6	60,63	1,962	H ₂ O _{реаксияҳо}	281,2	6,82
-	-	-	-	H ₂ O _{барзиёди NaOH}	1874,7	45,47
-	-	-	-	H ₂ O _{барзиёди кислотаҳо}	966,6	23,44
Ҷамъ	4122,5	99,99	3,153	Ҷамъ	4122,5	99,99

Раванд дар асоси таҷҳизоти Технопарки муштарак бо истифодаи схемаи махсуси таҷҳизотию технологӣ (расми 4.3) амалӣ мегардад, ки имконияти техникий иҷро ва мутобиқшавии истеҳсолиро нишон медиҳад.



Расми 4.3 – Схемаи дастгоҳию технологияи коркарди омехтаи кислотаҳо бо гидроксиди натрий (ё хлориди натрий)

1 – зарфи омехтаи КГСФ ва HF; 2 – насоси марказгурез барои интиқоли омехтаи кислотаҳо; 3 – реактор ва омехтакунак; 4 – зарфи омодаи NaOH; 5 – пневмонасоси диафрагмавӣ; 6 – филтпресси чаҳорчӯба (рамный); 7 – зарфи ҷамъкунии маҳлули 25% NaOH/NaCl; 8 – зарфи ҷамъкунии маҳлули Na₂SiF₆ + NaF; 9 – зарфи ҷамъкунии маҳлули H₂O + NaF; 10 – зарфи ҷамъкунии маҳлули H₂O.

Ҳати технологияи СФН ва фториди натрий аз таҷҳизотҳои асосии зерин

иборат мебошад:

- Насоси марказгурез, барои интиқоли омехтаи кислотаҳо: иқтидор (производительность) – $30 \text{ м}^3/\text{соат}$, тавоной – $7,5 \text{ кВт}/\text{соат}$;
- Муҳаррики омехтакунаки зарфи тайёрнамоии маҳлули гидроксиди натрий (ё хлориди натрий), барои нейтрализатсияи омехтаи кислотаҳо: иқтидор – $12 \text{ м}^3/\text{соат}$, тавоной – $7,5 \text{ кВт}/\text{соат}$.
- Муҳаррики омехтакунаки реактор, барои нейтрализатсияи омехтаи кислотаҳо: иқтидор – $12 \text{ м}^3/\text{соат}$ тавоной – $7,5 \text{ кВт}/\text{соат}$.
- Пневмонасоси диафрагмавӣ, барои интиқоли лойобаи омехтаи СФН ва фториди натрий: иқтидор – $30 \text{ м}^3/\text{соат}$, тавоной – $7,5 \text{ кВт}/\text{соат}$;
- Филтрпресси чаҳорчуба (рамный), барои полоиши лойобаи омехтаи СФН ва фториди натрий: иқтидор – $30 \text{ м}^3/\text{соат}$, тавоной – $2,2 \text{ кВт}/\text{соат}$;
- Насоси марказгурез барои интиқол ва истифодаи дубораи оби техникӣ баъд аз полоиш: иқтидор – $30 \text{ м}^3/\text{соат}$, тавоной – $7,5 \text{ кВт}/\text{соат}$;
- Печи туннелии конвейердор (дар ЦСК “ШАТ”): харчи гази табиӣ – $45 \text{ м}^3/\text{соат}$, иқтидор – $10 \text{ т}/\text{соат}$;
- Муҳаррики конвейери печи хушкнамоӣ: тавоной – $4 \text{ кВт}/\text{соат}$;
- Муҳаррики чангкашҳои печ: тавоной – $49,5 \text{ кВт}/\text{соат}$ ($9 \text{ адад} * 5,5 = 49,5 \text{ кВт}/\text{соат}$);
- Муҳаррики боддиханда (дутьевой вентилятор): тавоной – $33 \text{ кВт}/\text{соат}$ (якум $15 + \text{дуюм } 18 = 33 \text{ кВт}/\text{соат}$).

Мувофиқи дастурамали технологӣ, барои чорӣ намудани технологияҳои химиявӣ дар истеҳсолот, ҳисоб намудани нишондодҳои техникаию иқтисодӣ зарур мебошад.

Аз ин рӯ, иқтидори Технопарки Муштарак ва сарфи вақт барои истеҳсоли омехтаи намакҳои фтордор ҳисоб карда мешавад.

Ёдовар мешавем, ки таркиби омехтаи кислотаҳо аз 33% КГСФ ва 16% кислотаи фторид иборат мебошад. Мувофиқи ҳисоби стехиометрӣ, барои истеҳсоли 1 т омехтаи намакҳои фтордор $1622,9 \text{ кг}$ ($1442,7 + 180,2 = 1622,9 \text{ кг}$), ё инки $1,191 \text{ м}^3$ омехтаи кислотаҳо, $624,9 \text{ кг}$ гидроксиди натрий (100%), $1874,7 \text{ кг}$ об ё инки $2499,6 \text{ кг}$ ($1,962 \text{ м}^3$) гидроксиди натрийи 25% лозим мебошад.

Ҳамин тариқ, ҳаҷми умумии массаи реаксионӣ $3,153 \text{ м}^3$ (омехтаи кислотаҳо $1,191 \text{ м}^3 +$ маҳлули $25\% \text{ NaOH } 1,962 \text{ м}^3 = 3,153 \text{ м}^3$) – ро ташкил медиҳад.

Дар ин асос, мувофиқи ҳаҷми реактор дар як вақт имконияти истеҳсоли $3,5 \text{ т}$ омехтаи СФН ва фториди натрий ($3,153 \text{ м}^3 * 3,5 = 11,035 \text{ м}^3$ ё инки тақрибан 11 м^3) мавҷуд мебошад. Мувофиқан барои истеҳсоли $3,5 \text{ т}$ омехтаи намакҳои фтордор, $5680,15 \text{ кг}$ ($1622,9 * 3,5 = 5680,15 \text{ кг}$) ё инки $4,1685 \text{ м}^3$ ($1,191 * 3,5 = 4,1685 \text{ м}^3$) омехтаи кислотаҳо, $2187,15 \text{ кг}$ ($624,9 * 3,5 / 1 = 2187,15 \text{ кг}$) гидроксидаи натрий (100%), $6561,4 \text{ кг}$ ($1874,7 * 3,5 = 6561,4 \text{ кг}$) об, ё инки $8748,6 \text{ кг}$ ($2499,6 * 3,5 = 8748,6 \text{ кг}$) маҳлули 25% -и гидроксидаи натрий ($6,867 \text{ м}^3$) ва $15,75 \text{ м}^3$ ($3,5 * 45 / 10 = 15,75 \text{ м}^3$) гази табиӣ, барои хушк намудани маҳсулот харҷ мешавад.

Арзиши 1 т омехтаи кислотаҳо (КГСФ 33%) – 285 сомонӣ, 1 т гидроксидаи натрий – 2868 сомонӣ, 1 м^3 об – 3 сомонӣ, 1000 м^3 гази табиӣ то ҚСҚ “ШАТ” 1650 сомонӣ.

Барои истеҳсоли $3,5 \text{ т}$ омехтаи намакҳои фтордор, тақрибан $2,2$ соат вақт (дар маҷмӯъ 15 дақиқа барои интиқоли омехтаи кислотаҳо, $+ 60$ дақиқа барои тайёр намудани маҳлули 25% -и гидроксидаи натрий, $+ 15$ дақиқа барои интиқоли маҳлули 25% -и гидроксидаи натрий ба реактор $+ 15$ дақиқа барои раванди нейтрализатсия, $+ 25$ дақиқа барои интиқоли лойоба ба филтрпресси чаҳорчӯба = 130 дақиқа ё инки $2,16 \approx 2,2$ соат) сафр мешавад.

Харчи ашёи хом барои истеҳсоли $3,5 \text{ т}$ омехтаи СФН ва фториди натрий дар ҷадвали 4.8 оварда шудааст:

Ҷадвали 4.8 – Харчи ашёи хом барои истеҳсоли $3,5 \text{ т}$ омехтаи намакҳои фтордор

№	Номгӯии ашёи хом ва мавод	Воҳиди ченак	Хароҷот	Арзиш, сомонӣ
1.	Омехтаи кислотаҳо	т	5,680	1618,8
2.	Гидроксидаи натрий	т	2,187	6272,3
3.	Об	м^3	6,561	19,7
4.	Харчи гази табиӣ	м^3	15,75	26
5.	Ҷамъи хароҷот	-	-	7936,8

Ҳамин таркиқ, харчи умумии ашёи хом ва мавод барои истеҳсоли $3,5 \text{ т}$

омехтаи СФН ва фториди натрий дар 2,2 соати корӣ 7 925,8 сомони ро дар бар мегирад.

Харчи кувваи чараёнро барои истехсоли 3,5 т омехтаи СФН ва фториди натрий ҳисоб мекунем:

Агар интиқоли 30 м^3 омехтаи кислотаҳо (КГСФ 33%) ба воситаи насоси марказгурез $7,5 \text{ кВт/соатро}$ ташкил диҳад, пас тавоноии насоси марказгурез барои интиқоли $4,1685 \text{ м}^3$ ($1,191 \text{ м}^3 * 3,5 = 4,1685 \text{ м}^3$) омехтаи кислотаҳо $1,04 \text{ кВт/соат}$ ($4,1685 * 7,5 / 30 = 1,04 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад. Зимнан агар интиқоли 30 м^3 об ба воситаи насоси марказгурез $7,5 \text{ кВт/соатро}$ ташкил диҳад, пас тавоноии насоси марказгурез барои интиқоли $6,5614 \text{ м}^3$ ($1,8747 * 3,5 = 6,5614 \text{ м}^3$) об $1,64 \text{ кВт/соат}$ ($1,64035 * 7,5 / 30 = 1,64 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад. Муҳаррики омехтакунаки реактор барои нейтрализатсияи омехтаи кислотаҳо дар 1 соат $7,5 \text{ кВт}$ -ро дар бар гирифта, дар 15 дақиқа $1,88 \text{ кВт/соат}$ ($7,5 * 15 / 60 = 1,88 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад. Инчунин агар интиқоли 30 м^3 лойоба ба воситаи пневмонасоси диафрагмави $7,5 \text{ кВт/соатро}$ ташкил диҳад, онгоҳ тавоноии насос барои интиқоли 11 м^3 лойобай намакҳои фтордор $2,76 \text{ кВт/соат}$ ($11 * 7,5 / 30 = 2,75 \text{ кВт/соат}$)-ро дар бар мегирад. Тавоноии муҳаррики зарф барои тайёр намудани маҳлули 25%-и гидроксиди натрий дар 1 соат $7,5 \text{ кВт}$ -ро ташкил медиҳад. Агар тавоноии филтрпресси чаҳорчӯба (рамный), барои полоиши 30 м^3 лойоба $2,2 \text{ кВт/соатро}$ ташкил диҳад, пас полоиши 11 м^3 омехтаи СФН ва фториди натрий $0,8 \text{ кВт/соат}$ ($11 * 2,2 / 30 = 0,8 \text{ кВт/соат}$)-ро дар бар мегирад. Дар маҷмӯъ харчи кувваи чараён дар раванди нейтрализатсия ва полоиши омехтаи СФН ва фториди натрий $15,62 \text{ кВт/соат}$ ($1,04 + 1,64 + 1,88 + 2,75 + 7,5 + 0,8 = 15,62 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад.

Агар барои хушк намудани 10 т/соат маҳсулот, тавоноии муҳаррики конвейери печ 4 кВт/соатро ташкил диҳад, пас барои хушк намудани $3,5 \text{ т}$ маҳсулот, $1,4 \text{ кВт/соат}$ ($3,5 * 4 / 10 = 1,4 \text{ кВт/соат}$)-ро дар бар мегирад. Ҳамзамон агар барои хушк намудани 10 т/соат маҳсулот, тавоноии муҳаррики чангқашҳои печ $49,5 \text{ кВт/соатро}$ дар бар гирад, онгоҳ барои хушк намудани $3,5 \text{ т}$ маҳсулот, $17,32 \text{ кВт/соат}$ ($3,5 * 49,5 / 10 = 17,32 \text{ кВт/соат}$)-ро ташкил медиҳад.

Инчунин агар барои хушк намудани 10 т/соат маҳсулот, тавоноии муҳаррики боддиханда 33 кВт/соатро ташкил диҳад, пас барои хушк намудани 3,5 т маҳсулот, 11,55 кВт/соат ($3,5 \cdot 33 / 10 = 11,55$ кВт/соат)-ро дар бар мегирад. Дар маҷмӯъ харчи қувваи ҷараён дар раванди хушкнамоии маҳсулот, 30,27 кВт/соат ($1,4 + 17,32 + 11,55 = 30,27$ кВт/соат)-ро ташкил медиҳад.

Арзиши 1 кВт/соат қувваи ҷараён баробар аст ба 0,55 сомонӣ. Ҳисоби харчи қувваи ҷараён дар ҷадвали 4.9 оварда шудааст.

Ҷадвали 4.9 – Харчи қувваи ҷараён барои истеҳсоли 3,5 намакҳои фтордор

№	Номгӯии таҷҳизот	Хароҷот, кВт/соат	Арзиш, сомонӣ
1.	Насоси марказгурез дар маҷмӯъ (2 адад)	2,68	1,48
2.	Муҳаррики омехтакунак дар маҷмӯъ (2 адад)	9,38	5,2
3.	Пневмонасоси диафрагмавӣ	2,75	1,51
4.	Филтрпресси ҷаҳорҷӯба	0,8	0,44
5.	Таҷҳизотҳои печи хушкнамоӣ дар маҷмӯъ (3 адад)	30,27	16,5
6.	Ҷамъи хароҷот	45,8	25,2

Мувофиқи ҳисобҳо, харчи умумии қувваи ҷараён барои истеҳсоли 3,5 т омехтаи СФН ва фториди натрий дар 2,2 соати корӣ, 45,8 кВт/соатро ташкил дода, арзиши он 25,2 сомониро дар бар мегирад.

Иқтидори Технопарки Муштаракро барои истеҳсоли намакҳои фтордор дар як сол ҳисоб мекунем:

Мувофиқи ҳисобҳои дар боло овардашуда, агар дар 2,2 соат 3,5 т омехтаи намакҳо истеҳсол карда шавад, онгоҳ дар як шабонарӯз, 38,18 т ($3,5 \cdot 24 / 2,2 = 38,18$ т) омехтаи намакҳо истеҳсол карда мешавад. Ҳамин тариқ:

- дар як моҳ: 1145,4 т ($38,18 \cdot 30 / 1 = 1145,4$ т) омехтаи СФН ва NaF;
- дар як сол: 13 744,8 т ($1145,4 \cdot 12 / 1 = 13 744,8$ т) омехтаи СФН ва NaF;

Пас аз муайян намудани иқтидори солонаи Технопарки Муштарақ, хароҷот барои музди меҳнат ва дигар анвои корҳо ҳисоб карда мешавад:

Мувофиқи лоиҳа дар як шабонарӯз 9 нафар корманд метавонанд дар се баст фаъолият намоянд. Маъоши моҳонаи кормандон 4000 сомонӣ муқаррар карда мешавад. Агар маъоши моҳонаи 1 корманд 4000 сомониро ташкил

диҳад, пас маъоши 9 корманд дар як моҳ 36000 сомонӣ ($9 \cdot 4000 = 36000$)-ро ташкил дода, дар як сол бошад ба 432 000 сомонӣ ($36000 \cdot 12 = 432000$) баробар мегардад. Агар дар як сол иқтидори корхона 13 744,8 т маҳсулотро ташкил диҳад, онгоҳ маъоши кормандон барои 1 тонна маҳсулот 31,43 сомонӣ ($432 000 / 13744,8 = 31,43$ сомонӣ)-ро ташкил медиҳад. Харочоти суғуртаи иҷтимоӣ аз ҳисоби маъоши кормандон 25%-ро ташкил дода, мувофиқан 7,85 сомонӣ ($25 \cdot 31,43 / 100 = 7,85$ сомонӣ), харочоти изофӣ (накладные расходы) 5% – 1,57 сомонӣ ($5 \cdot 31,43 / 100 = 1,57$ сомонӣ), харчи истехлок (амортизатсия) 0,08% аз арзиши корхона, 40,7 сомонӣ ($2 000 000 \cdot 0,08 / 3 927 = 40,7$ сомонӣ) ва дигар харочотҳо 5% – 1,57 ($5 \cdot 31,43 / 100 = 1,57$ сомонӣ)-ро ташкил медиҳад.

Арзиши аслии 1 тонна маҳсулот мувофиқи натиҷаҳои таҳлили иқтисодӣ, ки дар ҷадвали 4.10 инъикос ёфтааст, муайян карда шудааст.

Ҷадвали 4.10 – Ҳисоби техникаю иқтисоди истехсоли 1 т намакҳои фтордор

№	Номгӯии харочот	Воҳиди ченак	Харочот барои 1 т маҳсулот	Арзиш барои 1 т маҳсулот	
				сомонӣ	доллар
I. Сарфи ашёи хом					
1	Омехтаи килотаҳо	т	1,191	339,43	30,85
2	Гидроксиди натрий	т	6,249	1792,21	162,92
II. Сарфи об, барқ ва газ					
3	Об	м ³	1,8747	5,62	0,51
4	Харчи гази табиӣ	м ³	4,5	7,42	0,67
5	Қувваи барқ	кВт/с	Σ12,04	6,62	0,60
III. Харочоти меҳнатӣ					
6	Музди меҳнат	-	-	31,43	2,85
7	Суғуртаи иҷтимоӣ	-	25%	7,85	0,71
8	Харочоти изофӣ	-	5%	1,57	0,14
9	Харчи истехлок	-	0,08%	40,7	3,7
10	Дигар харочот	-	5%	1,57	0,14
11	Арзиши аслӣ	т	-	2234,42	203,1
12	Арзиши СФН дар бозори ҷаҳонӣ	т	-	8000	727,2
13	Самаранокӣ барои 1 т	т	-	5765,58	524,1

Мувофиқи маълумоти ҷадвали 4.10, арзиши аслии омехтаи бадастомада зиёда аз се маротиба пасттар аз арзиши СФН-и воридотӣ мебошад. Бояд қайд намуд, ки таркиби химиявии омехтаи намакҳо тақрибан аз 60% СФН ва 40 % фториди натрий иборат мебошад. Бинобар ин дар муқоиса бо фториди натрий, ки арзишаш дар бозори ҷаҳонӣ зиёда аз 15 000 сомонӣ (≈ 1363 доллари ИМА)-ро ташкил медиҳад, тахминан 6 маротиба арзонтар аст. Бинобар ин, татбиқи технологияи мазкур дар истеҳсолот, самараи зиёд экологӣ ва иқтисодӣ ба миён меорад.

Масалан самаранокии иқтисодии Технопарки Муштарак барои истеҳсоли фториди алюминий, оксиди силитсийи аморфӣ, омехтаи СФН ва фториди натрий дар як сол дар ҷадвали 4.11 оварда шудааст.

Ҷадвали 4.11 – Нишондодҳои техникаю иқтисодӣ зимни татбиқ намудани технологияи зикргардида

Номгӯи маҳсулот	Воҳ. чен.	Миқдори маҳсулоти истеҳсол шаванда	Арзиши аслии маҳсулот, сомонӣ		Арзиши маҳсулот дар бозори ҷаҳонӣ, сомонӣ		Самараи иқтисодӣ, сомонӣ (доллар)
			Барои 1 воҳид	Дар маҷмӯъ	Барои 1 воҳид	Дар маҷмӯъ	
Технологияи истеҳсоли фториди алюминий ва оксиди силитсийи аморфӣ							
Фториди алюминий	т/сол	3 610,8	5329	19 241 953	12 000	43 329 600	28 958 447 (2 632 586)
Оксиди силитсийи аморфӣ	т/сол	885,6	Маҳ. иловагӣ	Маҳ. иловагӣ	5500	4 870 800	
Технологияи истеҳсоли омехтаи СФН ва фториди натрий							
Омехтаи намакҳои фтордор	т/сол	13 744,8	2234,4	30 711 381	8000	109 958 400	79 247 019 (7 204 274)
Дар маҷмӯъ	-	-	-	-	-	-	108 205 466 (9 836 860)

Чуноне ки аз чадвали 4.11 дида мешавад, бо истифодаи таҷҳизотҳои мавҷудаи Технопарки Муштарак дар як сол имконияти истеҳсоли зиёда аз 3,5 ҳаз. т фториди алюминий, 800 т оксиди силитсийи аморфӣ ва зиёда 13,5 ҳаз.т. омехтаи СФН ва фториди натрий мавҷуд мебошад.

Тибқи маълумоти қаблӣ, дар як соли кори пурраи корхонаи “ТАЛКО Кемикал” зиёда аз 4 ҳазор тонна омехтаи кислотаҳо (КГСФ-25%) истеҳсол мешавад. Бинобар ин татбиқ намудани технологияи коркарди омехтаи кислотаҳо дар асоси Технопарки муштарак имкон медиҳад, ки зиёда аз 8 ҳазор тонна партовҳо дар як сол безарар гардонида шаванд ва хавфҳои экологӣ дар корхонаи «ТАЛКО Кемикал» бартараф шаванд. Дар ин ҳолат хатари таъсири омехтаи кислотаҳо ба муҳити атроф аз миён бурда мешавад. Ҳисобҳои техникаю иқтисодии гузаронидашуда, аз ҷониби роҳбарияти ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” тасдиқ шудааст (замимаи 8).

Фториди алюминий компоненти асосии таркиби электролит дар истеҳсоли алюминий буда, оксиди силитсийи аморфӣ соҳаи васеи истифодабарӣ дорад. Омехтаи силитсийфторид ва фториди натрийро метавонанд ҳамчун компоненти таркиби флюсҳо барои тоза ва рӯйпуш кардани металлҳои худохта, ҳамчун маводи доруворӣ дар саноати дорусозӣ, реагент дар синтези фреонҳо, дар истеҳсоли шиша, эмалҳо, маснуоти сафолӣ, маводҳои ба гармӣ тобовар, дар истеҳсоли сементҳои ба кислота тобовар, инчунин дар раванди истеҳсоли алюминий бо усули электролиз барои танзими таносуби криолитӣ ва ҳосил намудани электролит истифода баранд.

Технологияҳои зикршуда оддӣ ва арзон буда, татбиқашон дар истеҳсолот ҷойҳои нави кориро фароҳам меорад ва дар безараргардонии омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид аз ҷиҳати экологӣ самаранок ва иқтисодӣ судманд аст.

4.8. БАҲРАСИИ НАТИҶАҶОИ ТАҲҚИҚОТ

Таҳқиқотҳои рисолаи дисертационии мазкур ба технологияи коркард (безаргардонӣ)-и маҳсулоти иловагии ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” – омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо истифода аз $Al(OH)_3$ ва гидроксид, карбонат ва хлориди Na барои истеҳсоли номгуӣи як қатор маҳсулотҳои лозима, аз қабилӣи фториди Al, оксиди силитсӣи аморфӣ, шишаи моеъ, криолит, омехтаи СФН, фториди натрий ва ғ. равона шудааст.

Аз ин рӯ, аввал коркарди омехтаи кислотаҳо бо гидроксид, карбонат ва хлориди натрий (ашёи хоми маҳаллӣ) вобаста ба ҳарорат, вақт ва консентратсияҳои намакҳои натрийдор бо ду усул омӯхта шуд. Параметрҳои оптималии варианти якуми коркард бо истифода аз гидроксид ва карбонати натрий инҳоянд: ҳарорат – 25 °С, давомнокии раванд – 15-20 дақиқа, консентратсияи гидроксиди натрий – 25%. Дар ин сурат баромади омехтаи намакҳои фтордор зиёда аз 95 %-ро ташкил медиҳад.

Таҳлили химиявии намунаҳои озмоишӣ, ки мувофиқи варианти якум ҳосил мешаванд, нишон дод, ки маҳсулоти мазкур тахминан аз 67% СФН ва 31% фториди натрий иборта мебошад. Зимни гузаронидани таҳлили рентгенофазаӣ маълум гардид, ки намунаҳои бо истифода аз карбонат ва гидроксиди натрий ҳосилшуда ба намунаҳои стандартии минерали малладрит, тааллуқ доранд.

Барои самаранок сохтани коркарди омехтаи кислотаҳо, дар технологияи мазкур ашёи хоми маҳаллӣ – хлориди натрий – истифода шуд, ки дар натиҷа омехтаҳои СФН, фториди натрий ва кислотаи хлорид истеҳсол мегарданд (варианти дуум). Параметрҳои оптималӣ: ҳарорат – 25 °С, давомнокӣ – 5-10 дақиқа, консентратсияи хлориди натрий – 25%. Дар чунин шароити дараҷаи максималии ҷудошавии намакҳои фтордор зиёда аз 78%-ро ташкил медиҳад.

Таҳлили химиявии намунаи озмоишии бо истифода аз хлориди натрий ҳосилшуда, нишон дод, ки дар таркиби он миқдори СФН 95,8%-ро ташкил дода, миқдори фториди натрий бошад, ҳамагӣ 3,5%-ро дар бар мегирад. Аз ин бармеояд, ки фториди натрий дар кислотаи хлориди ҳосилшуда, тақрибан

пурра ҳал шуда, ба маҳлул мегузарад. Тасдиқи ин гуфтаҳо, таҳлилҳои рентгенофазаӣ мебошад, зеро қисмати саҳт ба минерали малладрит ва намунаи буғронишуда аз қисмати моеъ ба минерали виллиомит тааллуқ доранд.

Барои истеҳсоли омехтаи СФН ва NaF, дар асоси таҳқиқоти лабораторӣ, схемаи технологияи коркарди такрорӣ омехтаи кислотаҳо фторид таҳия шуд. Технологияи безараргардонии омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо мақсади ба даст овардани омехтаи намакҳои фтордор бо ҳарду вариант осон ва аз ҷиҳати экологӣ бехатар ва инчунин аз ҷисоби истифода бурдани ашёи хоми минералии маҳаллӣ ва сарфи ками электроэнергия, аз ҷиҳати иқтисодӣ муфид мебошад.

Бо мақсади истеҳсоли маҳсулоти муфид, сараввал термодинамикаи раванди коркарди омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо гидроксиди алюминий дар ҳудуди ҳароратҳои аз 303 то 363 К бо мақсади ҳосил намудани оксиди силитсийи аморфӣ ва маҳлули фториди алюминий омӯхта шуда, константаи мувозинатии реаксия ва энергияи озоди Гиббс ҳисоб карда шуд.

Қиматҳои термодинамикии ҳисобшуда, шаҳодат аз он медиҳанд, ки реаксияи боҳамтаъсиркунии омехтаи кислотаҳо бо гидроксиди алюминий худ ба худ гузашта, дар натиҷа омехтаи фториди алюминий ва оксиди силитсий аморфӣ ҳосил мешавад. Аммо бо мақсади ҳосил намудани компонентҳои тоза, қабл аз гузаронидани таҷриба, барои ҳосил шудани маҳлули фториди алюминий дар муҳити кислотагӣ, омехтаи кислотаҳо сероб гардонида мешавад (то маҳлули 15%-и КГСФ). Боҳамтаъсиркунии омехтаи кислотаҳо бо гидроксиди алюминий хело суст гузашта, баланд намудани ҳарорад то 95 °C суръати гузариши реаксияро ба маротиб метезонад.

Барои истеҳсоли фториди алюминий, технологияи боҳамтаъсиркунии омехтаи кислотаҳо бо $Al(OH)_3$ дар шароити лабораторӣ бо истифода аз натиҷаҳои термодинамикӣ таҳқиқ шуд. Маҳсулоти коркарди омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо истифода аз $Al(OH)_3$ маҳлули AlF_3 (дар муҳити кислотагӣ) ва оксиди силитсийи аморфӣ дар шакли таҳшин ба шумор меравад.

Параметрҳои оптималии технологияи мазкур барои ҳосил намудани оксиди силитсийи аморфӣ чунин мебошад: ҳарорат – 85 °С, давомнокии раванд – 15 дақиқа, консентратсияи КГСФ – 15%, вояи КГСФ – 120% аз рӯи ҳисоби стехиометрӣ. Дар ин гуна шароит, дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсийи аморфӣ 99,8 %-ро ташкил дода, тозагии он зиёда аз 98% мебошад.

Муайян карда шуд, ки параметрҳои оптималии раванди кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий чунин мебошад: ҳарорат – 90 °С, давомнокии раванд – 180 дақиқа, вояи маркази кристаллизатсия – 20% аз массаи ибтидоӣ. Дар чунин шароит дараҷаи кристаллизатсияи фториди алюминий, зиёда аз 94 %-ро ташкил дода, тозагии маҳсулот ба 97,8% баробар мебошад.

Таҳлилҳои физикавӣю химиявӣ нишон доданд, ки фториди алюминий ва оксиди силитсийи ҳосилшуда аз омехтаи кислотаҳо ба талаботи ГОСТ 9428-73 ва ГОСТ 19181-78 мутобиқанд. Пас аз ҳосил намудани маҳлули фториди алюминий, эҳтимолияти ҳосил намудани криолит вучуд дошта, технологияи мазкур дар шароити лабораторӣ омӯхта шуд. Параметрҳои оптималии технологияи мазкур: ҳарорат 65-85 °С, давомнокии раванд 5-10 дақиқа, ва вояи маҳлули фториди натрий 100% бар асоси ҳисоби стехиометрӣ мебошанд. Дар ин шароит дараҷаи ҷудошавии криолит аз 98% зиёд шуда, тозагии он бо талаботи ГОСТ 10561-80 мувофиқ аст.

Аз маҳлули фториди алюминий ва фториди натрий, ки бо гидроксиди натрий аз омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид ҳосил мешавад, истехсоли криолит имконпазир аст. Ин технология оддӣ, самаранок ва аз ҷиҳати хароҷоти нерӯӣ ҷараён каммасраф мебошад.

Бар асоси натиҷаҳои бадастомада, кинетикаи нейтрализатсияи омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо гидроксиди алюминий ва кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий таҳқиқ шуд.

Зимнан, кинетикаи гузариши раванди таҷзияи гидроксиди алюминий дар омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо мақсади ҳосил намудани оксиди силитсийи аморфӣ ва маҳлули фториди алюминий дар ҳудудҳои ҳарорат аз 30

то 90 °C ва давомнокии раванди аз 5 то 15 дақиқа, инчунин кинетикаи кристаллизатсияи фториди алюминий дар ҳудуди ҳарорати аз 30 то 90 °C ва давомнокии раванд аз 30 то 180 дақиқа омӯхта шуд.

Бо истифодаи муодилаи Аррениус, энергияи фаъолнокии раванди ҳосилшавии оксиди силитсӣ аморфӣ ҳисоб карда шуда, қимати он ба 50,77 кҶ/мол баробар мебошад. Қимати ҳисобкардашудаи энергияи фаъолнокии ҳосилшавии оксиди силитсӣ аморфӣ аз он далолат медиҳад, ки раванд дар ҳудуди кинетикӣ мегузарад. Энергияи фаъолнокии раванди ҳосилшавии маҳлули фториди алюминий ба 38,71 кҶ/мол баробар буда, раванди мазкур дар ҳудуди интиқоли мегузарад. Муайян карда шуд, ки раванди кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий дар ҳудуди интиқоли мегузарад, зеро қимати энергияи фаъолнокии 38,71 кҶ/мол-ро ташкил медиҳад.

Қиматҳои ҳисобшудаи кинетикӣ, механизми равандро ҳангоми таҷзияи гидроксиди алюминий дар омехтаи кислотаҳо бо мақсади ҳосил намудани SiO₂-и аморфӣ ва фториди Al муайян намуда, имкон медиҳанд, ки шароити оптималӣ барои татбиқи ин технология интиҳоб карда шавад.

Баъди ҷудо намудани SiO₂-и аморфӣ, таҳқиқоти лабораторӣ нишон дод, ки бо баланд шудани ҳарорат (25-90 °C), давомнокии раванд (15-60 дақиқа) ва концентратсияи гидроксиди натрий (5-25%) ҳалшавии оксиди силитсӣ аморфӣ зиёд мешавад. Барои нигоҳ доштани модули силикати шишаи моеъ, концентратсияи 15%-и ишқори натрий, ҳарорати 85-90 °C ва давомнокии 60-70 дақиқа мувофиқ аст.

Параметрҳои техникии шишаи моеъ дар Лабораторияи марказии ҚСМ «ШАТ» муайян карда шуда, маълум гардид, ки он ба талаботи тамғаи А ва Б-и шишаи моеъ мувофиқи ГОСТ-и 13078-81 ҷавобгӯй мебошад.

Бар асоси таҷрибаҳо, схемаи принсипиал ва технологӣ барои истеҳсоли фториди алюминий, оксиди силитсӣ аморфӣ, шишаи моеъ ва криолит аз омехтаи кислотаҳо таҳия гардид.

Таҳқиқотҳои минбаъда оид ба таҷрибавҳои истеҳсоли саноатӣ бо истифода аз таҷҳизотҳои Технопарки Муштараки ҚДММ «ТАЛКО Кемикал»

ва МД «Пажӯҳишгоҳи илмию таҳқиқотии металлургия»-и ҶСК «Ширкати Алюминийи Тоҷик» гузаронида шуданд.

Масалан корҳои таҷрибавӣ оид ба истеҳсоли фториди алюминий, криолит ва оксиди силитсӣ аморфӣ дар ду марҳила гузаронида шуданд. Дар маҷмӯъ 265 кг (бе назардошти қисмати поёнии реактор) миқдори таҷрибавию саноатии фториди алюминий, 40 кг криолит ва 8 кг оксиди силитсӣ аморфӣ истеҳсол карда шуд. Дар натиҷаи гузаронидани таҷрибаҳои санҷишӣ, санад аз 03.05.2019 тасдиқ карда шуд.

Санҷиши таҷрибавию саноатии минбаъда, бо истифода аз КГСФ-и 25% ба миқдори 1000 кг ва 2090 кг хлориди натрий дар намуди маҳлули сер гузаронида шуд. Дар натиҷа ба миқдори 330 кг СФН (бе ҳисоби намӣ ва маҳсулоти минтақои «дастнорас»-и реактор) ва 1100 кг маҳлули 15-17%-и кислотаи хлорид истеҳсол карда шуд. Дар асоси натиҷаи санҷишҳои таҷрибавию саноатӣ, санад аз таърихи 03.05.2019 тасдиқ карда шуд.

Инчунин истеҳсоли миқдори таҷрибавию саноатии СФН бо истифода аз маҳлули 25%-и КГСФ ба миқдори 1000 кг ва 300 кг гидроксиди натрий дар намуди маҳлули 20%-а амалӣ гардонида шуд. Дар натиҷа ба миқдори 350 кг маҳсулот истеҳсол карда шуд. Оид ба натиҷаи санҷиши таҷрибавию саноатии истеҳсоли СФН, санад аз таърихи 03.05.2019 тасдиқ гардид. Миқдори таҷрибавию саноатии силитсифториди натрийи сунъӣ, ки аз омехтаи кислотаҳо бо истифода аз хлорид ва гидроксиди натрий истеҳсол шудааст, дар истеҳсолоти электролизи ҶСК «ШАТ» бо муваффақият аз санҷиш гузаронида шуданд.

Дар асоси таҷрибаҳои лаборатории гузаронидашуда, аз санаи 11.04 то 22.04.с.2022 ба миқдори зиёда аз 2 кг шишаи моеъ тақрибан аз 600 г оксиди силитсӣ аморфӣ, ҳосил карда шуд. Таҳлили химиявии шишаи моеъи ҳосилшуда дар лабораторияи истеҳсоли анодҳои пухтаи ҶСК «ШАТ» гузаронида шуда, маҳсулот ба талаботи шишаи моеъи навҳои А ва В-и ГОСТ 13078-81, инчунин талаботҳои дастурамали техникаи конхонавӣ ТИ 117-05-20 ҷавобгӯӣ мебошад.

Дар ин асос аз санаи 24.05 то 01.06.с.2022 санчиши таҷрибавию саноатии шишаи моеъи ҳосилшуда ба сифати сементи ба гармӣ тобовар дар сеҳи истеҳсоли маводҳои оташбардор ва сохтумонӣ (СМОС)-и ҚСҚ «ШАТ» дар муқоиса бо шишаи моеъи корхона гузаронида шуд. Аз натиҷаи таҷрибаҳои гузаронидашуда хулоса баровардан мумкин аст, ки шишаи моеъи таҷрибавӣ, аз шишаи моеъи дар ҚСҚ «ШАТ» истеҳсолшаванда фарқият надошта, барои омода намудани сементи ба оташ тобовар ва истифодаи он дар сеҳи таъмири муқаммалӣ электролизёрҳои ҚСҚ «ШАТ» мувофиқи мақсад мебошад. Дар асоси таҷрибаҳои гузаронидашуда, санад аз таърихи 22.06.с.2022 тасдиқ карда шуд.

Соли 2023 дар Технопарки Муштарак мувофиқи схемаи технологияи таҳиягардида, тақрибан 43 тонна омехтаи СФН ва фториди натрий истеҳсол карда шуд. Санаи 30.11.с.2023 аз ҚДММ «ТАЛҚО Кемикал» тақрибан 18 т омехтаи мазкур ба ҚСҚ «ШАТ» интиқол дода шуд, ки пас аз хушкнамоӣ дар раванди электролиз истифода гардид. Баъд аз истеҳсоли миқдори таҷрибавию саноатии омехтаҳои намакҳои фтордор санад оид ба татбиқи технологияи мазкур дар Технопарки Муштарак (аз таърихи 27.12.с.2023) тасдиқ карда шуд.

Дар давраи аз 08.07 то 15.07.с.2024 аз партовҳои хлордори ҚСҚ «Тоҷикимиёсаноат», омехтаи СФН ва фториди натрийи ҚДММ «ТАЛҚО Кемикал», инчунин концентрати флюорити ғайристандартӣи ҚСҚ «Корхонаи Бойгарони Тақоб» дар сеҳи газтозакунӣ ва сеҳи таҷрибавию озмоишии ҚСҚ «ШАТ» ба миқдори 2100 кг флюси рӯйпӯш ва тозакунандаи тамғаи «ПРФ-23», ки аз ҷониби МД «ПИТМ»-и ҚСҚ «ШАТ» таҳия гардидааст, истеҳсол карда шуд.

Дар давраи аз 05.08. то 05.09.с.2024, дар тамоми омехтакунакҳои (миксер) шубаи рехтагарии №2-и ҚСҚ «ШАТ», истифодаи таҷрибавию саноатии флюси «ПРФ-23» бо речаи озмоишӣ, бомуваффақият анҷом дода шуд. Бо истифода аз флюси таҷрибавӣ, зиёда аз 2 ҳазор тонна металлӣ алюминийи аввалия, коркард шуд. Дар натиҷаи санчишҳои таҷрибавию саноатӣ, флюси таҷрибавии «ПРФ-23» барои истифода дар истеҳсолоти

рехтагарии ҚСК «ШАТ» тавсия дода мешавад. Дар асоси санчишҳои таҷрибавию истеҳсолии гузаронидашуда, санад аз таърихи 11.11.с.2024 тартиб дода шуда, тасдиқ гардид.

Барои дар амал татбиқ намудани технологияи истеҳсоли фториди алюминий, оксиди силитсийи аморфӣ ва криолит аз омехтаи кислотаҳо ва ҳисоб намудани асосҳои техникую иқтисодӣ, схемаи дастгоҳию технологияи коркарди комплекси омехтаи кислотаҳо дар асоси таҷҳизотҳои мавҷудаи Технопарки Муштарақ, таҳия карда шуд.

Пас аз гузаронидани ҳисобҳои техникую иқтисодӣ маълум гардид, ки арзиши AlF_3 -и аз омехтаи кислотаҳо истеҳсолшаванда, аз арзиши фториди Al воридотӣ, зиёда аз 2 маротиба арзонтар мебошад. Мавриди зикр аст, ки дар ин технология, оксиди Si -и аморфӣ ҳамчун маҳсулоти иловагӣ ҳосил шуда, арзиши он дар бозори ҷаҳонӣ тақрибан 5500 сомонӣ (500 доллари ИМА)-ро ташкил медиҳад. Зимни татбиқи технологияи мазкур дар истеҳсолот, самарани зиёд экологӣ ва иқтисодӣ ба даст меояд.

Инчунин зимни гузаронидани ҳисобҳои техникую иқтисодӣ, маълум гардид, ки арзиши омехтаи СФН ва фториди натрий, ки аз омехтаи кислотаҳо истеҳсол мешаванд, аз арзиши силитсийфториди натрийи воридотӣ зиёда аз 3 маротиба арзонтар мебошад. Бояд қайд намуд, ки таркиби химиявии омехтаи намакҳои фтордор, тақрибан аз 60% СФН ва 40 % фториди натрий иборат мебошад. Бинобар ин дар муқоиса бо фториди натрий, ки арзишаш дар бозори ҷаҳонӣ зиёда аз 15 000 сомонӣ (1363 доллари ИМА)-ро ташкил медиҳад, тахминан 6 маротиба арзонтар аст. Бинобар ин, татбиқи технологияи мазкур дар истеҳсолот, самарани зиёд экологӣ ва иқтисодӣ ба миён меорад.

Ҳамин тариқ, бо истифодаи таҷҳизотҳои мавҷудаи Технопарки Муштарақ дар як сол имконияти истеҳсоли зиёда аз 3,5 ҳаз. т фториди алюминий, 800 т оксиди силитсийи аморфӣ ва зиёда 13,5 ҳаз.т. омехтаи СФН ва фториди натрий мавҷуд мебошад.

ХУЛОСАҲО

1. Бо усулҳои физикавӣ ва химиявӣ, таркиби маҳсулоти иловагии ЧДММ “ТАЛКО Кемикал” – омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид муайян карда шуд, ки мувофиқан вобаста аз бозгардони (циркуляция)-и он аз 33% КГСФ ва 21% кислотаи фторид иборат аст [1-М, 2-М, 4-М, 5-М, 6-М, 16-М].
2. Параметрҳои оптималии технологияи коркард (безаргардонӣ)-и омехтаи кислотаҳо бо гидроксид, карбонат ва хлориди натрий, вобаста ба ҳарорат, давомнокии раванд ва концентратсияҳои намакҳои натрийдор дар ду марҳила таҳқиқ шуд [1-М, 8-М, 9-М, 21-М, 22-М]:
 - а) Ҳангоми истифодаи карбонат ва гидроксиди натрий (ҳарорат 25 °С, давомнокӣ 15-20 дақ., концентратсияи NaOH 25%) баромади омехтаи намакҳои фтордор зиёда аз 95% мебошад.
 - б) Ҳангоми истифодаи хлориди натрий (ҳарорат 25 °С, давомнокӣ 5-10 дақ, концентратсияи NaCl 25%) дараҷаи ҷудошавии намакҳои фтордор 78%-ро ташкил медиҳад.
3. Муайян шудааст, ки коркарди омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо гидроксиди алюминий дар ҳудуди 303-363 К аз ҷиҳати термодинамикӣ асоснок буда, ба даст овардани шакли аморфии SiO₂ ва маҳлули AlF₃-ро таъмин менамояд [16-М].
4. Технологияи ҳосил намудани оксиди силитсӣ аморфӣ, шишаи моеъ, фториди алюминий ва криолит аз омехтаи КГСФ ва кислотаи фторид бо истифода аз Al(OH)₃ дар шароити лабораторӣ омӯхта шуд, ки параметрҳои оптималии онҳо чунин мебошад [3-М, 4-М, 5-М, 7-М, 10-М, 11-М, 12-М, 13-М, 14-М, 17-М, 19-М, 20-М, 23-М]:
 - а) барои ҳосил намудани оксиди силитсӣ аморфӣ: ҳарорат – 85 °С, давомнокии раванд – 15 дақиқа, концентратсияи КГСФ – 15%, воёи КГСФ – 120% аз рӯйи ҳисоби стехиометрӣ. Дар чунин шароит, дараҷаи ҷудошавии оксиди силитсӣ аморфӣ 99,8 %-ро ташкил дода, тозагии он зиёда аз 98% мебошад;
 - б) барои кристаллизатсияи маҳлули фториди алюминий: ҳарорат – 90 °С, давомнокии раванд – 180 дақиқа, воёи маркази кристаллизатсия – 20% аз массаи ибтидоӣ. Дар чунин шароит дараҷаи кристаллизатсияи фториди

алюминий, зиёда аз 94 %-ро ташкил дода, тозагии маҳсулот ба 97,8% баробар мебошад;

в) барои ҳосил намудани шишаи моеъ аз оксиди силитсийи аморфӣ: ҳарорат – 85-90 °С, давомнокии раванд – 60-70 дақиқа, концентратсияи гидроксиди натрий – 15%. Дар чунин шароит дараҷаи ҳалшавии оксиди силитсийи аморфӣ дар маҳлули NaOH зиёда аз 95%-ро ташкил медиҳад;

г) барои ҳосил намудани криолит аз маҳлулҳои AlF_3 ва NaF: ҳарорат – 65-85 °С, давомнокии раванд – 5-10 дақиқа, воҷи маҳлули NaF – 100% мувофиқи ҳисоби стехиометрӣ. Дар чунин шароит дараҷаи ҷудошавии криолит зиёда аз 98 %-ро ташкил дода, тозагии он ба талаботи криолити сунъии техникӣ (ГОСТ 10561-80) ҷавобгӯӣ мебошад.

5. Параметрҳои кинетикии равандҳое ки дар омехтаи кислотаҳо мегузаранд, муайян карда шудаанд: таҷзияи гидроксиди алюминий бо ҳосилшавии шакли аморфии SiO_2 ($E_a = 50,77$ кҶ/мол) ва маҳлули AlF_3 ($E_a = 38,71$ кҶ/мол) дар ҳарорати 30-90 °С ва давомнокии 5-15 дақ., инчунин кристаллизатсияи AlF_3 ($E_a = 39,8$ кҶ/мол) дар ҳамон ҳароратҳо ва давомнокии 30-180 дақиқа [2-М, 16-М, 18-М].

6. Дар шароити Технопарки муштарак корҳои таҷрибавию саноатӣ оид ба ба даст овардани фториди алюминий, криолит, шакли аморфии SiO_2 , СФН, шишаи моеъ, флюсҳо ва дигар маҳсулот аз омехтаи кислотаҳо гузаронида шуданд. Озмоиши маҳсулот бо санадҳои дахлдор тасдиқ шудааст [3-М, 4-М].

7. Технологияи безарқунии системаи кислота бо ба даст овардани СФН ва NaF, ки дар асоси корҳои таҳқиқотӣ ва таҷрибавию саноатӣ таҳия шудааст, бомуваффақият ба истехсоли амалӣ татбиқ шудааст.

8. Маҷмӯи схемаҳои технологӣ таҳия шудааст [1-М, 3-М, 4-М, 5-М, 6-М, 10-М, 15-М, 20-М, 21-М, 22-М, 23-М], ки дар бар мегирад:

- технологияи коркарди омехтаи кислота бо ба даст овардани СФН ва NaF;
- синтези AlF_3 , SiO_2 -и аморфӣ, шишаи моеъ ва криолит аз омехтаи КГСФ ва HF;
- схемаҳои таҷҳитозию технологӣ, барои коркарди комплекси омехтаи кислотаҳо дар таҷҳизоти Технопарк бо ба даст овардани маҳсулоти фтордор ва силикатӣ.

9. Параметрҳои асосии техникую иқтисодии технологияи коркарди комплекси омехтаи кислотаҳо асоснок шудаанд [6-М], ки бо озмоишҳои таҷрибавию саноатӣ тасдиқ гардида, ба истеҳсоли доираи васеи маҳсулоти фтордор ва силикатӣ равона шудаанд.

ТАВСИЯҲО ОИД БА ИСТИФОДАИ АМАЛИИ НАТИҶАҲОИ ТАҲҚИҚОТ

Бо дарназардошти маълумоти таҷрибавӣ ва истеҳсолӣ, қарорҳои технологияи таҳияшуда, метавонанд барои татбиқ дар корхонаҳои соҳавӣ тавсия дода шаванд:

- Дар корхонаҳои истеҳсоли кислотаи фосфат ва нуриҳои фосфордор – барои нейтрализатсияи самараноки маҳсулоти иловагӣ бо ҳамзамон ба даст овардани пайвастиҳои арзишманди фтордор ва силикатӣ;
- Дар майдони ҚДММ «ТАЛКО Кемикал», ки дар он ҷо ин компонентҳо ҳамчун маҳсулоти иловагӣ ба вучуд меоянд, мувофиқ аст технологияи синтези AlF_3 , шакли аморфии SiO_2 ва шишаи моеъ ворид карда шавад. Амалӣ намудани раванд вазъи экологиро беҳтар намуда, самаранокии захиравии истеҳсолотро баланд мебардорад;
- Маълумот оид ба арзёбии техникую иқтисодӣ ба корхонаи истеҳсоли кислотаи фторид пешниҳод шудааст, ки бар асоси он арзиши аслии AlF_3 , омехтаи СФН ва NaF тақрибан ду маротиба пасттар аз арзиши маҳсулоти воридотӣ мебошад. Шакли аморфии SiO_2 ҳамчун маҳсулоти иловагӣ бо нархи тақрибан 500 доллар арзёбӣ мешавад;
- Истеҳсоли омехтаи СФН ва фториди натрий дар корхонаи «ТАЛКО Кемикал» аллақай ба роҳ монда шудааст, омехтаи кислотаҳо қариб пурра коркард шудаанд. Тавсия дода мешавад минбаъд низ аз ин технология барои безаргардонии омехтаи кислотаҳо истифода бурда шавад;
- Маҳсулоти бадастомадаро метавонанд пурра дар истеҳсоли алюминий бо усули электролиз истифода баранд. Ба ҚСК «ШАТ» тавсия дода мешавад, ки чунин маҳсулотро барои паст кардани арзиши аслии металл истифода намояд.

РҰЙХАТИ АДАБИЁТ

1. Раков, Э.Г. Химия и технология неорганических фторидов. – М.: Изд-во МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1990. – 162 с.
2. Боярко, Г.Ю. Добыча и потребление фтористого минерального сырья в России / Боярко Г.Ю., Хатьков В.Ю. // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 2. – С. 165–169.
3. Технология фосфорных и комплексных удобрений / под ред. С. Д. Эвенчика, А. А. Бродского. – М.: Химия. - 1987. – 464 с.
4. Бабкин, В.В. Фосфорные удобрения России / В.В. Бабкин, А.А. Бродский. М.: ТОО «Агрохимпринт». – 1995. – 464 с.
5. Фосфатное сырье для производства минеральных удобрений: обз. информация / под. ред. А.И. Ангелова, П.П. Денисова. – М. НИИТЭХИМ, 1987. – 54 с.
6. Кармышов, В.Ф. Химическая переработка фосфоритов / В.Ф. Кармышов. М.: Химия. - 1983. – 256 с.
7. Соболевский, В.Л. Разработка и исследование технологии комплексных удобрений на основе экстракционной фосфорной кислоты с утилизацией фтора: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.01. – М., 1996. – 148 с.
8. Проблемы фосфатного сырья России: материалы Всероссийского симпозиума (Мелеуз, 16-17 сент. 1998). – Люберцы: - 1998. – 86 с.
9. Классен, П.В. Исследование технологии фосфорных удобрений с использованием фосфатного сырья разных месторождений / П.В. Классен, Т.И. Завертяева // Труды НИУИФ. 1919-2004. – М.: ЛеЖе. - 2004. – С. 158-174.
10. Особенности переработки различных видов фосфатного сырья в экстракционную фосфорную кислоту: обз. информация / под. ред. П.В. Классена, О.И. Куртеевой, Л.И. Самигуллиной и [др.]. М. НИИТЭХИМ, - 1987. - 34 с.
11. Бабкин, В.В. Распределение фтора и кремния при переработке ковдорского апатитового концентрата в дигидратном процессе получения ЭФК / В.В. Бабкин, Т.А. Соколова, Т.В. Зими́на, В.В. Коряков // Труды НИУИФ. – М.: Баз. лаб. НТИ, 1991. – Вып. 260. – С. 237-244.
12. Панов, В.К. Распределение фтора, кремния и фосфора в процессе

концентрирования полугидратной экстракционной фосфорной кислоты, полученной из апатитового концентрата Хибинского месторождения / В.К. Панов, Л.Н. Архипова, Л.И. Коршунов [и др.] // Химическая промышленность. – 1983. – № 3. – С. 159-161.

13. Яхонтова, Е.Л. Кислотные методы переработки фосфатного сырья. Яхонтова Е.Л., Петропавловский И.А. М.: Химия, - 1988. - 288 с.

14. Шарипов, Т.В. Переработка фосфоритов Каратау в фторсиликат натрия: дис. канд. техн. наук: 05.17.01. – Уфа, 2014. – 178 с.

15. Способ получения фтористого водорода: Пат. № 1549914 СССР. МПК:С01В7/19/ Будаев Ю.А., Власов И.Н., Родионов С.П., Сигаев В.П., и Степанов В.Т.; заявитель и патентообладатель: Иркутский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института алюминиевой, магниевой и электродной промышленности. № 4152040/23-26, заявл. 27.11.1986; опубл. 15.03.1990.

16. Process and installation for the preparation of anhydrous fluorine hydride acid: Pat. 92769 Romania: C01B7/19, C01B7/19/ Gheorghiu Calin. Applicant: Gheorghiu Calin – № 19850120388 19851015, field. 15.10.1985; pub. 30.10.1987.

17. Способ получения фтористого водорода: пат. 1731724 СССР. МПК:С01В7/19/ О.В. Афонин, С.Н. Гришин, В.П. Пищулин.; Заявитель и патентообладатель: СССР. – 4768351/26, заявл. 13.12.1989; опубл. 07.05.1992.

18. Process for preparing hydrogen fluoride: Pat. 5219551. USA: IC C01B 7/19 (20060101); C01B 7/00 (20060101); C01B 007/19; C01B 033/14 / Terasa; Kunihiro Nagita; Sadao Yokoyama; Kouichi Sanada; Yasuhiro Nagase; Michiomi Hirata; Suekazu. Applicant: Asahi Glass Company Ltd. - US 07/707,611, filed 30.09.1991, pub. 15.06.1993.

19. Способ и установка получения фтористого водорода: Пат. № 2287480. Российская Федерация: МПК С01В7/19 / Еремин О.Г., Ивенских Д.В.; заявитель и патентообладатель: Еремин, О.Г., Ивенских, Д.В. – 2005108279/15, заявл. 23.03.2005, опубл. 20.11.2006, Бюл. № 16 – 2 с.

20. Крысенко, Г.Ф. Изучение процесса сернокислотного разложения флюорита в присутствии диоксида кремния / Крысенко Г.Ф., Гордиенко П.С., Эпов Д.Г // Научные основы химии и технологии переработки комплексного

сырья и синтеза на его основе функциональных материалов: материалы науч. конф. Апатиты. - 2008. – Ч. 1. - С. 107-110.

21. Способ получения фторида водорода: Пат. № 2226497. Российская Федерация: МПК С01В7/19 / Кольцов В.Ю., Коцарь М.Л., Синегрибов В.А., Середенко В.А., Кобзарь Ю.Ф., Крупин А.Г.; заявитель и патентообладатель: ГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии» – 2003101758/15, заявл. 21.01.2003, опубл. 10.04.2004.

22. Способ получения безводного фтористого водорода с низким содержанием мышьяка и диоксида серы: Пат. № 2246444. Российская Федерация: МПК С01В7/19 / Белоусов А.А., Варфоломеев Л.И., Григорьев И.А., Громов А.В., Кальк В.Р., Козлов Н.А.; заявитель и патентообладатель: ФГУП «Ангарский электролизный химический комбинат» – 2003117402/15, заявл. 10.06.2003, опубл. 20.02.2005.

23. Исикава, Н. Фтор. Химия и применение / Н. Исикава, Ё. Кобаяси: Пер с японск. М.: Мир. – 1982 – 280 с.

24. Тураев, Н.С. Химия и технология урана / Н. С. Тураев, И. И. Жерин. - М.: Издательский дом «Руда и Металлы». – 2006. – С. 357-365.

25. Fisher, G. Buss hydrofluoric Acid Technology and Plant ex CaF₂ / G. Fisher // Buss Group, Santa Eugenia. – 1994. – 13 p.

26. Маслов, А.А. Химическая технология фторида водорода: учебное пособие / А.А. Маслов, Н.С. Тураев, Р.В. Оствальд // Томск: Изд-во Томского политехнического университета. - 2012. – 109 с.

27. Дементьев, Ю.Н. Исследование процесса сернокислотного разложения флюорита в барабанной вращающейся печи/ Ю.Н. Дементьев, С.Н. Кладиев, В.П. Пищулин, Ю.В. Трухин // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – №3. – С. 104-106.

28. Туманов, В.В. Сырьевая база фтора в России и других странах / Туманов В.В., Островский С.В., Старостин А.Г. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2015. – № 4. – С. 124–136.

29. Мельниченко, Е.И. Химическая доводка флюоритового концентрата ФФ-92 / Мельниченко Е.И., Эпов Д.Г., Лапташ Н.М., Полишук С.А. // XV

Менделеевский съезд «Химические проблемы экологии»: Тез. докл. Минск. - 1993. - Т. 4. - С. 124-125.

30. Наголов, Д.Г. Получение неорганических фторов при переработке фосфорных руд / Наголов Д.Г., Голубкова Н.Н., Кременецкая Е.В., Овчинников Г.Н. // Труды НИУИФ: сборник научных трудов. – М. : НИУИФ. – 1991. - С. 108-112.

31. Раков, Э.Г. Фториды аммония / Э.Г. Раков // Итоги науки и техники. Неорганическая химия. - Том 15. М.: ВИНТИ. - 1988. - 155 с.

32. Method for preparing tetraethoxysilane and anhydrous hydrogen fluoride from sodium fluosilicate: Pat. 101974025. China: IC C01B7/19; C07F7/04 / Zongfan zhang; Xuesong Liang; Yong Xiao; Yabin Yang; Liqun Wu; Ruchun Wang. Applicant: Yunnan Chemical Res Inst - 201010504247.9, filed 13.10.2010, pub. 16.02.2011.

33. Method for preparing tetraethoxysilane and anhydrous hydrogen fluoride from sodium fluosilicate acidified by sulfuric acid: Pat. 101948114. China: IC C01B33/107; C01B7/19 / Zongfan Zhang; Xuesong Liang; Yong Xiao; Yabin Yang; Liqun WU. Applicant: Yunnan Chemical RES INST.- 201010504248.3, filed 13.10.2010, pub. 19.01.2011.

34. Method of ammonium bifluoride destruction and retrieving hydrogen fluoride form by-product gas of ammonium bifluoride destruction and apparatus therefore: Pat. 20110075516. South Korea: IC C01B7/19 / Choi Kook Kyin. Applicant: Ks Enginerring CO LTD. - 20091228, filed 28.12.2009, pub. 06.07.2011.

35. Gromov, O.B. System researches “fluorides of alkaline metals – hydrogen fluoride”/ O.B. Gromov // 1st International Symposium on Inorganic Fluorides: Chemistry and Technology, ISIF// Article in Procedia Chemistry 11 (2014) 30 – 34

36. Кочетков, С.П. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты / С.П. Кочетков, Н.Н. Смирнов, А.П. Ильин // ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т.- Иваново, 2007. 304с. ISBN 5-9616-0212-5.

37. Кочетков, С.П. Научные основы новых высокоэффективных процессов комплексной переработки фосфорсодержащего сырья: дис. ...докт. техн. наук. – Иваново: 2004. - 246 с.

38. Бушуев, Н.Н. Физико-химические основы влияния примесей

фосфатного сырья в технологии фосфорсодержащих минеральных удобрений и чистых веществ: дис. ...докт. техн. наук. – М.: 2000. - 338 с.

39. Зайцев, В.А. Производство фтористых соединений при переработке фосфатного сырья / В.А. Зайцев, А.А. Новиков, В.И. Родин. М.: Химия. – 1982. – 246 с.

40. Гордиенко, П.С. Синтез реагентов для фторидных технологий / П.С. Гордиенко, В.А. Колзунов, В.А. Достовалов, Т.А. Кайдалова // Новые материалы и технологии: Мат-лы Российско-Китайского Симпозиума - Гуанчжоу (КНР), 2005.

41. Накадзима, Т. Усовершенствованные неорганические фториды: синтез, характеристика и применение Т. Накадзима, Б. Жемвы, А. Трессо // Эльсевиер. – 2000. – С. 701.

42. Беспалов, А.В. Санитарная очистка фторсодержащих газов в производстве экстракционной фосфорной кислоты дигидратным способом / А.В. Беспалов, А.В. Михайлов, А.В. Цибульник и [др.] // Химическая промышленность. – 1991. – № 11. – С. 682-684.

43. Борисов, В.М. Обесфторивание экстракционной фосфорной кислоты / В.М. Борисов, Н.С. Малова, Г.И. Курапова / Химическая промышленность. – 1983. – № 1. – С. 25-28.

44. Górecki, H.J. (1994). Utilization of fluorine from phosphate fertilizer plants. Pollut. Control Fertilizer Prod. 299-335.

45. Дормешкин, О.Б. Исследование процесса обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты комбинированным методом / Дормешкин О.Б., Гаврилюк А.Н. Мохорт М.С., Бышик А.А. // «Химическая промышленность сегодня». - №6. – 2024. – С. 19-28.

46. Самородов, Е.Г. Концентрирование и обесфторивание экстракционной фосфорной кислоты перегретым паром в аппарате распыливающего типа / Е.Г. Самородов, М.В. Лыков, Л.И. Коршунов // Труды НИУИФ. – М.: Лаб. НТИ. – 1982. – Вып. 241. – С. 79-85.

47. Кочетков, С.П. Физико-химический аспект влияния примесей и интенсивного теплообмена на дегидратацию и дефторирование ЭФК / Кочетков С.П., Смирнов Н.Н., Ильин А.П. [и др.]. // Хим. Технология. – 2005.

- №10. – С. 41-47.

48. Бантов, Д.В. Изучение процесса обесфторивания фосфорной кислоты паровоздушной смесью и паром / Д.В. Бантов, Н.С. Богданова, Л. И. Коршунов и [др.] // Труды НИУИФ. – М.: Лаб. НТИ. - 1981. – Вып. 238. – С. 136-142.

49. Можейко, Ф.Ф. Получение обесфторенной экстракционной фосфорной кислоты методом осаждения гексафторсиликатов / Можейко Ф.Ф., Шульга Н.В., Шевчук В.В. // Весцінац. Акадэміі навук Беларусі. Сер. Хім.наук. – 2008. - №1. - С. 9-14.

50. Соколовский, А.А. Технология минеральных удобрений / А.А. Соколовский. – М.: Химия. – 1988. – 288 с.

51. Евграшенко, В.В. Очистка газов в производстве диаммонийфосфата / В.В. Евграшенко, Г.А. Скворцов. Труды НИУИФ. 1919-2004. – М.: Ле Же. - 2004. – С. 330-332.

52. Гришин, И.С. Дефторирование экстракционной фосфорной кислоты с применением механохимически модифицированного активированного угля / Гришин И.С., Смирнов Н.Н., Кочетков С.П. // Экология и строительство. – 2018. - № 4. - С. 4-10.

53. Cheng, L. Research on a new process for preparing high-purity hydrofluoric acid from the by-product fluorosilicic acid in phosphate fertilizer / Cheng, L., Liu, H., and Zhang, X. // Henan Chem. Ind. - 2019. – 36. – P. 29-31.

54. Борисов, В.М. Исследование процесса обесфторивания ЭФК методом отдувки / Борисов, В.М., Панов, В.К., Гриневич, А.В. [и др.]. // Хим. промышленность. - 1982. – 311. - С. 663-666.

55. Mootz, D. The Crystalline Hydrates of Hexafluorosilicic Acid: A Combined Phase-Analytical and Structural Study / Mootz, D.; Oellers, E.J. // Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie. – 1988. – 559. – P. 27-39. doi:10.1002/zaac.19885590103.

56. Плахотник, В.Н. Фториды вокруг нас / В.Н. Плахотник // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – С. 95-100.

57. Touré, A.O. Utilization of an aqueous fluosilicic acid solution for the production of soda aqueous solution and a mixture of calcium silicate and calcium fluoride / Touré, A.O., Sambe, F.M., Ndiaye, S., Diop, C.G.M. // Phys. Chem. News.

– 60. – 2011. – P. 105-112

58. Arianpour, F. Characterization and Properties of Sodium Hexa-Fluorosilicate and its Potential Application in the Production of Sodium Fluoride / F. Arianpour, A.Ç. Arianpour, B. Aali // *Silicon*. – 2020. [org/10.1007/s12633-020-00755-0](https://doi.org/10.1007/s12633-020-00755-0)
<https://doi.org/10.1007/s12633-020-00755-0>

59. Marwan M. Batiha. The effect of reaction conditions on the precipitation of sodium hexafluorosilicate produced from waste hexafluorosilicic acid / M. Marwan. Batiha, Mohammad Al-Harashsheh. // *Polish Journal of Chemical Technology*. – 2011. – 13, 2. – P. 23-28 <https://doi.org/10.2478/v10026-011-0019-4>.

60. Becker, P. Phosphates and Phosphoric Acid / P. Becker. // New York. – 1983. – 585 p.

61. Хромов, С.В. Влияние примеси серной кислоты на процессы дефторирования ЭФК при отдувке в присутствии угольного адсорбента / Хромов С.В., Смирнов Н.Н., Кочетков С.П., Ильин А.П., Жохова Т.Н. // *Хим. технология*. – 2005. - № 1. – С. 18-22.

62. Богач, Н.И. Тепломассообменные процессы при концентрировании и дефторировании экстракционной фосфорной кислоты в двухфазной системе / Богач Н.И., Ковалев О.С., Сороко В.Е. // деп. в ОНИИТЭХИМ. – Черкассы. – 1984.

63. Гевара Оскар Мануэль / Очистка отходящих газов от соединений фтора в аппарате с подвижной дисковой форсункой. дис.....кан техн. наук Одеса - 1984. - с 155.

64. Atochem, J.P.C. Fluorine compounds, inorganic, In: Gerhartz, W. (Ed.), Fifth Edition. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – vol. A-11. – VCH Weinheim. – Germany. – 1988. – P. 332-337.

65. Habashi, F. Removal of fluorine from wet process phosphoric acid / Habashi, F., Farouk, A.T. // *Separation Science and Technology*. -18 (5). -1983. -P.485-491.

66. Manoj Kumar. Precipitation of sodium silicofluoride (Na_2SiF_6) and cryolite (Na_3AlF_6) from HF / Manoj Kumar, M. Nani Babu // *Hydrometallurgy*. – 104. – 2010. – P. 304-307.

67. Кузнецов, В.А. Глобальный цикл соединений фтора в окружающей среде / Кузнецов В.А., Зайцев В.А., Макаров С.В. // В кн.: Тез.докл. УП

Всесоюзного симпозиума по химии неорг. фторидов. – г. Душанбе. – 1984. - М.: Наука. – 1984. – с.200.

68. Наркевич, Й.П. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ / Наркевич Й.П., Печковский В.В. // М.: Химия. – 1984. – 240с.

69. Денисенко, А.И. Метода контроля и очистки промышленных выбросов различных производств от соединений фтора / Денисенко А.И., Маркин А.З., Кучма З.В. и др. // (Обзорн.инф-я. Сер. Промышленная и санитарная очистка газов). – 1982. – 62 с.

70. Иванов, С.П. Очистка газов от фтористых соединений при химической полировке стекла / Иванов С.П., Абионян С.В. // Пром. и санитарная очистка газов. - М.: химнефтемаш. – 1985. – 16 с.

71. Антошкина, М.Л. Неорганические фторсоединения, выпускаемые за рубежом и область их применения / Антошкина М.Л., Меркулов В.А. // Тр. УНИХИМ. – 1982. – в.53. – С. 9-23.

72. Пат. 55-18536. Япония. Способ обработки газовых выбросов, содержащих фтористый водород. Кавамура С.Х. Изобр. в СССР и за рубежом, 1980, в.16, №21.

73. Беляков, Б.П. Абсорбционные и адсорбционные методы очистки промышленных выбросов от фтористых соединений / Беляков Б.П., Денисенко А.И., Сашевская З.Г. и др. // (Обзорн. инф-я. Сер. Пром. и санитарная очистка газов). М.: ЦИНГИ химнефтемаш. – 1985. – 34 с.

74. А.с. 912642 СССР, МПК 7 С 01 В 33/10. Способ получения кремнефторидов натрия и калия из экстракционной фосфорной кислоты. В.А. Ромадина, В.П. Потапов, О.Ф. Петухов; № 2955673-26; заяв. 08.07.80; опубл. 15.03.82, Бюл. № 10. 3 с.

75. Митюшина, М.К. Очистка газов в производстве суперфосфорной кислоты / Митюшина, М.К., Коршунов, Л.И., Крайнев, Н.И. [и др.] // Хим. пром-сть. - 1987. - №1. - С. 35-37.

76. Калиниченко, В.А. Коррозионная стойкость сталей и сплавов в фторокремниевой кислоте / В. Калиниченко, В. Петровская, Н. Богданова, В. Добролюбов // Химическая промышленность. – 1980. – № 12. – С. 94-95.

77. Добролюбов, В.В. Коррозионная стойкость сплава H54X22M7C4B4Л в среде кремнефтористоводородной кислоты / В.В. Добролюбов, М.И. Фишман // Химическая промышленность. – 1980. – № 2. – С. 369-371.
78. Уваров, Е.В. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей и сплавов в кремнефтористоводородной кислоте / Е.В. Уваров, В.А. Копылов // Хим. промышленность. – 1968. – № 1. – С. 44-45.
79. Позин, М.Е. Технология минеральных удобрений / М.Е. Позин // Изд.4-е, перераб. – Л.: Химия. – 1974. – 370 с.
80. Pat. JP 57149816 Japan, C 01 B 33/10. Manufacture of sodium silicofluoride from waste gas containing fluorine / I. Minoru, S. Kunio, S. Takeki; Mitsui Toatsu Chemicals. № 1981JP - 0032499; appl. 03.09.81; publ. 18.06.1996. – 5 p
81. А.с. 639812 СССР, МПК С 01 В 33/10. Способ получения кремнефторида натрия / А. Аширов, Е.А. Назаров; заявитель ЛенГипрохим. № 2502905/23-26; заяв. 17.06.77; опубл. 30.12.78, Бюл. № 48. 2 с.
82. Моргунова, Э.М. Получение кондиционных фтористых солей из КФВК, загрязненной двуокисью кремния / Э.М. Моргунова, А.С. Шубин, Т.И. Богун и др. // Химия и технология фтористых соединений: сб. тр. УНИХИМ. – Вып. 53. – Свердловск. – 1982. – С. 56-63.
83. А.с. 1028597 СССР, МПК С 01 В 33/10. Способ получения кремнефтористого натрия / А.С. Коробицын, Л.И. Голяков, Л.Г. Ширинкин и [др.]; № 3327456/23-26; заяв. 02.06.81; опубл. 15.07.83, Бюл. № 26. 4 с.
84. А.с. 1000396 СССР, МПК С 01 В 33/10. Способ получения кремнефтористого натрия / Э.М. Моргунова, Н.П. Окунцова, Л.И. Голяков и [др.]; № 3340729/23-26; заяв. 06.07.81; опубл. 28.02.83, Бюл. № 8. 2 с.
85. Pat. JP 8157207 Japan, C 01 B 33/10, C02F1/58. Production of sodium silicofluoride // Sh. Kazuya, Sh. Takeki, M. Kouji; Mitsui Toatsu Chem. Inc. № 1994JP – 0301994; appl. 06.12.1994; publ. 18.06.1996. 5 p.
86. Недилько, В.И. Технологический процесс получения кремнефтористого натрия на Константиновском химическом заводе / В.И. Недилько, Л.Е. Круглова, Л.И. Бондаренко // Труды НИУИФ. – Вып. 261. – 1991. -С. 147-149.
87. Левин, Б.В. Состояние и перспективы производства неорганических соединений фтора в России / Б.В. Левин, В.И. Родин, И.Н. Громова. Труды

НИУИФ.1919-2004. – М.: Ле Же, 2004. – С. 262-275.

88. Родин, В.И. Развитие промышленности неорганических фтористых соединений на базе фторсодержащих отходов производства минеральных удобрений и плавикового шпата / В.И. Родин, Н.Я. Рабинович // Труды НИУИФ. – Вып. 261. – 1991. – С. 5-16.

89. Васильева, В.Н. Тенденции патентования процессов получения неорганических фтористых солей / В.Н. Васильева, В.И. Родин, Т.Н. Горбунова // Труды НИУИФ. – М.: Баз. лаб. НТИ. - 1991. -Вып. 261. -С. 17-33.

90. Богачов, Г.Н. Непрерывный метод получения кремнефтористого натрия / Г.Н. Богачов, Н.П. Окунцева, Э.А. Чазова и др. // Исследования по технологии неорганических соединений фтора: сб. тр. УНИХИМ. – Вып. 28. – Свердловск. – 1973. – С. 26-31.

91. Родин, В.И. Технология фтористых соединений на базе фтора фосфатного сырья: дис. докт. тех. наук: 05.17.01 / Родин Владимир Иосифович. – М. – 1997. – 409 с.

92. Получение неорганических фторидов при переработке фосфатных руд: сб. науч. тр. Труды НИУИФ / – М., БОНТИ. – 1988. – 369 с

93. Получение неорганических фторидов при переработке фосфатных руд: сб. науч. тр. Труды НИУИФ / – М., БОНТИ. – 1991. – 238 с.

94. А.с 1680622 СССР, МПК С 01 В 33/10. Способ получения кремнефторида натрия / Л.И. Голяков, В.П. Орлов, В.Б. Ведерников и [др.]; № 4685869/26; заяв. 03.05.89; опубл. 30.09.91, Бюл. № 36. 4с.

95. А.с 566764 СССР, МПК С 01 В 33/10. Способ получения кремнефтористого натрия / Н.П. Окунцева, Г.А. Лопаткина, Э.М. Моргунова и [др.]; № 2339413/26; заяв. 29.03.76; опубл. 30.07.77, Бюл. № 28. 2с.

96. Черный, И.С. Влияние условий осаждения суспензии на качество кремнефторида натрия / И.С. Черный, Э.М. Моргунова, В.Н. Смелкова // Химия и технология фтористых соединений: сб. тр. УНИХИМ. – Вып. 53. – Свердловск. – 1982. – С. 97-100.

97. А.с. 1204562 СССР, МПК⁷ С 01 В 33/10. Способ получения кремнефторида натрия/ А.М. Загудаев, Г.А. Лопаткина, Л.Г. Ширинкин и [др.]; № 3649546/23-26; заяв. 10.10.83; опубл. 15.01.86, Бюл. № 2. 3с

- 98.** А.с. 859293 СССР, МПК⁷ С 01 В 33/10, В 01 D 53/14. Способ получения кремнефторида натрия / Д.В. Бантов, Н.С. Богданова, В.А. Тарасов и [др.]: № 2801660/23-26; заяв. 18.07.79; опубл. 30.08.81, Бюл. № 32. 2с.
- 99.** А.с. 1428694 СССР, МПК⁷ С 01 В33/10. Способ получения кремнефторида натрия / А.С. Коробицын, Л.И. Поляков, А.М. Загудаев, И.И. Шишко; № 4029229/23-26; заяв. 26.02.86; опубл. 07.11.88, Бюл. № 37. 2с.
- 100.** Пат. 2024429 Российская Федерация, МПК⁷ С 01 В 33/10. Способ получения кремнефтористых солей / И.Н. Громова, Л.Е. Потребва, А.Н. Максютенко и [др.]; заявитель и патентообладатель Череповецкое ОАО «Аммофос». № 4903173/02; заяв. 18.01.91; опубл. 15.12.94. Бюл. № 20. 4с
- 101.** Соколова, Г.А. Разработка и внедрение гибкой технологии получения фтористых солей при переработке фосфатного сырья / Г.А. Соколова, В.В. Бабкин, Т.А. Коровина [и др.] // Хим. пром. – 1986. – № 7. – С. 403-405
- 102.** Орлов, В.П. Получение кремнефтористого натрия по бессточной схеме / В.П. Орлов, Н.Н. Шишко, Э.М. Моргунова и [др.] // Химия и технология. фтористых соединений: сб. тр. УНИХИМ. - Вып. 45. - Свердловск. - 1977. - С. 11-13.
- 103.** Орлов, В. Исследование процесса сушки некоторых неорганических веществ в псевдооживленном слое на инертных частицах / В. Орлов, Г. Сахаров, И. Сироткина, И. Стрежнева // Химия и техн. фтористых соединений: сб. тр. УНИХИМ. – Вып. 54. – Свердловск. – 1978. – С. 89-93.
- 104.** А.с. 1084246 СССР, МПК⁷ С 01 В 33/10. Способ получения кремнефтористого натрия / В.П. Орлов, И.И. Шишко, Э.М. Моргунова и [др.]; № 3487907/23-26; заяв. 01.06.82; опубл. 07.04.84, Бюл. № 13. 4с.
- 105.** А.с. 806602 СССР, МПК⁷ С 01 В 33/10. Способ получения гексафторсиликатов щелочных металлов / Ю.А. Теплов, В.Ф. Пономарев, Н.И. Мелихов; № 2440804/23-26; заяв. 04.07.77; опубл. 23.02.81, Бюл. № 27. 2с.
- 106.** Пат. 2226502 Российская Федерация, МПК С 01 В 33/10. Способ получения кремнефторида натрия / В.А. Ольшанский, А.Г. Крупеня, В.В. Лазарчук; заявитель и патентообладатель ФГУП «Сибирский хим. комб.». № 2002119988; заяв. 22.07.02; опубл. 10.04.04. Бюл. № 10. 4 с.
- 107.** Петлин, И.В. Кристаллизация фторида алюминия / Петлин И.В. //

- Известия томского политехнического университета. – 2012, - №1(2). - С.45-48.
- 108.** Сатторов, С.А. Термодинамика процесса разложения каолиновой глины месторождения «Чашма-Санг» смесью кремнефтористоводородной и плавиковой кислот / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, А. Муродиён, К.Дж. Суяриён, У.М. Мирсаидов // Доклады Национальной академии наук Таджикистана. – 2024. – том 67. - №9-10. – С. 469-476.
- 109.** Сатторов, С.А. Технология комплексной переработки побочного продукта производства плавиковой кислоты с каолиновой глиной месторождения «Чашма-Санг» / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, А. Муродиён, Х. Сафиев, У.М. Мирсаидов // Доклады НАН Таджикистана. – Том 67. - №1-2. – 2024. – С. 95-103.
- 110.** Сатторов, С.А. Физико-химические аспекты технологии получения криолита из каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» и его опытное испытание / Н.А. Наимов, Х. Сафиев, У. Мирсаидов, А. Муродиён, Г. Аминджони, С.А. Сатторов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки, 2024, № 6 (117), С. 88-102. EDN: ACLYGP.
- 111.** Сатторов, С.А. Исследование и разработка технологии получения фторида натрия, аморфного кремнезёма и жидкого стекла из смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислоты / Н.А. Наимов, С.А. Сатторов, У.М. Мирсаидов [и др.] // Вестник таджикского национального университета, Серия естественных наук, 2024, №1, С. 146-155. <https://doi.org/10.62965/tnu.sns.2024.1.13>
- 112.** Сатторов, С.А. Разработка принципиальной технологической схемы производства фторида натрия, кремнегеля и жидкого стекла / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, С.М. Шокаримов, Х.А. Мирпочаев // там же. - С. 186-189.
- 113.** Сатторов, С.А. Изучение процесса разложения каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» плавиковой кислотой состава КФВК / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов [и др.] // Материалы международная научно-методическая конференция на тему: «Прогресс наука химия, технология и экология» посвященной 20-летию образования кафедры «Химической технологии и экологии» и «Двадцатилетию изучения и развития естественно-

математических и точных дисциплин в области науки и образования». – Душанбе. 12-13 мая 2023. – С. 46-48.

114. Сатторов, С.А. Исследование технологии получения фторида натрия и кремнегеля из смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, У. Мирсаидов [и др.] // там же. - С. 182-186.

115. Сатторов, С.А. Технология получения жидкого стекла из аморфного кремнезёма, полученного гидролизом раствора метасиликата натрия / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, Р.С. Рафиев, У. Мирсаидов [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика НАНТ, доктора химических наук, профессора Сафиева Хайдара на тему: «Развитие новых направлений в химии и химической технологии», - Душанбе, (26 октября 2023г.). - С. 15-19.

116. Сатторов, С.А. Получение фторида алюминия из мусковит-ставролитовых сланцев при утилизации смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, Г. Аминджони, С.М. Шокаримов // Материалы международной научно-практической конференции на тему “Роль химии и химической промышленности в ускоренной индустриализации страны”, посвященная провозглашению 2020-2040 годов “Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования”. – Душанбе. – 24 мая 2024 г. – С. 121-125.

117. Сатторов, С.А. Исследование процесса получения криолита из растворов фторидов натрия и алюминия / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, У. Мирсаидов [и др.] // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Химическая, биологическая, радиационная и ядерная безопасность: достижения, проблемы и будущие перспективы» - Душанбе, 2023. - С.178-182.

118. Сатторов С.А. Исследование технологии получения криолита из раствора алюмокалиевых квасцов, полученных сульфатизацией мусковит-ставролитовых сланцев Курговадского месторождения / Аминджони Г., Наимов Н.А., Рафиев Р.С., Иброхимзода Ф.Д., Сатторов С.А., Сафиев Х. // там же. - С. 23-28.

119. Сатторов, С.А. Кинетика разложения мусковит-ставролитовых сланцев и гидроксида алюминия смесью кремнефтористоводородной и плавиковой кислот / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, У.М. Мирсаидов, К.Дж. Суяриён [и др.] // Вестник технологического университета. – 2024. – Т.27. - №6. – С. 18-23. DOI10.55421/1998-7072_2024_27_6_18.

120. Сатторов, С.А. Кинетика разложения мусковит-ставролитовых сланцев и гидроксида алюминия смесью кремнефтористоводородной и плавиковой кислот / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, А. Муродиён [и др.] // Материалы международной научно-практической конференции на тему “Роль химии и химической промышленности в ускоренной индустриализации страны”, посвященная провозглашению 2020-2040 годов “Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования”. – Душанбе. – 24 мая 2024 г. – С.106-111.

ИНТИШОРОТ АЗ РЎЙИ МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ

1-М. Шокаримов, С.М. Исследование технологии получения смеси кремнефторида и фторида натрия из побочного продукта производства плавиковой кислоты / С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Ҷ.Р. Рузиев, Р.С. Рафиев, А.А. Аслонов, Х. Сафиев // Вестник Таджикского национального университета, Серия естественных наук. – 2024. - №2. – С. 110-123.

2-М. Шокаримов, С.М. Кинетика и таъзия гидроксида алюминия дар омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид ва фторид / С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Ҷ.Р. Рузиев, Р.С. Рафиев, Х. Сафиев // Паёми Политехники (Бахши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ). - №2 (66). – 2024. – С. 79-85.

3-М. Шокаримов, С.М. Производство опытной партии фтористых солей из побочного продукта производства плавиковой кислоты с использованием хлорида натрия / С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Р.С. Рафиев, Дж.Р. Рузиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - № 2 (66). – 2024. – С. 70-74.

4-М. Раджабзода, Н.Х. Выпуск опытно-промышленных партий криолита с использованием хлорида и гидроксида натрия и их испытания при производстве алюминия / Н.Х. Раджабзода, Н.А. Наимов, Х.А. Мирпочоев,

С.М. Шокаримов, Х.Х. Усмонов // Вестник технологического университета. - 2024. - Т.27. - №4. - С. 57-62. DOI 10.55421/1998-7072_2024_27_4_57.

5-М. Раджабзода, Н.Х. Технология комплексной переработки смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот – побочного продукта производства плавиковой кислоты / Н.Х. Раджабзода, **С.М. Шокаримов**, Н.А. Наимов, Р.С. Рафиев, С.А. Сатторов // Вестник технологического университета. - 2024. - Т.27. - №8. - С. 87-94, DOI 10.55421/1998-7072_2024_27_8_87.

6-М. Раджабзода, Н.Х. Техничко-экономические основы технологии производства фторида натрия и аморфного кремнезёма из смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот / Н.Х. Раджабзода, Н.А. Наимов, С.А. Сатторзода, У.М. Мирсаидов, **С.М. Шокаримзода** // Вестник Таджикского национального университета, серия естественных наук. - № 2. – 2025. – С. 238-249.

7-М. Шокаримов, С.М. Получение фторида алюминия из кремнефтористоводородной кислоты / С.М. Шокаримов, Р.С. Рафиев, Дж.Р. Рузиев, Х. Сафиев // Материалы Республиканской научно-преподавательского состава, сотрудников и студентов ТНУ, посвященной «5500 – летию древнего Саразма», «700-летия выдающегося таджикского поэта Камола Худжанди» и «20 – летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040годы)». – Душанбе. – 2020г. -С. 42-43.

8-М. Шокаримов, С.М. Получение кремнефторида натрия из кремнефтористоводородной кислоты с использованием хлорида натрия / С.М. Шокаримов, Р.С. Рафиев, Д.Р. Рузиев, Х. Сафиев // там же. – С. 43-44.

9-М. Шокаримов, С.М. Комплексная переработка кремнефтористоводородной кислоты с использованием хлорида натрия / Ш. Кабир, Х. Сафиев, С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Дж.Р. Рузиев и др. // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов» с международным участием. – Иркутск. – 22-24 апреля 2020 г. – С. 93-95.

10-М. Шокаримов, С.М. Комплексная переработка смеси

кремнефтористоводородной и плавиковой кислот с применением гидроксидов алюминия и натрия / С.М. Шокаримов, Р.С. Рафиев, Н.А. Наимов, Дж.Р. Рузиев, И.Ш. Ахмадшоев, Х. Сафиев // III международная научно-практическая конференция на тему: «Развитие химической науки и область её использования», посвященной 80-летию памяти д.х.н., член корр. НАНТ-а профессора Кимсанова Бури Хакимовича. – Душанбе. – 2021г. – С. 224-230.

11-М. Шокаримов, С.М. Омӯзиши параметрҳои физикавӣю химиявӣю технологияи ҳосил намудани фториди алюминий аз омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид ва фторид // С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Ҷ.Р. Рузиев, Р.С. Рафиев, И.Ш. Ахмадшоев / Маводи конференсияи ҷумҳуриявӣю илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико-химиявӣ”, бахшида ба эълон гардидани ҳадафи чоруми стратегӣ-саноатикунони кишвар, солҳои 2022-2026-солҳои рушди саноат, 65-солагии таъсисёбии кафедраи “Химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ” ва ғиромидошти хотири арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, профессор, Лутфулло Солиев. – Душанбе. – 2023. – С. 60-63.

12-М. Шокаримов, С.М. Технологияи ҳосил намудани оксиди силитсийи аморфӣ аз омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид ва фторид // С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Ҷ.Р. Рузиев, Р.С. Рафиев, И.Ш. Ахмадшоев / ҳамончо. – Душанбе. – 2023. – С. 40-43.

13-М. Шокаримов, С.М. Омӯзиши технологияи ҳосил намудани криолит аз маҳлули фториди алюминий / С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Ҷ.Р. Рузиев, Р.С. Рафиев, И.Ш. Ахмадшоев // Маводи конференсияи илмӣ-назариявӣю байналмиллалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои химия, технология ва экология” бахшида ба 20-солагии таъсисёбии кафедраи “Технология ва экологияи химиявӣ” ва “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф”. – Душанбе. – 12-13-уми майи соли 2023. – С. 39-41.

14-М. Шокаримов, С.М. Омӯзиши технологияи ҳосил намудани шишаи моеъ аз оксиди силитсийи аморфӣ / С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Ҷ.Р. Рузиев, Р.С. Рафиев, И.Ш. Ахмадшоев // ҳамончо. – С. 43-44.

15-М. Шокаримов, С.М. Таҳияи схемаи принципалию технологияи коркарди

комплексии омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид ва фторид / С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Ҷ.Р. Рузиев, Р.С. Рафиев, И.Ш. Аҳмадшоев // ҳамонҷо. – С. 45-46.

16-М. Шокаримов, С.М. Процесс парообразования раствора кремнефтористоводородной и плавиковой кислот / С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов., Р.С. Рафиев, И.М. Носиров, Б.А. Гафуров, А.Б. Бадалов // Сборник материалов Международной научно – практической конференции «Новые достижения в области естественных наук и информационных технологий», посвящённой «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук на 2020-2040 гг.». -Душанбе. -30 мая 2023 г. -С. 117-118.

17-М. Сатторов, С.А. Технология получения жидкого стекла из аморфного кремнезёма, полученного гидролизом раствора метасиликата натрия / С.А. Сатторов, Н.А. Наимов, Р.С. Рафиев, У. Мирсаидов, **С.М. Шокаримов, Х. Сафиев** // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика НАНТ, доктора химических наук, профессора Сафиева Хайдара на тему: «Развитие новых направлений в химии и химической технологии». – Душанбе. – 26 октября 2023г. – С. 15-19.

18-М. Шокаримов, С.М. Кинетикаи таъзияи гидроксиди алюминий дар омехтаи кислотаҳои гидрогенсилитсийфторид ва фторид / С.М. Шокаримов Н.А. Наимов Р.С. Рафиев Ҷ.Р. Рузиев. // Конференсияи VI илмии байналмиллатӣ: «Масъалаҳои химияи физикӣ ва координатсионӣ», бахшида ба «Бисолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» (солҳои 2020-2040), 90-солагии доктори илмҳои химия, профессор Ҳомид Муҳсинович Якубов, гиромидошти хотираи доктори илҳои химия, профессор Зухуриддин Нуридинович Юсуфов, 75-солагӣ ва 53-солагии фаъолияти илмӣ – таълимии доктори илмҳои химия, профессор Раҳимова Мубаширахон. – Душанбе. – 15-16-уми майи соли 2024. – С. 192-198.

19-М. Шокаримов, С.М. Омӯзиши технологияи ҳосил намудани криолит бо истифода аз маҳлули сульфати натрий / С.М. Шокаримов, Н.А. Наимов, Р.С. Рафиев, С.А. Сатторов // Маводи конференсияи умумидонишгоҳии илмию назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба “30-юмин солгарди қабули Конституцияи Ҷумҳурии Тоҷикистон”, “Соли маърифати ҳуқуқӣ

эълон шудани соли 2024” ва “Бисолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)». – Душанбе. – 2024. – С. 116-119.

20-М. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1128. Способ комплексной переработки кремнефтористоводородной кислоты / Кабир Шерали, Сафиев Х., Мирпочоев Х.А., Муродиён Асрор, Наимов Н.А., Шокаримов С.М., Махкамбаев Р.С., Мухамедиев Н.П. // МПК C01F7/00. №2001455; заявл. 12.08.2020; зарегистрировано 28.12.2020, Бюл.167, 2021. -3с.

21-М. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1319. Способ получения смеси кремнефторида и фторида натрия / Н.Х. Раджабзода, Х. Сафиев, Х.А. Мирпочоев, А. Муродиён, Н.А. Наимов, Дж.Р. Рузиев, **С.М. Шокаримов**, И.Ш. Ахмадшоев, Р.С. Махкамбаев, Н.П. Мухамедиев // МПК C01B33/10. №2201672; заявл. 28.04.2022; зарегистрировано 21.11.2022, Бюл.189, 2022. -3с.

22-М. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1482. Способ комплексной переработки смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот / Н.Х. Раджабзода, У. Мирсаидов, Н.А. Наимов, А. Муродиён, С.А. Сатторов, И.Ш. Ахмадшоев, А.А. Аслонов, **С.М. Шокаримов**, Г. Аминджони // МПК C01D 3/02. C03C 3/4, №2301904; заявл. 01.12.2023; зарегистрировано 4.04.2024, Бюл.206, 2024. -4с.

23-М. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ1531. Способ комплексной переработки побочного продукта производства плавиковой кислоты / Н.Х. Раджабзода, Н.А. Наимов, Х.А. Мирпочаев, С.М. Шокаримов, С.А. Сатторов, Г. Аминджони, Р.С. Рафиев // МПК C01D 3/02. №22401946; заявл. 04.04.2024; зарегистрировано 04.09.2024, Бюл. 210, 2024, -5с.

ЗАМИМАҲО

«Согласовано»

Директор ГУ «НИИМ»
ГУП «ТАЛКО»
Сафиев Х.
2019г.



«Утверждаю»

Генеральный директор
ООО «Талко Кемикал»
Рахмонов Э.Х.
2019г.


АКТ

**о проведении опытно-промышленных испытаний технологии
получения фторида алюминия, кремнегеля и криолита из
кремнефтористоводородной кислоты (КФВК)**

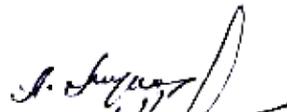
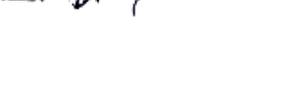
Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: от ООО «Талко Кемикал» – первый заместитель Генерального директора А.Муродиён, начальник участка нейтрализации сточных вод Катахонов А.М., от ГУ «НИИМ» ГУП «ТАЛКО» – заместитель директора по научной работе Бобоев Х.Э., зав. лабораторией экологических исследований и переработки промышленных отходов Сафиев А.Х., с.н.с. лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Айматов У.А., с.н.с. лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Ахмадшоев И.Ш., инженер-технолог лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Шокаримов С.М., инженер-технолог лаборатории переработки и использования местного глинозем- и углеродсодержащего сырья Аминджони Г., начальник отдела инновационных технологий Бахретдинов Р.М., зам. начальника отдела инновационных технологий Махкамбаев Р.С. и инженер-технолог отдела внедрения инновационных технологий Джуракулов А.М., составили настоящий Акт о выпуске опытно-промышленной партии фторида алюминия, кремнегеля и криолита из КФВК по технологии, разработанной специалистами ГУ «НИИМ» ГУП «ТАЛКО».

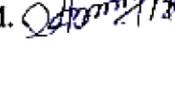
Опытно-промышленные испытания проведены на оборудовании участка нейтрализации сточных вод ООО «Талко Кемикал» с использованием 25%-го раствора КФВК (содержащего 12-14% плавиковой кислоты), являющейся побочным продуктом производства фтористого водорода, в количестве 370 кг, 630 кг воды для получения 15%-ного раствора КФВК и 260 кг гидроксида алюминия. При взаимодействии указанных реагентов происходит разложение КФВК с образованием раствора

фтористого алюминия и кремнегеля, который отделяют фильтрацией. В процессе взаимодействия гидроксида алюминия с содержащейся в КФВК плавиковой кислотой образуется фторалюминиевая кислота. При естественном охлаждении фильтрата происходит кристаллизация фтористого алюминия; фторалюминиевую кислоту отделили декантацией и добавили к ней расчетное количество насыщенного раствора хлорида натрия с получением криолита в осадке. В итоге выработана опытно-промышленная партия фторида алюминия в количестве 265 кг (без учета остатка готового продукта в «мертвой» зоне реактора), 40 кг криолита и 6-8 кг кремнегеля.

Результаты проведенных анализов свидетельствуют о том, что основные физико-химические характеристики экспериментального фтористого алюминия и криолита аналогичны характеристикам импортируемых, а также производимых на ООО «Талко Кемикал» продуктов, и соответствуют нормативным показателям. Себестоимость полученной продукции, ввиду использования местных производственных отходов, ниже себестоимости импортируемой и традиционно выпускаемой продукции. Физико-химические исследования показали, что фторид алюминия и криолит, полученные при переработке КФВК, можно рекомендовать к использованию в электролизном производстве ГУП «ТалКо», а кремнегель – в качестве сырья для производства жидкого стекла, сорбента, в фармацевтической промышленности и ряде других отраслей.

Подписи:

А.Муродиён 
Катахонов А.М. 
Бобоев Х.Э. 
Сафиев А.Х. 
Айматов У.А. 
Ахмадшоев И.Ш. 

Шокаримов С.М. 
Аминджони Г. 
Бахретдинов Р.М. 
Махкамбаев Р.С. 
Джуракулов А.М. 

«Согласовано»



«Утверждаю»

**АКТ**

о проведении опытно-промышленных испытаний технологии получения кремнефторида натрия (КФН) из кремнефтористоводородной кислоты (КФВК) и хлорида натрия

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: от ООО «Талко Кемикал» – первый заместитель Генерального директора А.Муродиён, начальник участка нейтрализации сточных вод Катахонов А.М., от ГУ «НИИМ» ГУП «ТалКо» – заместитель директора по научной работе Бобоев Х.Э., зав. лабораторией экологических исследований и переработки промышленных отходов Сафиев А.Х., с.н.с. лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Айматов У.А., с.н.с. лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Ахмадшоев И.Ш., инженер-технолог лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Шокаримов С.М., инженер-технолог лаборатории переработки и использования местного глинозем- и углеродсодержащего сырья Аминджони Г., начальник отдела инновационных технологий Бахретдинов Р.М., зам. начальника отдела инновационных технологий Махкамбаев Р.С. и инженер-технолог отдела внедрения инновационных технологий Джуракулов А.М., составили настоящий Акт о выпуске опытно-промышленной партии КФН по технологии, разработанной специалистами ГУ «НИИМ» ГУП «ТалКо».

Опытно-промышленные испытания проведены на оборудовании участка нейтрализации сточных вод ООО «Талко Кемикал» с использованием 25%-го раствора КФВК, являющейся побочным продуктом производства фтористого водорода, в количестве 1000 кг и 2090 кг хлорида натрия в виде насыщенного

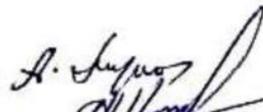
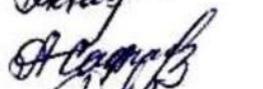
раствора. Выработана опытно-промышленная партия КФН в количестве 330 кг (без учета влаги (3-5%) и остатка готового продукта в «мертвой» зоне реактора) и 1100кг 15-17%-ной соляной кислоты.

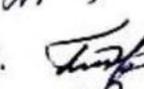
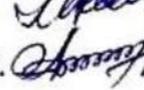
Полученный продукт представляет собой мелкокристаллический порошок белого цвета. В результате проведенных анализов определены основные физико-химические показатели КФН:

- содержание кремнефторида натрия (Na_2SiF_6), не менее – 95%;
- содержание свободной кислоты в пересчете на HCl , не более – 1,0%;
- содержание влаги, не более – 1,0%.

Основные физико-химические характеристики экспериментального КФН аналогичны характеристикам технического кремнефторида натрия и соответствуют нормативным показателям ГОСТ 87-66. Себестоимость полученного КФН, ввиду использования местных производственных отходов, ниже себестоимости импортируемого КФН. Физико-химические исследования показали, что экспериментальный КФН, полученный из КФВК и хлорида натрия, можно рекомендовать к проведению испытаний в соответствующих структурных подразделениях ГУП «ТалКо».

Подписи:

А.Муродиён 
Катахонов А.М. 
Бобоев Х.Э. 
Сафиев А.Х. 
Айматов У.А. 
Ахмадшоев И.Ш. 

Шокаримов С.М. 
Аминджони Г. 
Бахретдинов Р.М. 
Махкамбаев Р.С. 
Джуракулов А.М. 

«Согласовано»

Директор ГУ «НИИМ»
 ГУП «ТалКо»
 Сафиев Х.
 25 2019г.



«Утверждаю»

Генеральный директор
 ООО «Талко Кемикал»
 Рахмонов Э.Х.
 25 2019г.


АКТ

о проведении опытно-промышленных испытаний технологии получения кремнефторида натрия (КФН) из кремнефтористоводородной кислоты (КФВК) и гидроксида натрия

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: от ООО «Талко Кемикал» – первый заместитель Генерального директора А.Муродиён, начальник участка нейтрализации сточных вод Катахонов А.М., от ГУ «НИИМ» ГУП «ТалКо» – заместитель директора по научной работе Бобоев Х.Э., зав. лабораторией экологических исследований и переработки промышленных отходов Сафиев А.Х., с.н.с. лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Айматов У.А., с.н.с. лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Ахмадшоев И.Ш., инженер-технолог лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Шокаримов С.М., инженер-технолог лаборатории переработки и использования местного глинозем- и углеродсодержащего сырья Аминджони Г., начальник отдела инновационных технологий Бахретдинов Р.М., зам. начальника отдела инновационных технологий Махкамбаев Р.С. и инженер-технолог отдела внедрения инновационных технологий Джуракулов А.М., составили настоящий Акт о выпуске опытно-промышленной партии КФН по технологии, разработанной специалистами ГУ «НИИМ» ГУП «ТалКо».

Опытно-промышленные испытания проведены на оборудовании участка нейтрализации сточных вод ООО «Талко Кемикал» с использованием 25%-го раствора КФВК, являющейся побочным продуктом производства фтористого водорода, в количестве 1000 кг и 300 кг гидроксида натрия в виде 20%-го раствора. Выработана опытно-промышленная партия КФН в количестве 350 кг

(без учета влаги (3-5%) и остатка готового продукта в «мертвой» зоне реактора).

Полученный продукт представляет собой мелкокристаллический порошок белого цвета. В результате проведенных анализов определены основные физико-химические показатели КФН:

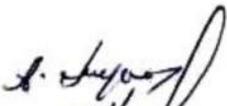
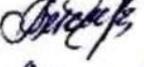
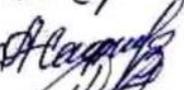
содержание кремнефторида натрия (Na_2SiF_6), не менее – 95%;

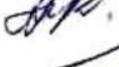
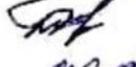
содержание свободной кислоты, не более – 1,0%;

содержание влаги, не более – 1,0%.

Основные физико-химические характеристики экспериментального КФН аналогичны характеристикам технического кремнефторида натрия и соответствуют нормативным показателям ГОСТ 87-66. Себестоимость полученного КФН, ввиду использования местных производственных отходов, ниже себестоимости импортируемого КФН. Физико-химические исследования показали, что экспериментальный КФН, полученный из КФВК и гидроксида натрия, можно рекомендовать к проведению испытаний в соответствующих структурных подразделениях ГУП «ТАЛКО».

Подписи:

А.Муродиён 
Катахонов А.М. 
Бобоев Х.Э. 
Сафиев А.Х. 
Аймаатов У.А. 
Ахмадшоев И.Ш. 

Шокаримов С.М. 
Аминджони Г. 
Бахретдинов Р.М. 
Махкамбаев Р.С. 
Джуракулов А.М. 

Полученное жидкое стекло соответствует требованиям к жидкому стеклу марок А и Б по ГОСТ 13078-81, а также заводской ТИ 117-05-20.

Также в период с 24.05 по 01.06.2022г. в ЦОСМ провели испытание огнеупорности полученного жидкого стекла в качестве связующего огнеупорного бетона. Состав шихты состоял из 50% мертеля и 50% жидкого стекла согласно ТИ 065-03-21. Далее по первому опыту, огнеупорный кирпич замочили в приготовленном растворе и уложили его на другой кирпич.

По второму опыту на первый кирпич уложили раствор толщиной 4 мм, на который положили второй кирпич. Аналогичным образом провели испытания с применением заводского жидкого стекла. Образцы в период с 25.05 по 01.06.2022г. обожгли в туннельной печи ЦОСМ при температуре около 1100-1200 °С.

По результатам испытаний можно сделать вывод, что полученное опытное жидкое стекло из кремнегеля ничем не отличается от заводского жидкого стекла и может быть рекомендовано при приготовлении связующего огнеупорного цемента для нужд цеха капремонта электролизёров ОАО «ТалКо».

Подписи:

Норбеков Ш.Р.

Вохидова М.

Мирпочаев Х.А.

Наимов Н.А.

Рузиев Дж.Р.

Ахмадшоев И.Ш.

Усмонов Х.Х.

Джуракулов А.М.

Каримов Н.М.

Сатторов С.А.

Шокаримов С.М.

«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»



Директор ГУ «Научно-исследовательский институт металлургии» ГУП «ТАЛКО»

Н.А. Наимов

«27» 12 2023г.



Генеральный директор
ООО «ТАЛКО Кемикал»

Э.Х. Рахмонов

«27» 12 2023г.

Акт

**о внедрении технологии производства
смеси кремнефторида натрия и фторида натрия
из смеси кремнефтористоводородной и плавиковой кислот.**

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: от ООО «ТАЛКО Кемикал» – заместителя генерального директора по производству Ибрагимов О.А., начальника совместного технопарка Джаборова М.

От ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО» – заместителя директора по научной работе, д.т.н. Муродиён А., заместителя директора по внедрению - главного инженера, к.т.н. Мирпочаева Х.А., начальника отдела внедрения инновационных технологий (ОВИТ) Махкамбаева Р.С., заместителя начальника ОВИТ Усмонова Х.Х., заведующего лабораторией ЭИ и ППО Аминджони Г., инженеров-технологов ЛЭИ и ППО Шокаримова С.М., Аслонова А.А. составили настоящий Акт о внедрении технологии производства смеси кремнефторида натрия (КФН) и фторида натрия из смеси кремнефтористоводородной (КФВК) и плавиковой кислот (смеси КФВК).

На основании лабораторных исследований была разработана принципиальная технологическая схема получения смеси КФН и фторида натрия из смеси КФВК, представленная на рис. 1.

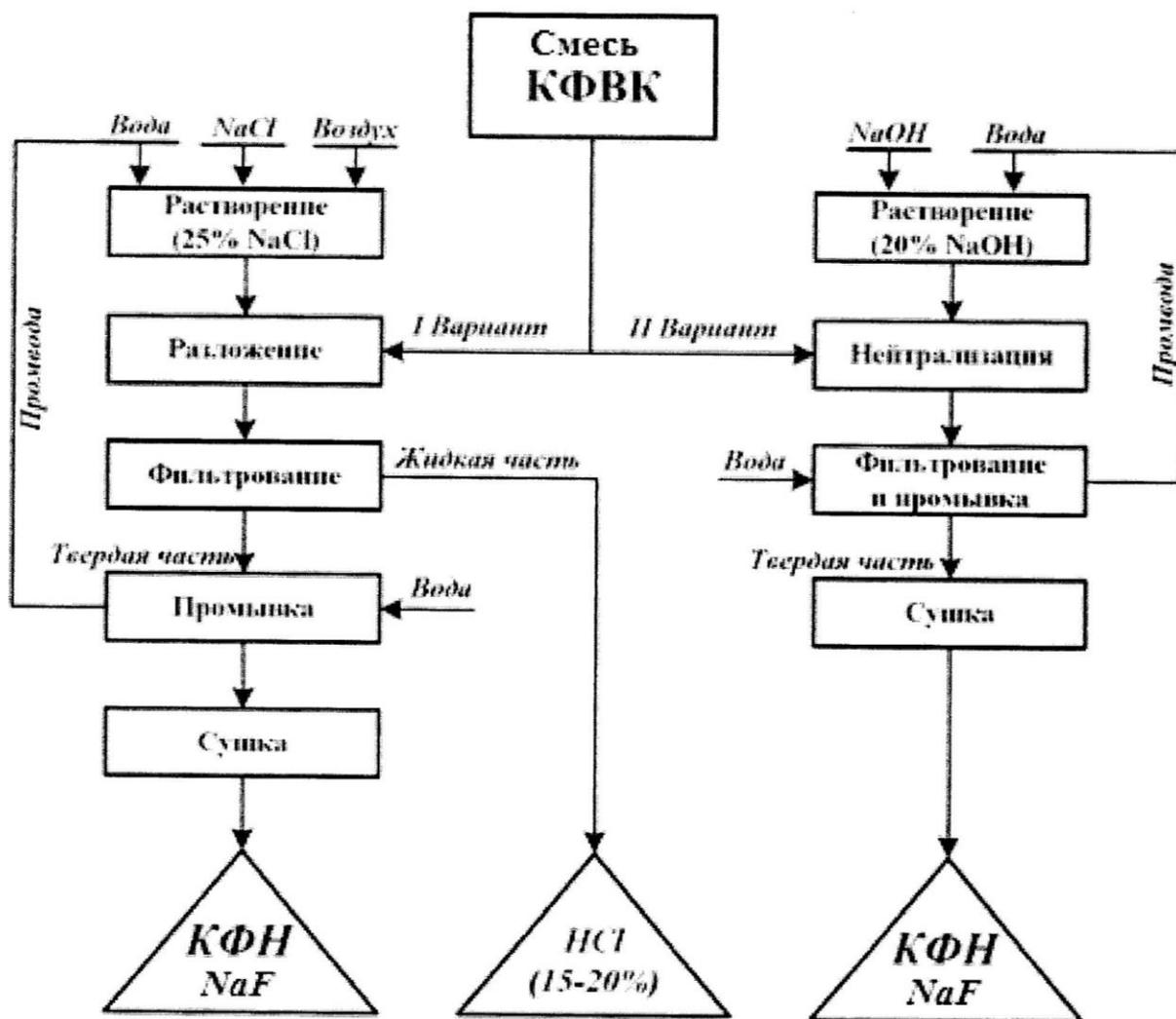


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема производства смеси КФН и NaF из смеси КФВК с применением хлорида (I вариант) и гидроксида натрия (II вариант).

Согласно стехиометрическому расчету для утилизации (переработки) 1000 кг смеси, состоящей из 33% КФВК и 23% плавиковой кислоты, требуется 429,9 кг гранулированного гидроксида натрия (из которого 142,7 кг или 33,2 % расходуется на образование КФН и 287,2 кг или 66,8% для образования NaF) и 1719,6 кг воды, которые при растворении дадут 2149,5 кг 20 %-ного раствора NaOH. В результате реакции которых образуется 335,3 кг (52,6 %) Na_2SiF_6 и 301,6 кг (47,4 %) NaF (суммарно 636,9 кг смеси этих солей в осадке) и 2000 кг воды.

В 2023 году в рамках работ по утилизации побочного продукта, образующегося при производстве фтористого водорода – смеси КФВК, на оборудовании совместного технопарка ООО «Талко Кемикал» и «НИИМ» по технологии с использованием гидроксида натрия (II вариант) технологической схемы и пошаговой инструкции, разработанным специалистами ГУ «НИИМ» совместно с работниками предприятия произведен выпуск опытно-промышленной партии влажной смеси КФН и фторида натрия в количестве 43 тонн.

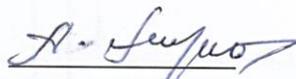
30.11.2023года с ООО «Талко Кемикал» передано около 18 тонн указанной смеси в ОАО «ТАЛКО», которая после сушки будет использована в процессе электролиза и при повторном пуске электролизеров (локальный пуск) в качестве дополнительного сырья.

Приложения:

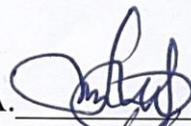
1. Аппаратурно-технологическая схема.
2. Пошаговая инструкция

Подписи:

Муродиён А.Ш.



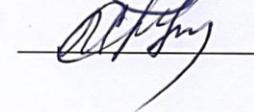
Ибрагимов О.А.



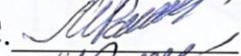
Мирпочаев Х.А.



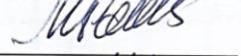
Джаборов М.



Махкамбаев Р.С.



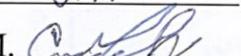
Усмонов Х.Х.



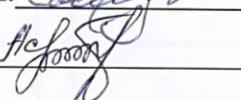
Аминджони Г.



Шокаримов С.М.



Аслонов А.А.



Порядок проведения эксперимента по переработке смеси кремнефтористоводородной (H_2SiF_6) и плавиковой (HF) кислот каустической содой (NaOH) с целью получения смеси кремнефторида натрия (Na_2SiF_6) и фторида натрия (NaF) в Совместном Технопарке

1. Рабочий персонал должен быть ознакомлен с правилами техники безопасности на химическом предприятии и строго соблюдать их.
2. Проверить используемое технологическое оборудование по схеме. Подготовить реактор Т-105 для закачки из наружного бака насосом РВ 301D смеси кремнефтористоводородной (КФВК) и плавиковой кислот (смесь КФВК) и раствора каустической соды.
3. Перед проведением эксперимента следует определить химический состав смеси КФВК для определения соотношения (количества) КФВК и плавиковой кислоты в смеси.
4. В реакторе объемом $1,5 \text{ м}^3$ на 2 этаже здания следует приготовить 20% раствор гидроксида натрия следующим образом: к 860 л воды добавить 215 кг кристаллического гидроксида натрия и перемешать до растворения. Если температура раствора превышает $70-80^\circ\text{C}$, добавление каустической соды следует прекратить на 15-20 минут до его остывания, затем продолжить.
5. Из наружного бака насосом РВ 301D в реактор Т-105 закачивают 500 кг смеси КФВК (если кислотная смесь содержит 33% КФВК и 23% HF) и добавляют к ней 1074 кг 20% раствора едкого натра (контролируя pH универсальной индикаторной бумагой), перемешивают 15-20 минут (пока раствор не станет нейтральным).
6. Затем образовавшийся осадок (осажденная смесь фторсолей) с помощью насосов (РВ 105) прокачивают через фильтр-пресс (М 106) и промывают водой.
7. После слива фильтрата в сборную емкость (Т-201А) его можно повторно использовать для приготовления 20% раствора каустической соды.
8. Отфильтрованная часть осадка освобождается из фильтр-пресса в мульду для последующей сушки и передачи Потребителю.

*для перемешивания реакционной массы смеситель должен находиться не выше 20 см от нижней части (дна) реактора.

**следует помнить, что при проведении экспериментов температура раствора в существующих реакторах Технопарка не должна превышать 80°C .

«Согласовано»
 Директор ГУ «НИИМ»
 ОАО «ТАЛКО»
 Н.А. Наимов
 11 2024г.

«Утверждаю»
 Генеральный директор
 ОАО «ТАЛКО»
 Ш.Дж. Шарифзода
 11 2024г.

АКТ

о производстве и испытании покровно-рафинирующего литейного флюса «ПРФ-23» в литейном отделении ОАО «ТАЛКО»

Мы, ниже подписавшиеся, комиссия в составе: от ОАО «ТАЛКО» – и.о. замгенерального директора – начальник ПДО Калонов К.Б., директор по ОТ, Э и К Абдуллоев А.С., начальник ЦГО Султонов С.И., зам. ПДО по литью Кодиров С.А., начальник ЦЗЛ, к.х.н., Джумаев Ш.С., начальник ЗПЛ Сохибова С.Т., начальник ОТК Абдимуродовна З.Дж., начальник ЛЦ Худжов Ш.М., старший мастер ЦГО Кодиров Дж.И., старший мастер ЛО-2 Акбаров Ф.А. от ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО» – заместитель директора по научной работе, д.т.н. Муродиён А.Ш., начальник отдела внедрения инновационных технологий (ОВИТ) Махкамбаев Р.С., заместитель начальника ОВИТ Усмонов Х.Х., зав. лабораторией переработки местного глинозем, фтор и углеродсодержащего сырья (ЛПМГФ и УС), к.т.н. Аминджони Г., инженер-технолог лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов Шокаримов С.М., инженер-технолог ЛПМГФ и УС Аслонов А.А., инженер-технолог ЛПМГФ и УС Холов К.Ш. составили настоящий Акт о том, что в период от 08.07.24 до 15.07.24 из хлорсодержащих отходов ОАО «Таджикхимпром», смеси кремнефторида и фторида натрия ООО «ТАЛКО Кемикал», а также некондиционного флюоритового концентрата ОАО «Корхонаи бойгардонии Такоб» в промышленных условиях ЦГО и ОЭЦ предприятия ОАО «ТАЛКО» было произведено 2100 кг покровно-рафинирующего флюса марки «ПРФ-23», рецептура которого разработана ГУ «НИИМ».

В период от 05.08.24 до 05.09.24 на всех миксерах литейного отделения ЛО-2 успешно проведено опытно-промышленное применение флюса «ПРФ-23» в режиме испытаний. В таблице 1 представлены сравнительные физико-химические и экологические показатели экспериментального флюса, с флюсами ранее разработанными ГУ «НИИМ» и флюсом, используемым в литейном производстве ОАО «ТАЛКО».

Таблица 1. Физико-химические и экологические показатели флюсов

Марка флюса	t _{плав.} , °С	Уд.расход, кг/т Al	Содержание металла в шлаке, масс. %	Содержание в рабочей зоне, мг/м ³		
				HF _{газ}	Пыль	F _{тв.}
Заводской	720	1,0	31,3	0,34	2,5	0,31
ФПР-23	690	0,96	27,9	0,41	2,8	0,33
«ФЛЮС-3»	710	1,0	24,6	0,33	4,77	0,46
«ФЛЮС-4»	710	0,91	29,5	0,041	1,33	0,07
«ФЛЮС-5»	710	0,88	24,5	0,23	3,18	0,06
«ПРФ-23»	700	0,95	31,5	0,38	5,5	0,32

Примечание: ПДК HF_{газ}=0,5; Пыль=6,0; F_{тв.}=1,0.

Как видно из табл.1 флюс «ПРФ-23» по всем физико-химическим и экологическим параметрам (приложение) соответствует нормативным требованиям.

После отделения металла из состава шлака, кек можно повторно использовать при производстве флюса, так как содержание глинозема в составе кека незначительно.

Так как в составе испытуемого флюса содержится кремнефторид натрия, во избежание восстановления кремния (реакция 1) особое внимание было уделено изменению состава металла до и после применения флюса «ПРФ-23». Контроль сравнительного качества металла приведен в табл. 2.

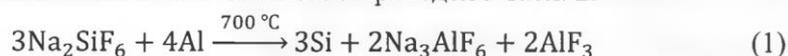


Таблица 2. Средний* состав металла до и после испытания флюса «ПРФ-23»

Дата	Сред. сод. в электролизёрах, %		Сред. сод. в ковшах, %		Сред. сод. после обработки флюсом, %		Марка
	Si	Fe	Si	Fe	Si	Fe	
До испытания							
1	2	3	4	5	6	7	8
01.07. до 10.07.24	0,22	0,32	0,19	0,26	0,16	0,23	A5
11.07. до 20.07.24	0,19	0,31	0,18	0,31	0,18	0,27	A5
21.07. до 31.07.24	0,25	0,45	0,23	0,41	0,18	0,31	A5
После испытания							
01.08. до 10.08.24	0,24	0,49	0,25	0,49	0,17	0,33	A5

1	2	3	4	5	6	7	8
11.08. до 20.08.24	0,23	0,52	0,23	0,55	0,2	0,36	A5
21.08. до 31.08.24	0,25	0,55	0,22	0,49	0,18	0,33	A5
1.08. до 5.09.24	0,4	0,66	0,23	0,36	0,12	0,34	A5

* данные приведены на основании статического анализа результатов исследования качества металла по сменным журналам ЛО-2 (приложения 2, 3).

Как видно из табл.2, после применения флюса «ПРФ-23» содержание кремния и железа в составе металла колеблется незначительно, как и до испытания флюса и не зависит от испытываемого флюса.

Следует отметить, что смесь КФН и фторида натрия находится в соотношении 60/40%, из-за этого содержание кремнефторида натрия в составе 2100 кг флюса составляет 15%, а содержание кремния в нем 2,23% соответственно. При проведении расчетов выявлено, что если происходит процесс восстановления кремния (реакция 1), то его содержание в составе 1 т металла достигает примерно до 0,002%. Однако прежде, чем протекает реакция 1, происходит процесс разложения кремнефторида натрия при температуре 500-600 °С с образованием фторида натрия и газообразного фторсилана (SiF₄) согласно реакции 2.



Поэтому, исходя из выделения незначительного количества фторсилана, образующийся шлак обретает темно-серый цвет.

Таким образом произведенным флюсом было обработано более 2 тыс. т. первичного алюминия. Сравнительный анализ свидетельствует о том, что основные физико-химические характеристики и экологические показатели флюса «ПРФ-23» – температура плавления, удельный расход, содержание металла в шлаке и содержание вредных веществ в рабочей зоне существенно не отличаются от аналогичных показателей традиционно применяемых флюсов и соответствуют нормативным показателям. Себестоимость полученного флюса значительно ниже себестоимости ранее используемых

флюсов за счет отказа от дорогостоящих фтористых солей и применения в рецептуре исключительно отхода ОАО «Таджикхимпром», смеси кремнефторида и фторида натрия, полученной из побочного продукта ООО «ТАЛКО Кемикал» и некондиционного флюоритового концентрата. Результаты опытно-промышленных испытаний показали, что экспериментальный флюс «ПРФ-23» можно рекомендовать к производству и использованию в литейном производстве ОАО «ТАЛКО».

Подписи:

От ОАО «ТАЛКО»

Калонов К.Б.

Абдуллоев А.С.

Султонов С.И.

Кодиров С.А.

Джумаев Ш.С.

Сохибова С.Т.

Абдимуродовна З.Дж.

Худжов Ш.М.

Кодиров Дж.И.

Акбаров Ф.А.

От ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО»

Муродиён А.Ш.

Махкамбаев Р.С.

Усмонов Х.Х.

Аминджони Г.

Шокаримов С.М.

Аслонов А.А.

Холов К.Ш.

ПРОТОКОЛ

измерения содержания вредных веществ на воздухе рабочих мест при
использовании Флюса ГУ НИИМ

Дата выполнения 12.06.2024.

1. Контролируемые параметры и их значения

№ п/п	Наименование	Вредные вещества, мг/м ³					Т °С
		HFгаз ПДК-0,5	Пыль ПДК-6,0	СО ПДК-20,0	СО ₂ ПДК-30,0	SO ₂ ПДК-10,0	
1	ЛП № 2 Миксер № 7	0,36	4,63	1,26	2,27	0,74	46

Начальник ЗПЛ

С.Т Сохибова

«Согласовано»
Директор ГУ «НИИМ»
ОАО «ТАЛКО»
Н.А. Наимов
02 2025г.



«Утверждаю»
Генеральный директор
ООО «ТАЛКО Кемикал»
Дж.Дж. Хайдаров
«05» 2025г.



**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕСИ
КРЕМНЕФТОРИСТОВОДОРОДНОЙ И ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТ С
ПОЛУЧЕНИЕМ ФТОРИДА АЛЮМИНИЯ И АМОРФНОГО
КРЕМНЕЗЁМА
(С использованием существующего оборудования Совместного
Технопарка ООО «ТАЛКО Кемикал» и ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО».)**

ДУШАНБЕ – 2025

технологии в производство обеспечивает значительные экологические и экономические преимущества.

Например, годовая экономическая эффективность Совместного Технопарка по производству фторида алюминия и аморфного оксида кремния представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Техничко-экономические показатели при внедрении указанной технологии

Продукты	Ед. изм	Количество планируемой к производству продукции, т/г	Себестоимость продукции, сомони		Себестоимость продуктов на мировом рынке, сомони		Экономическая эффективность, сомони (доллар)
			За ед.	Общ.	За ед.	Общ.	
Технология производства фторида алюминия и аморфного оксида кремния							
Фторид алюминия	т/г	3 924	6307,6	24 751 022	12 000	47 088 000	27 623 578 (2 511 234)
Аморфного кремнезёма	т/г	961,2	Побочный продукт	Побочный продукт	5500	5 286 600	

Как видно из таблицы 5, использование существующего оборудования Совместного Технопарка ООО «ТАЛКО Кемикал» и ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО» позволяет производить более 3,9 тыс. тонн фторида алюминия и 900 тонн аморфного оксида кремния в год.

Как отмечалось ранее, при максимальной загрузке предприятия «ТАЛКО Кемикал» производится более 4 тысяч тонн смеси кислот в год. Таким образом, внедрение данных технологий позволит Совместному Технопарку перерабатывать свыше 8 тысяч тонн этой смеси ежегодно, что исключает её вредное воздействие на окружающую среду.

Фторид алюминия является ключевым компонентом электролита в процессе производства алюминия, тогда как аморфный оксид кремния обладает широким спектром применения.

Таким образом, данная технология проста и экономична, её внедрение в производство способствует созданию новых рабочих мест, а нейтрализация смеси КФВК и плавиковой кислоты является экологически эффективной и экономически привлекательной.

От ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО»

Зам. директора по научной работе,
д.т.н. В. Муродиён **Муродиён А.Ш.**

Зав. лаборатории ЭИ и ППО

С.М. Шокаримзода **Шокаримзода С.М.**

Главный бухгалтер

Д.А. Хонов **Хонов Дж.А.**

От ООО «ТАЛКО Кемикал»

Зам. генерального директора по
производству

К.А. Саидов **Саидов К.А.**

Начальник планово-экономического
отдела

Б.Ю. Зулфиев **Зулфиев Б.Ю.**

«Согласовано»
Директор ГУ «НИИМ»
ОАО «ТАЛКО»
Н.А. Наимов
02 2025г.

«Утверждаю»
Генеральный директор
ООО «ТАЛКО Кемикал»
Дж.Дж. Хайдаров
05 2025г.

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ТЕХНОЛОГИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ СМЕСИ
КРЕМНЕФТОРИСОВОДОРОДНОЙ И ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТ С
ПОЛУЧЕНИЕМ КРЕМНЕФТОРИДА И ФТОРИДА НАТРИЯ
(С использованием имеющегося оборудования Совместного Технопарка
ООО «ТАЛКО Кемикал» и ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО»)**

ДУШАНБЕ – 2025

средство, а также как реагент при **синтезе фреонов**. Кроме того, эта смесь находит применение в производстве **стекла, эмалей, керамики, термостойких материалов**, при производстве **кислотоупорных цементов** и в процессе **производства алюминия электролизом** для корректировки **криолитового отношения и производства электролита**.

Таким образом, упомянутая технология является **простой и недорогой**, а её внедрение в производство даёт возможность **создать новые рабочие места**. Нейтрализация смеси КФВК и плавиковой кислоты является **экологически эффективной и экономически выгодной**.

От ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО»

Зам. директора по научной работе,
д.т.н. А. Муродиён **Муродиён А.Ш.**
Зав. лаборатории ЭИ и ППО

С.М. Шокаримзода **Шокаримзода С.М.**
Главный бухгалтер

Д.А. Хонов **Хонов Дж.А.**

От ООО «ТАЛКО Кемикал»

Зам. генерального директора по
производству

К.А. Саидов **Саидов К.А.**
Начальник планово-экономического
отдела

Б.Ю. Зулфиев **Зулфиев Б.Ю.**

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТИ

ШАҲОДАТНОМА

Шахрванд Шокаримов С.М.

муаллифи ихтирои *Тарзи коркарди комплексии кислотаи гидрогенсилитсийфторид*

Ба ихтироъ нахустпатенти № Т.Ҷ 1128 дода шудааст.

Дорандаи нахустпатент Муассисаи давлатии "Наҷухишгоҳи илмию таҳқиқотии металлургия"-и Корхонаи воҳиди давлатии "Ширкати алюминийи Тоҷик" (МД "ПИТМ" КВД "ШАТ")

Сарзамини Ҷумҳурии Тоҷикистон

Хаммуаллиф(он) Кабир Шерали, Сафиев Х., Мирпочаев Х.А., Муродиён Асрор, Наимов Н.А., Маҳкамбаев Р.С., Муҳамедиев Н.П.

Аввалияти ихтироъ 12.08.2020

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 12.08.2020

Аризаи № 2001455

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

28 декабри с. 2020 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент

этибор дорад аз 12 августи с. 2020 то 12 августи с. 2030

Ин шаҳодатнома ҳангоми амали гардонидани ҳукуку имтиёзхое, ки барои муаллифони ихтироот бо конунгузории ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ШАҲОДАТНОМА

Шаҳрванд Шокаримов С.М.

муаллифи ихтирои *Тарзи ҳосилкунии омехтаи силитсийфторид ва фториди
натрий*

Ба ихтироъ
нахустпатенти № ТҶ 1319 дода шудааст.

Дорандаи
нахустпатент МД "ПИТМ" ҶСК "ШАТ"

Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Раҷабзода Н.Х., Сафиев Х., Мирпочаев Х.А.,
Асрори М., Наимов Н.А., Рузиев Ҷ.Р., Аҳмадшоев И.Ш., Маҳкамбаев Р.С.,
Мухамедиев Н.П.

Аввалияти ихтироъ 28.04.2022

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 28.04.2022

Аризаи № 2201672

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

21 ноябри с. 2022 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент
этибор дорад аз 28 апрели с. 2022 то 28 апрели 2032с.

Ин шаҳодатнома хангоми амали гардонидани ҳукуку
имтиёзҳои, ки барои муаллифони ихтироот бо конунгузории
ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ШАҲОДАТНОМА

Шаҳрванд Шокаримов С.М.

муаллифи ихтирои *Ғарзи коркарди омехтаи кислотаҳои гидроген-силитсийфторид ва фторид*

Ба ихтирои нахустпатенти № Т.Э. 1482 дода шудааст.

Дорандаи нахустпатент МД "ТИТМ" ҶСК "ПАТ"

Сарзамини Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Раджабзода Н.Х., Мирсаидов У., Наймов Н.А., Мурудиён А., Саппоров С.А., Аҳмадишоев И.Ш., Аслонов А.А., Аминджони Г.

Аввалияти ихтироӣ 01.12.2023

Таърихи рузи пешниҳоди ариза 01.12.2023

Аризаи № 2301904

Дар Феҳристи давлатии ихтироӣҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

4 апрели с. 2024 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент эътибор дорад аз 1 декабри с. 2023 то 1 декабри с. 2033

Ин шаҳодатнома ҳангоми амали гардонидани ҳукуку имтиёзҳои, ки барои муаллифони ихтироот бо конулузории ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад.

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТИ

ШАҲОДАТНОМА

Шахрванд Шокаримов С.М.

муаллифи ихтирои *Тарзи коркарди комплексии маҳсулоти дутомдараҷаи
истехсоли кислотаи фторид*

Ба ихтирои нахустпатенти № Т.Ҷ. 1531 дода шудааст.

Дорандаи МД «ПИТМ» ҶСК «ШАТ»
нахустпатент

Сарзамини Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Раджабзода Н.Х.; Наймов Н.А.; Мирпочаев Х.А.;
Сатторов С.А.; Аминджони Гийосиддин; Рафиев Р.С.

Аввалияти ихтирои 04.04.2024

Таърихи рузи пешниҳоди ариза 04.04.2024

Аризаи № 2401946

Дар Феҳристи давлатии ихтироёҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

04 сентябри с. 2024 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент

этибор дорад аз 04 апрели с. 2024 то 04 апрели 2034 с.

Ин шаҳодатнома хангоми амали гардонидани ҳукуку
қимтиёзхое, ки барои муаллифони ихтироот бо конукузории
ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.