

**ҚОРАҚАЛПОҚ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ  
PhD.03/30.12.2019.Т.20.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ НАВОИЙ БЎЛИМИ**

**ХУРРАМОВ НАВРУЗБЕК ИБРАИМОВИЧ**

**КУЙДИРИЛМАГАН МАРКАЗИЙ ҚИЗИЛҚУМ ФОСФОРИТЛАРИДАН  
ЭКСТРАКЦИОН ФОСФОР КИСЛОТАСИ ОЛИШНИНГ ИНТЕНСИВ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy (PhD)**

**Хуррамов Наврузбек Ибраимович**

Куйдирилмаган Марказий Қизилкум фосфоритларидан экстракцион  
фосфор кислотаси олишнинг интенсив технологиясини ишлаб  
чиқиш..... 3

**Хуррамов Наврузбек Ибраимович**

Разработка интенсивной технологии получения экстракционной  
фосфорной кислоты из необожженных фосфоритов Центральных  
Кызылкумов..... 21

**Khurramov Navruzbek Ibraimovich**

Development of an intensive technology for obtaining extraction phosphoric  
acid from unfired phosphorites of Central Kyzylkum..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 42

**ҚОРАҚАЛПОҚ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ  
PhD.03/30.12.2019.Т.20.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ НАВОИЙ БЎЛИМИ**

**ХУРРАМОВ НАВРУЗБЕК ИБРАИМОВИЧ**

**КУЙДИРИЛМАГАН МАРКАЗИЙ ҚИЗИЛҚУМ ФОСФОРИТЛАРИДАН  
ЭКСТРАКЦИОН ФОСФОР КИСЛОТАСИ ОЛИШНИНГ ИНТЕНСИВ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Нукус – 2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/T1920 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Навоий бўлимида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.karsu.uz](http://www.karsu.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Нурмуродов Тўлқин Исамуродович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Усанбаев Нажимуддин Халмурзаевич,**  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Маденов Бердимурат Даулетмуратович,**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Етакчи ташкилот:**

**Наманган муҳандислик технология институти**

Диссертация химояси Қорақалпоқ давлат университети ҳузуридаги PhD.03/30.12.2019.T.20.03 рақамли илмий кенгашнинг « 02 » феврал 2022 йил соат 15<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 230112, Нукус шаҳри, Ч.Абдиров кўчаси, 1. Тел: (99861) 223-60-47; факс: (99861) 223-60-78; e-mail: [karsu\\_info@edu.uz](mailto:karsu_info@edu.uz)).

Диссертация билан Қорақалпоқ давлат университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (63-рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 230112, Нукус шаҳри, Ч.Абдиров кўчаси, 1. Тел: (99861) 223-60-47; факс: (99861) 223-60-78

Диссертация автореферати 2022 йил « 15 » январ куни тарқатилди.  
(2022 йил « 15 » январ 1- рақамли реестр баённомаси)



**Реймов А.М.**

Илмий даража берувчи илмий кенгаш  
раиси, т.ф.д., профессор

**Курбаниязов Р.К.**

Илмий даража берувчи илмий кенгаш  
илмий котиби, т.ф.н., доцент

**Туремуратов Ш.Н.**

Илмий даража берувчи илмий кенгаш  
қошидаги илмий семинар раиси, к.ф.д.

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда ҳозирги вақтда аҳоли ўсишининг юқори суръатлари, экин майдонлари ва чучук сув захиралари каби табиий ресурсларнинг камайиши туфайли аҳолини озиқ-овқат билан таъминлаш муаммоси кескинлашди. Шу боис, озиқ-овқат дастурини ҳал этишда фосфорли ўғитлар ишлаб чиқаришни кўпайтириш катта рол ўйнайди. Бунинг учун яқин-яқингача Қозоғистоннинг Қоратау фосфоритлари Ўзбекистон томонидан валюта эвазига сотиб олинаётган эди. Бу эса ўз ўрнида фосфорли ўғитлар нархи ошишига ҳамда жаҳон бозорида рақобатбардош бўлмаслигига олиб келиши алоҳида аҳамият касб этади.

Дунё миқёсида минерал фосфорли ўғитлар ишлаб чиқаришда паст навли фосфоритларни кимёвий усуллар билан қайта ишлашнинг комплекс технологияларини ишлаб чиқиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, турли бойитиш усулларини қўллашда  $P_2O_5$  нинг балансдан ташқари рудалар ва лой чиқиндиларидан фосфат концентрациясига ўтишини ошириш жараёнини ўрганишга, минерал кислоталар ёрдамида парчалаб NPK ўғитлари ва тоза фосфор туган тузлар олиш, шунингдек, куйдирилмай ювиб қуритилган фосфоконцентратдан (КЮҚК) экстракция фосфор кислотасини (ЭФК) олиш ва улар асосида моно- ва диаммоний фосфатлар олиш жараёнининг оптимал шароитларини ишлаб чиқишни ўрганишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда бугунги кунга қадар Марказий Қизилқум (МК) фосфоритларига кислотали ва термик ишлов бериш йўли билан фосфорли ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «...саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш...»<sup>1</sup> каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда тупроқ унумдорлигини ва ўсимликлар, жумладан, хомашё унумдорлигини оширадиган азот-фосфорли минерал ўғитлар олиш технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони ва 2019 йил 17 январдаги ПФ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПФ-3983-сон «Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони

фаолиятга тегишли меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Жаҳон амалиётида ЭФК олиш асосларини ишлаб чиқишда олимлардан Копилев Б.А., Борисов И.М., Хлебодарова Э.В., Классен П.В., Шуб Б.И. Туманов Д.Н., Фенг Й., Фенг Ж., Лиух., Ванг Й., Лу Т., Нассар М., Намазов Ш.С., Эркаев А.У., Султонов Б.Э., Мирзакулов Х.Ч., Ушарова Л.Б, Шуб Б.И., Динкина А.В., Джураев Ф.Х., Қиличов О.К., Шаймардонов Ш.С., Эгамбердиев А.К., Нурмуродов Т.И. ва бошқалар қатга ҳисса қўшдилар.

Ўзбекистон халқ хўжалиги тармоқларининг кальций нитрат, кальций ва аммоний фосфатларнинг ноорганик тузларига бўлган талаби юқори бўлиб, ушбу маҳсулотларни чет эл валютасига олиб кириш орқали қондирилмоқда.

Юқоридагилардан келиб чиқадиган бўлсак, тўлиқ бойитилмаган Қизилқум фосфоритлари асосида мақбул техник-иқтисодий кўрсаткичларга эга бўлган экстракцион фосфор кислотасини олишнинг юқори самарали ва интенсив технологиясининг илмий асосларини яратиш, паст навли юқори карбонатли донадор фосфоритларни, хусусан, Марказий Қизилқум фосфоритларини қайта ишлаш соҳасида ишлар ғоят долзарб вазифа ва илмий тадқиқотнинг асосий йўналиши ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Навоий бўлими илмий-тадқиқот режасининг № ФЗ-202001051 – «Бойитилмаган Марказий Қизилқум фосфоритларидан экстракцион фосфор кислотаси олиш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Марказий Қизилқумнинг паст навли ва куйдирилмаган фосфоритларидан концентранган фосфор кислотаси олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

сульфат ва фосфор кислотаси аралашмаси билан КЮҚҚни декарбонизация жараёнини тадқиқ қилиш;

декарбонизацияланган МК КЮҚҚ асосида ЭФК олиш жараёнининг оптимал технологик параметрларини аниқлаш;

фосфогипснинг гранулометрик ва минералогик таркибини ЭФК олиш жараёнининг технологик параметрларига таъсирини тадқиқ қилиш;

экстракцион фосфор кислотаси олишнинг технологик схемасини ишлаб чиқиш;

паст навли фосфоритларни нитрат кислотали экстрактивнинг босқичма-босқич аммонизациясини  $P_2O_5$ , нодир ер, ишқорий ва ишқорий-эр металлларни жараённинг маҳсулот ва оралиқ маҳсулотлари ўртасида тақсимланишига таъсирини ўрганиш;

дикальций фосфатдан тозаланган фосфор кислотаси олиш жараёнини тадқиқ қилиш;

ЭФК КЮҚК ва ТФК ДКФдан буғлатилган фосфор кислотаси олиш жараёнини тадқиқ қилиш;

дикальций фосфат ва концентранган фосфор кислоталарини олиш жараёнида ҳосил бўладиган эритмалар ва бўтаналарни реологик хоссаларини ўрганиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида паст навли ва куйдирилмаган МК фосфоритлари, минерал кислоталар олинган.

**Тадқиқот предметини** фосфорит рудаларини ҳар томонлама, сифат ва миқдорий таҳлил қилиш ҳамда куйдирилмаган ва паст навли МК фосфоритларидан буғлатилган фосфор кислоталарини олиш ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда ИҚ спектроскопия, термогравиметрия, рентгенография, электрон микроскопия ва бошқа мураккаб физик-кимёвий тадқиқот усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқот илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

илк маротаба МК КЮҚК дан ЭФК олиш имконияти исботланди ва жараённинг техно-аналитик параметрларига экстракцияни технологик параметрларининг таъсири боғлиқлиги аниқланган;

нитрат кислотали парчалош йўли билан МК паст навли фосфоритларидан тоза фосфор кислотасини ҳамда босқичли аммиаклаш орқали дикальций фосфатни олишнинг ва уларни сульфат кислотали парчалошдан сўнг олинган тоза фосфор кислоталарини экстракциялашнинг илмий асослари яратилган;

дикальций фосфатни сульфат, айланма ТФК ва бўтана ёрдамида парчалош йўли билан тоза фосфор кислотаси олиш жараёни ўрганилган;

КЮҚК ва ДКФдан  $P_2O_5$  концентрацияси 45 ва 72% бўлган буғлатилган фосфор кислоталарини олиш жараёнининг илмий маълумотлари асосида паст концентрацияли фосфор кислоталарни концентрациялаш жараёнининг назарий асослари аниқланган.

**Тадқиқот амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

ЭФК олиш учун фосфорли материаллар хомашёларини кенгайтириш ва олинган маҳсулотлар тан-нархини пасайтириш имконини берадиган, КЮҚКни сульфат кислотали парчалош йўли билан ЭФК олишнинг самадор технологияси ишлаб чиқилган;

қаттиқ ва суюқ NP ва NCa ўғитлари ҳамда дикальций фосфатдан таркибида  $P_2O_5$  72% бўлган концентранган тоза фосфор кислотаси ишлаб чиқаришни ташкил этиш имкониятини берувчи Марказий Қизилқумнинг паст навли фосфоритларини комплекс қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологияси ишлаб чиқилган.

МҚнинг куйдирилмаган фосфоритлари асосида ЭФК олиш жараёнининг оптимал технологик параметрлари очиб берилган.

**Тадқиқот натижасининг ишончлилиги.** Кимёвий ва физик-кимёвий таҳлил (рентгенологик, дифференциал термик, микроскопик, изотермик) натижалари лаборатория тажрибалари ва тажриба-синовлари билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти турли хил фосфоритларни кислотали парчалаш механизмини ва фосфор кислоталарини буғлатиш жараёнининг физик-кимёвий параметрларини яратиш учун назарий асос бўладиган концентранган тоза фосфор кислоталарини олишнинг КЮҚК ва паст навли МҚ фосфоритларни кислотали парчаланишини кимёвий, физик-кимёвий ва технологик тадқиқотларни ўтказиш билан асосланади.

Натижаларнинг амалий аҳамияти шундаки, ишлаб чиқилган технологияни амалиётга жорий этиш озуқа фосфатлари ва бошқа тоза фосфат тузларни ишлаб чиқариш учун мос келадиган, импорт ўрнини босувчи ва экспортга йўналтирилган концентранган фосфор кислоталарни ишлаб чиқариш имконини беради, бу эса фосфор сақловчи материаллар билан ўғит ишлаб чиқарадиган корхоналарни кенгайтиш учун хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Куйдирилмаган МҚ фосфоритларидан экстракцион фосфор кислотаси олишнинг интенсив технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

озуқа преципитати олиш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан ихтирога патент олинган. (IAP 06592, 2021 й.). Натижада, МҚнинг паст навли фосфоритларидан тоза дикальцийий фосфат олиш имконини берган;

куйдирилмаган МҚ фосфоритларидан ЭФК олиш технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК АЖда амалиётга жорий қилинган («Elektrokimyozavod» ҚК АЖнинг 2021 йил 16 ноябрдаги 217-сон маълумотномаси). Натижада, халқ хўжалиги учун муҳим бўлган бирикмалар таркибини кенгайтириш ва шу орқали минерал ўғитлар ишлаб чиқариш учун асосий хомашёлардан бирини олиш имконини берган;

паст навли МҚ фосфоритларидан тоза дикальцийий фосфат олиш технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК АЖда амалиётга жорий қилинган («Elektrokimyozavod» ҚК АЖнинг 2021 йил 16 ноябрдаги 217-сон маълумотномаси). Натижада, ўғитлик хусусиятига эга N-12,15 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—15,1 % ва СаО-25,5 % таркибли кальций ва аммоний фосфатлар ҳамда кальций модули 0,82 га тенг бўлган фторисизланган дикальцийий фосфат олиш имконини берган.

**Тадқиқот натижасининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 9 та республика ва 2 та халқаро илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган, шулардан 1 та Ўзбекистон



Республикаси ихтиро учун патенти, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан, 3 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 112 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ишнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объекти ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республика фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги баён қилинган ва натижаларнинг амалиётга жорий этилиши берилган, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши буйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Экстракцион фосфат кислота ишлаб чиқаришнинг ҳозирги ҳолати**» деб номланган биринчи бобида турли хил фосфат хомашёсидан фосфат кислотасини олиш, сульфат кислота ёрдамида фосфат рудаларини парчалаш механизми, ЭФК олиш жараёнини интенсивлаш келтирилган.

Адабиётлар маълумотларини умумлаштириш, куйдирилмаган МҚ фосфоритларидан ЭФК олиш таркиби ва технологиясини ишлаб чиқиш диссертация ишининг мақсадини шакллантиришга имкон беради.

Ушбу масалаларни ўрганиш назарий ва амалий жиҳатдан катта қизиқиш уйғотади, бу бизга компонентларнинг реакцияланиш механизмларини тушуниш, куйдирилмаган МҚ фосфоритларидан ЭФК олишнинг оптимал технологик параметрларини аниқлаш имконини беради.

Диссертациянинг «**Тадқиқот объектларини тавсифи ва тажрибаларни бажариш усуллари**» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектларининг таркиб ва хоссалари, экспериментларни олиб бориш усуллари, шунингдек, кимёвий таҳлилларнинг методикалари келтирилган.

Диссертациянинг «**Тадқиқот қисми. Марказий Қизилқумнинг паст навли фосфоритларидан  $P_2O_5$  экстракциялаш жараёнини ўрганиш**» деб номланган учинчи бобида паст навли ва куйдирилмаган МҚ фосфоритларидан ЭФК олиш жараёни натижалари келтирилган.

Дастлаб лаборатория тадқиқотларини олиб бориш учун МҚ нинг фосфоритлари: биринчи қатлам рудаси ва термик бойитишда ювиш босқичида чиқадиган кек фосфоритларидан танлаб олинди.

Тажриба ишларини олиб бориш учун 96%ли сульфат кислота ва 15%ли айланма ЭФК ишлатилди. Кекдан фосфор кислота экстракцияси 80 °С ҳароратда амалга оширилди. Фосфорит намуналари айланма ЭФК

эритмасига солиниб, сўнгра кимёвий реакцияларда баён қилинган миқдорда сульфат кислота кўшиб аралаштирилди.

Иккинчи босқичда айланма эритма сифатида таркибида 15,1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> бўлган «Аммофос-Максам» АЖ дан ишлаб чиқариладиган ЭФК дан фойдаланилди.

Кекда СО<sub>2</sub> миқдори 14% дан ортиқ бўлиб, сульфат кислотали парчалаш вақтида кучли кўпикланиш кузатилади. Шунинг учун сульфат кислота концентрациясини уларнинг айланма ЭФК билан аралашмаларига таъсири ўрганиб чиқилди.

1-жадвалда системада айланма ЭФК улушининг ортиши билан ҳарорат 20 дан 103 °С гача кўтарилади, бир вақтнинг ўзида системада сульфат кислотаси миқдори 96 дан 56% гача ва уларнинг зичлиги 1,835 дан 1,542 г/см<sup>3</sup> гача камайиши келтирилган.

1-жадвал

Кислота нисбатининг кислоталар аралашмасини олишнинг асосий параметрларига таъсири

№	m H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / m ЭФК нисбати	Кислота аралашмидаги H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> миқдори, %	Кислота аралашмалари ҳарорати, °С	Кислота аралашмаси зичлиги, г/см <sup>3</sup>	Бўтананинг ҳолати
1.	1:0	96	20	1,835	ярим қуруқ
2.	8,6:1	86	72,5	1,745	нам
3.	3,8:1	76	91	1,689	ҳаракатчан
4.	2,2:1	66	98	1,612	суёқ оқувчан
5.	1,4:1	56	103	1,542	кўпикли

Фосфоритни 96% сульфат кислотада суюлтириш йўли билан олинган турли концентрацияларда сульфат кислота ёрдамида КЮҚКни декарбонизациялаш жараёнини ўрганиш натижаларида сульфат кислота миқдори 96 дан 56% гача камайганда, сульфат кислота зичлиги 1,835 дан 1,542 г/см<sup>3</sup> гача камайганлигини кўрсатди. Сульфат-фосфор кислоталари аралашмасининг ҳолати эса ярим қуруқ ҳолатидан суёқ оқувчан кўпикли масса ҳолатига ўтди. Кўпик баландлиги 50 г фосфорит намунасига 96 ва 56% ли кислота аралашмалари қўлланганда мос равишда 30 ва 18 мм га камайиб, декарбонизация даражаси 78-80% юқори қийматни ташкил қилди.

Юқоридаги экспериментал тадқиқотлар таҳлилларидан келиб чиққан ҳолда 5-вариантдаги тажриба энг мақбуллиги аниқланди (1-жадвал), бу ерда сульфат кислота билан ЭФК нисбати = 1,4:1 бўлганда кислотанинг сарф миқдори энг кам бўлиб, 56% ни ташкил этди.

Шунингдек, «Аммофос-Максам» АЖ дан олиб келинган экстракцион фосфор кислотасидан айланма эритма сифатида ишлатиш орқали олинган тажриба ишлари натижалари келтирилди. Бунда айланма ЭФК кўшилгандан сўнг жараёнда ҳосил бўлган ва ҳар бир босқичда ювилган эритмалардаги

ЭФК микдори, фосфогипс намлиги ва филтрлаш тезликлари параллел аниқланди.

Фосфорит намунасига сульфат кислота ва айланма ЭФК билан ишлов берилгандан сўнг олинган бўтанани суяқ ва қаттиқ фазаларга ажратиш учун вакуумли филтрлаш (0,4 – 0,6 бар) амалга оширилди. Кислота нормаси ўзгарганда ҳосил бўладиган эритмаларнинг филтрланиш тезлиги ҳар хил бўлиб, 68,45 дан 7017,06 кг/см<sup>2</sup>·с гача ошиши, кислота аралашмасидаги H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> микдорининг камайиши туфайли ўзгариши аниқланди. Бу қонуният ювиш босқичларида ҳам сақланиб қолинди. Ювиш босқичида кислота билан КЮКК нисбати = 2,7:1 бўлган, таркибида 12; 6 ва 0% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> бўлган ювувчи сувлар ишлатилди. Ювишнинг ҳар бир босқичида ювиш сувининг массаси ва P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> микдори ортди.

Реакцион бўтанани С:Қ экстракцияси, маҳсулотдаги P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>нинг чиқишига айланма ЭФК таркибидаги P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ни, фосфогипсда гранула таркиби ва сульфат-фосфат кислотали экстракцион бўтананинг филтрланиш тезлигига таъсири ўрганилди.

Олинган натижалардан маълум бўлишича, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> концентрацияси 15,0-16,20% бўлган қайта ишланган ЭФК дан фойдаланиш, таркибида P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 17,18-18,31% бўлган ЭФК олиш имконини берди. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> концентрацияси 17,06% бўлган айланма кислотани қўллаш билан 19,59% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> тутган ЭФК олинди. Айланма ЭФК таркибида P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> микдори ошиши билан гипсдан фосфат кислотали суспензиянинг филтрлаш кўрсаткичи 15,0 дан 17,06% ни ташкил қилди ва филтрланиш тезлиги 7669,84 дан 1225,73 кг/(м<sup>2</sup>·соат) гача пасайди (2-жадвал).

2-жадвал

Экстракцион фосфор кислота ва фосфогипсдаги аралашмалар таркибини таҳлил қилиш натижалари

№	Реакция давомийлиги, с	Қ:С нисбати	Айланма ЭФКда P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> микдори, %	Бирикмалар таркиби, масс. %								P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> чиқиши
				Экстракцион фосфор кислотаси				Фосфогипс				
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	F	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	F	
1	1	1:3	15,1	16,35	0,20	4,42	0,91	2,83	34,26	44,12	0,92	81
2	2	1:3	15,1	16,6	0,32	3,11	1,09	1,54	30,07	41,17	0,35	92
3	4	1:3	15,1	17,18	0,33	3,58	1,10	0,74	33,35	48,05	0,36	96
4	1	1:3	16,20	17,75	0,36	6,60	0,91	7,73	33,62	47,04	1,67	61
5	2	1:3	16,20	18,28	0,39	2,69	1,11	6,12	29,21	43,94	1,09	65
6	4	1:3	16,20	18,31	0,37	2,69	1,19	1,91	27,0	46,61	0,44	94
7	2	1:3,5	17,06	19,59	0,33	2,94	1,21	1,99	33,64	44,88	0,33	90
8	4	1:3	17,06	20,1	0,30	2,71	1,20	1,71	33,4	44,67	0,35	98,5

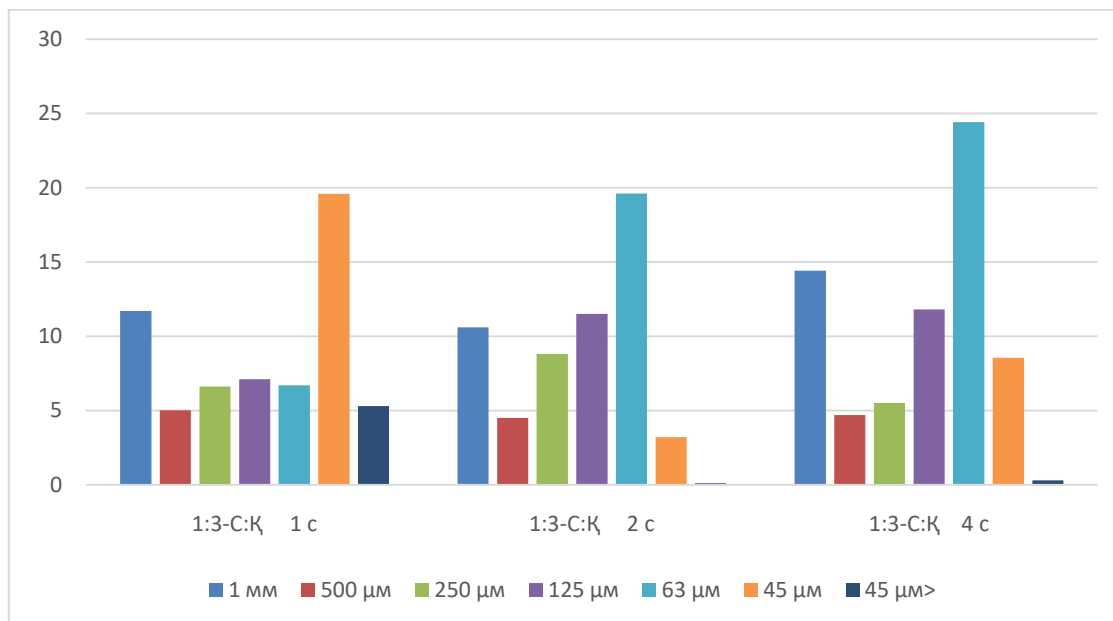
1 дан 4 соатгача экстракция жараёни давомийлигининг ошиши билан бир хил шароит яратилганда айланма ЭФК таркибида 15,1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> бўлганда P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>нинг чиқиши 86 дан 96% гача ортди ҳамда концентрацияни янада 16,2%

га ошириш билан ЭФК нинг ҳосил бўлиши кейинчалик аста-секин 2% га камайди.

Айланма ЭФКнинг концентрацияси филтрланиш тезлигига кучли таъсир қилади. Айланма ЭФК таркибидаги  $P_2O_5$  нинг 1,1% гача кўпайиши асосий филтрланиш тезлигини 3-6 мартага камайишига олиб келади. Шунинг таъкидлаш керакки, биринчи ювиш вақтида филтрланиш тезлиги асосийсига нисбатан 3-4 марта камаяди ва филтрациянинг иккинчи ва учинчи босқичларида биринчисига нисбатан анча ортади, бу эса ювиш жараёнининг ҳарорати камида 20-40 °C пасайганда таъминланади.

Жараённинг юқоридаги аналитик ва реологик параметрлари аввало кристалларнинг гранулометрик таркиби ва тузилишига боғлиқ. Маҳсулотларнинг филтрлашдан кейинги намлиги 35,37-37,0 бўлиб, қуритилган фосфогипс таркибидаги  $P_2O_5$  миқдори 0,74 дан 7,73% гача бўлади. Бу кўрсаткичлар биринчи навбатда кристалларнинг тузилиши ва гранулометрик таркибига боғлиқ.

Маҳсулотларнинг гран таркибини аниқлашда EP 0642844 маркали электромагнит узатмали AS 200 сериядаги аналитик вибрацион машинадан фойдаланилди. Шу билан бирга барча намуналарда ўртача диаметри 45 дан 1000 мкм бўлган заррачалар борлиги аниқланди. 63 мкм диаметрли заррачаларнинг 1,2 ва 4 соат давомидаги маҳсулотдаги улуши мос равишда 6,7; 19,6 ва 24,4% ни ташкил этди.

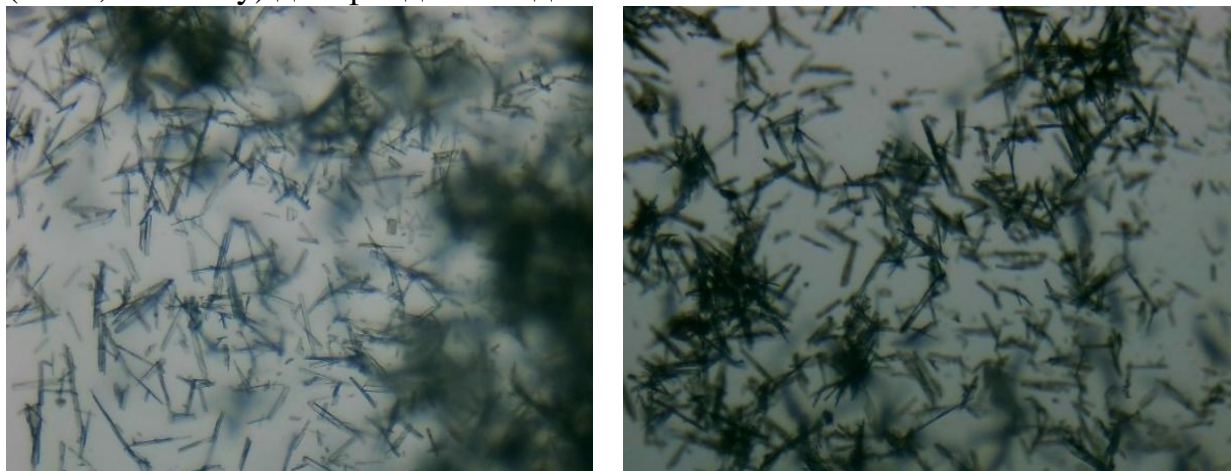


**1-расм. Жараённинг технологик параметрлари С:К=3:1 ва экстракция вақти 1,2 ва 4 соат бўлганда кальций сульфат дигидрати кристалларига таъсири**

Экстракция (1-расм) жараёни давомийлигини ошириш, диаметри 1000 мкм бўлган заррачаларнинг ошиши билан бир вақтда таркибида 45 мкм катталикдаги заррачалар нисбатининг камайиши 19,58 дан 3,2% гача бўлади. Экстракция жараёни давомийлиги 2 ва 4 соат бўлганда 25 мкм ўлчамли

зарралар улуши 8,8 дан 5,5 га камайди ва 45 мкм ўлчамли зарралар улуши 3,2 дан 8,55% га ошди.

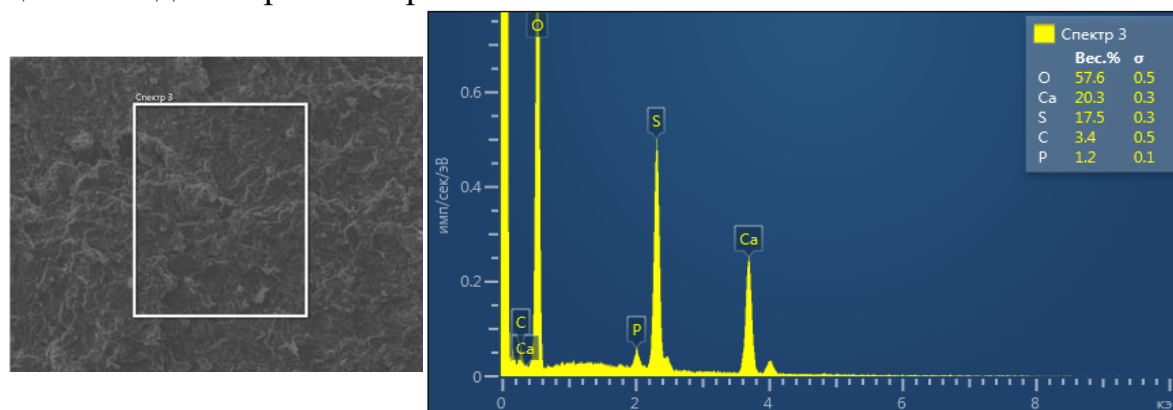
Кристалларнинг морфологияси ва ўлчамларини аниқлаш учун оптик (NLSД-307В) ва SEM-EVOMA10 маркали электрон сканерли микроскоп (Zeiss, Germany) дан фойдаланилди.



**2-расм. Фосфогипс заррачаларининг морфологик тузилиши ва ўлчами**

2-расмда технологик параметрларнинг ўзгариши ўрганилган интервалларда заррачаларнинг узунлиги  $P_{a4}$ -1.627 ммга етиши ва шакли бўйича кальций сульфат дигидрати узун игнасимон кристалларини ҳосил қилиши кўрсатилган.

Электрон микроскопик (SEM) тадқиқотлар ҳам (3-расм) фосфогипс чўкмалари асосан Ca, S ва P дан иборат бўлиб, мос равишда 20,3, 17,5 ва 1,2% миқдорида эканлигини кўрсатди. Микроскопик таҳлиллар шуни кўрсатадики, чўкиндиларда кичик қалинликдаги алоҳида катта бўлмаган қалинликдаги кристаллар топилган.



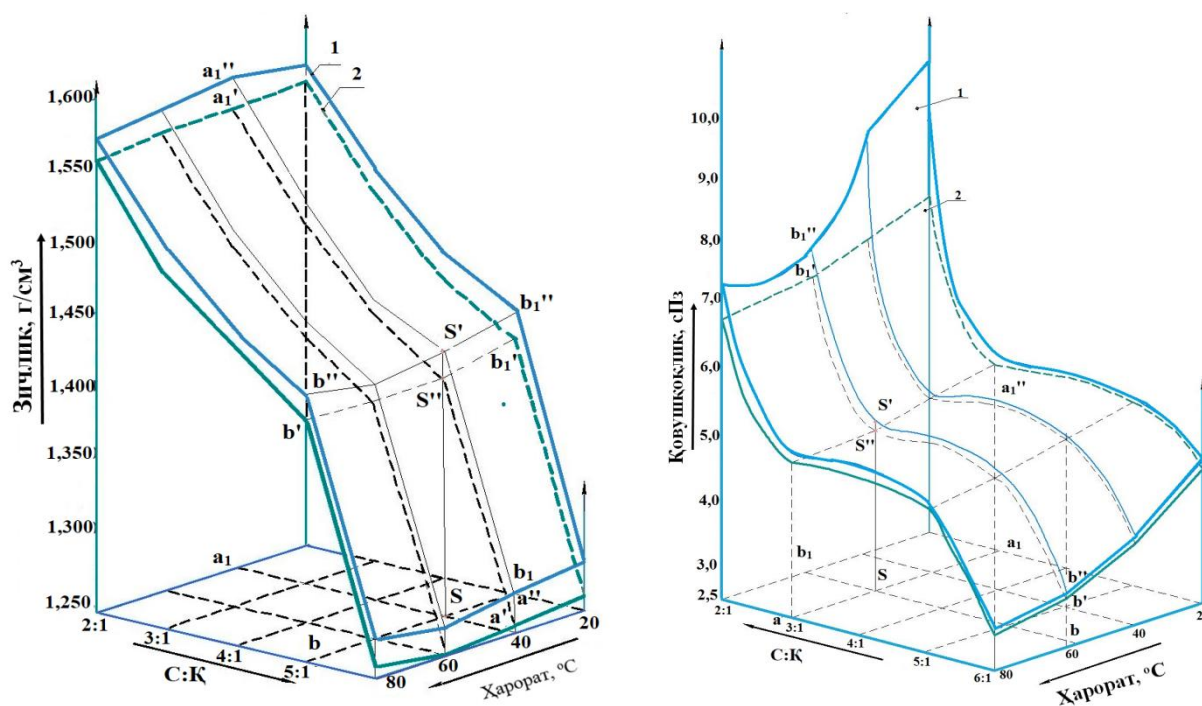
**3-расм. Сканерловчи электрон микроскопда фосфогипс тарбидаги элементларининг энергодисперс спектри ва миқдорий таркиби**

Экстракция ва филтрлаш жараёни учун ускуналар танлашда реакция оралик маҳсулотларини реологик хоссаларини ўрганиш муҳим бўлиб, шунинг учун биз суспензиянинг реологик хоссаларини С:Қ ва температурага боғлиқлиги ўрганиб чиқдик (3-жадвал).

Экстракцион суспензиядаги суюқ фазанинг С:Қ, ҳарорат ва  $P_2O_5$  миқдори ва боғлиқлиги

С:Қ	Зичлик, $г/см^3$				Қовушқоқлик, сПз (сек)			
	20 °С	40 °С	60 °С	80 °С	20 °С	40 °С	60 °С	80 °С
17% $P_2O_5$								
2:1	1,592	1,588	1,585	1,589	7,645	7,318	6,977	6,752
3:1	1,519	1,514	1,511	1,516	6,336	6,045	5,400	5,288
4:1	1,465	1,461	1,457	1,462	5,774	5,291	4,961	4,778
5:1	1,428	1,423	1,419	1,424	5,694	5,244	4,921	4,682
19,6% $P_2O_5$								
2:1	1,608	1,602	1,597	1,603	9,821	8,985	7,427	7,285
3:1	1,537	1,531	1,525	1,532	5,522	5,210	4,974	4,814
4:1	1,485	1,478	1,472	1,481	5,412	5,165	4,923	4,783
5:1	1,448	1,441	1,434	1,443	5,331	5,142	4,894	4,699
1:0	1,277	1,268	1,260	1,255				

Олинган маълумотлардан шу нарса келиб чиқадики, 20 °С ҳароратда С:Қ масса нисбатининг 2:1 дан 5:1 гача ошиши билан эритманинг зичлиги 1,398 дан 1,296  $г/см^3$  гача камайган. Ҳароратнинг 80 °С гача ошиши билан суспензия зичлиги 1,335 дан 1,275  $г/см^3$  гача камайиши кузатилди. Суспензиянинг қовушқоқлиги ҳароратга ва суспензиянинг С:Қ нисбатига қараб ҳам турлича бўлиб, у 9,821 дан 4,699 сПзга камайган.



4-расм. КЮҚКдан ЭФК олишда экстракцион бўтананинг зичлиги ва қовушқоқлигини  $P_2O_5$  миқдори, % 1-19,6; 2-17,0 бўлганда С:Қ ва ҳароратга боғлиқлигини аниқлаш номограммаси

4-расмдан кўриниб турибдики, ҳароратга қараб, эритманинг зичлиги С:Қ нисбатидан қатъий назар деярли тўғри чизиқли ўзгарди. С:Қ нисбатнинг ўзгариши билан суспензиянинг зичлиги 2-3:1 оралиғида кадамма-қадам ўзгариб, камайиш тезлиги 45 дан 82 кг/м<sup>3</sup> гача бўлди. Зичликнинг С:Қга нисбатан ўзгариш градиенти  $\Delta\rho/\Delta J:T = 82 \text{ (кг/м}^3\text{)}/ \text{(кг/кг)} = 82 \text{ кг/м}^3$ , 3-5:1 оралиқларда эса уларнинг таъсири ростланди (камайди) ва унинг градиенти 5,5 дан 10 кг/м<sup>3</sup> гача бўлганда фақат 11 дан 20 кг/м<sup>3</sup> гача бўлди.

Бундай кетма-кетликларни тизимнинг қовушқоқлиги ва зичлигини бошқа кўрсатилган шароитларида аниқлаш мумкин. Қийматнинг график таърифи жадвалли қийматдан фақат бир-биридан 3% фарқ қилади.

Лаборатория тажрибалари давомида тоза дикальций фосфат олиш учун биринчи қатлам фосфорит рудаси ва 56% нитрат кислота танлаб олинди. Фосфоритни нитрат кислота билан парчалаш бўтана циркуляциясиз 40 °С да олиб борилди. Реактордаги айланиш тезлиги 120-140 айл/мин, жараён давомийлиги 3 соатни ташкил қилди. Нитрат кислотали экстракт олиш жараёнида зичлиги 1,439 г/см<sup>3</sup> бўлган азот-кальций нитратли бўтана олинади. Бўтана вакуум насосда филтраб олинди ва С:Қ га ажратилди. Суюқ ва қаттиқ фазаларнинг нисбати 6,5:1 бўлиб, олинган суюқ фазанинг зичлиги 1,431 г/см<sup>3</sup> рН эса -0,72 ни ташкил қилди. Олинган бўтанадан тоза дикальций фосфат олиш учун босқичли аммонизациялаш олиб борилди.

Аммонизациялаш жараёнида 25% аммиакли сув ишлатилди ва ҳар бир босқичда ишчи эритманинг рН муҳити аммиакли сув қўшиш билан керакли рН гача назорат қилинди. Биринчи босқичда муҳитнинг рН қиймати 1,5-1,6; иккинчисида 2,0-2,1; учинчисида 2,5-2,8, тўртинчида 4,5 гача бўлиши керак.

Биринчи ва иккинчи босқичлардаги тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ишқорий, ишқорий ер ва уч валентли металлларнинг аммоний фосфатлари ҳосил бўлиши содир бўлади. Тўртинчи босқичда барча тажрибаларда тоза дикальций фосфат ҳосил бўлади.

Масс-спектрометрик таҳлил (ICP-MS) ёрдамида нитрат кислотали парчаланиш ва босқичма-босқич аммонизация жараёнида лой ва дикальций фосфатда ноёб ер, ишқорий, ишқорий-ер, камёб, оғир металллар ва актиний кичик гуруҳининг элементларини тақсимланиши ўрганилди. Лойқа таркибида камёб, ишқорий ва ишқорий ер элементлари миқдори 7,0-10 ва 2-6 марта кўп, оғир металллар Mn, Zn ва U дикальций фосфатга нисбатан мос равишда 4; 1,4 ва 2,7 марта кам эканлиги аниқланди, бу МҚнинг паст навли фосфоритларини мураккаб қайта ишлашда муҳим аҳамиятга эга.

Олинган барча қаттиқ моддаларнинг таркиби ва тузилишини ўрганиш учун рентген дифракцияси таҳлиллари ўтказилди. Рентген таҳлили Навоий кон-металлургия комбинатининг Марказий илмий-тадқиқот лабораториясида мавжуд бўлган юқори аниқликдаги энергодисперс рентген спектрометри Shimadzu EDX-7000/8000да амалга оширилди.

Дикальций фосфатдан айланма ТФК ва айланма пулпа аралашмаси билан тоза фосфор кислотаси ва тиббий мақсадлар учун соф фосфогипс олиш жараёнини ўрганаётганда, улар ДҚФ дан олинган қайта ишланган эритмалар

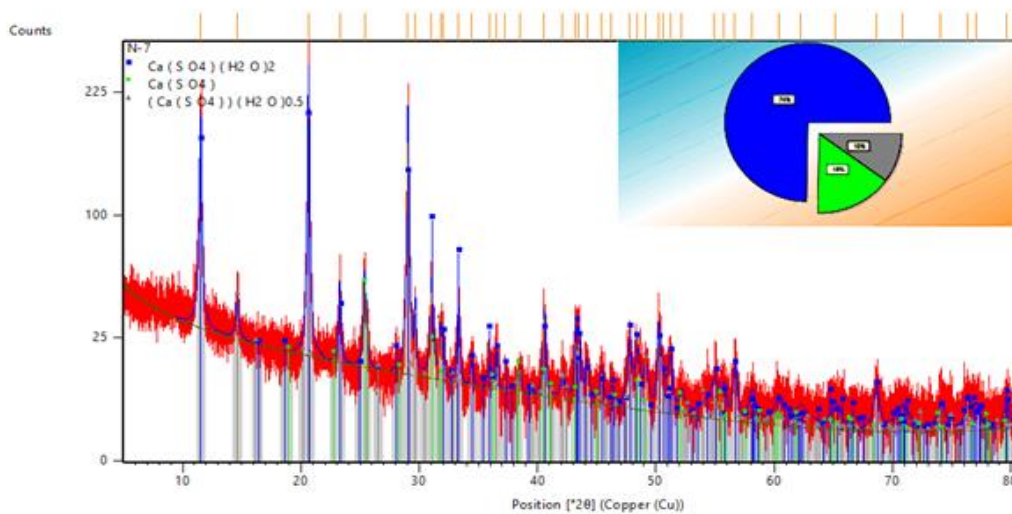
ёрдамида сув ва концентрациядан буғланиш орқали 17-25%  $P_2O_5$  концентрациясига, дикальций фосфат (масс. % )  $P_2O_5$  – 32,0; CaO – 32,8; ва ҳ.к. сульфат кислота концентрацияси 96% бўлганда лаборатория шароитида модел қурилмада амалга оширилди.

Дикальций фосфатнинг маълум миқдори 96%ли сульфат кислота билан ишлов берилиб ва 5 мин давомида 75-80 °С да айланма бўтана айланма ЭФК билан эритилди.

Шуни таъкидлаш керакки, айланма ЭФК таркибида  $P_2O_5$  25%дан ошиши билан филтрланиш тезлиги амалий жиҳатдан ўзгаришсиз қолади, бунда 1406,14-1461,83 кг/м<sup>2</sup>·с ораликларда ўзгаради, фарқи фақат 55 кг/м<sup>2</sup>·с,  $P_2O_5$  нинг таркибида 20-25% бўлган айланма эритмада ўзгаради.

Сульфат кислота нормаси ва айланма эритма концентрациясининг экстракция жараёнига таъсири ўрганилди. Сульфат кислота нормаси CaO га стехиометрик нисбатда 100-115% ни ташкил қилди. Қ:С нисбати ва экстракция давомийлиги мос равишда 1:3,5 ва 4 соатни ташкил этди. Уч босқичли ювиш амалга оширилди.

Фосфогипснинг рентген тасвирлари Shimadzu EDX-7000/8000 модели юқори аниқликдаги рентген флуоресцентли энергодисперс аппарати ёрдамида олинган (5-расм).



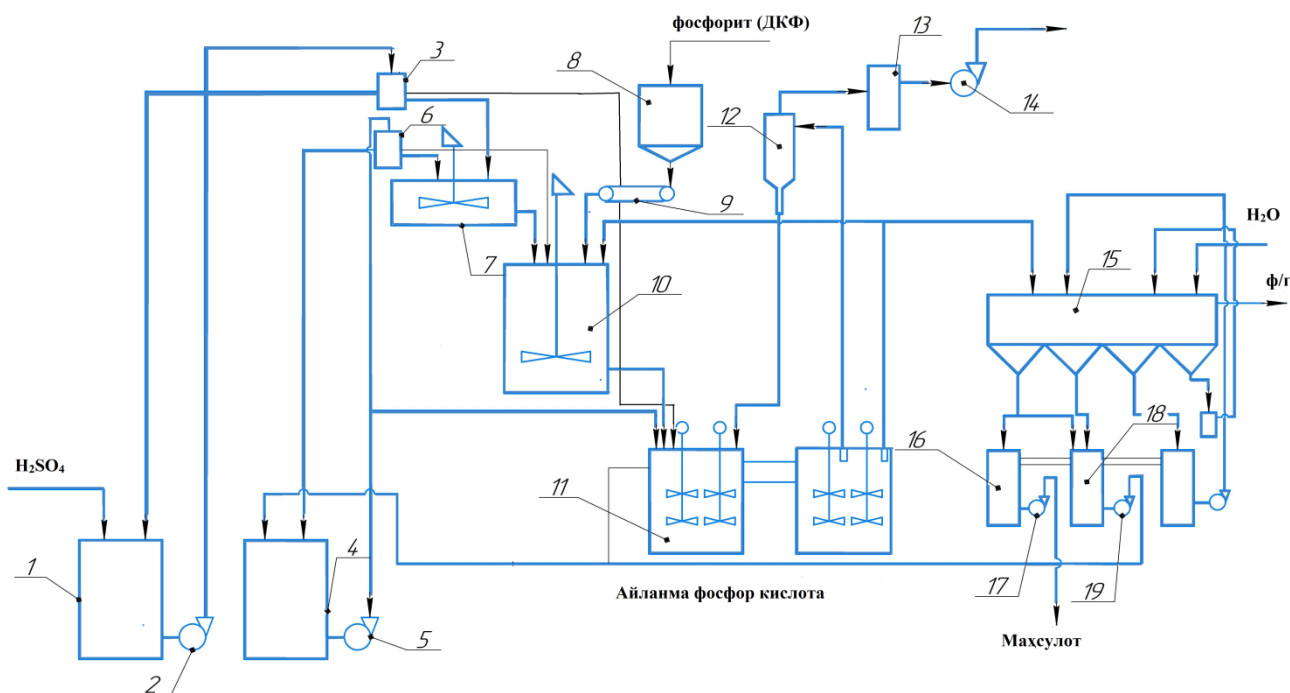
**5-расм. Фосфогипснинг рентгенография тасвири**

Кислота нормаси ўзгарганда ҳосил бўладиган эритмаларнинг филтрация тезлиги ҳар хил бўлиши аниқланди.

Диссертациянинг «**Фосфор кислотасини концентрлаш жараёнини ўрганиш ва тавсия этилган технологияни техник-иқтисодий асослаш**» деб номланган тўртинчи бобида саноат миқёсига мўлжаллаган модели қурилмада фосфор кислотасини олиш технологияси келтирилган ҳамда фосфор кислотасини концентрлаш жараёни ўрганилган. Таклиф этилаётган технология бўйича ишлаб чиқаришни ташкил этишнинг техник-иқтисодий ҳисоб-китоблари тўғрисида ҳам маълумотлар келтирилган.

Ўтказилган тадқиқотлар асосида КЮҚК ва ДКФ дан (ЭФК ва ТФК) ишлаб чиқаришнинг мослашувчан технологик схемаси таклиф этилди.





**6-расм. МКФ КЮКК ва ДКФдан дигидратли усулда экстракцион фосфор кислотаси олишнинг технологик схемаси**

1 – сульфат кислота сақлагич; 2,5 – марказдан қочма насос; 3,6 – йўналтирувчи дозаторлар; 4 – айланма фосфор кислота сақлагич; 7 – реактор аралаштиргич; 8 – фосфат хомашёсини сакловчи; 9 – лентали дозаторлар; 10 – форреактор; 11 – икки идишли экстрактор; 12 – буғлатгич; 13 – майда дисперс зарраларни тутгич; 14 – вакуум-насос; 15 – каруселли вакуум-фильтр; 16,18 – асосий филтрат ва айланма фосфор кислотаси учун барометрик йиғгичлар; 17,19 – марказдан қочма насослар.

Сақлагичдан (1) ҳисоблаб олинган 96%-ли сульфат кислота марказдан қочма насос (2) ва дозатор (3) ҳамда аниқ миқдордаги айланма эритма сақлагичдан (4) марказдан қочма насос (5) ва дозатор (6) ёрдамида суюлтиргичга (7) узатилади. Аралашмадаги сульфат кислота миқдори 56% меъёрида сақланади. КЮКК фосфорит хомашёси бункердан (8) лентали дозатор ёрдамида аралаштиргичдаги (7) кислота аралашмаси билан форреакторга (10) келиб тушади. Форреакторда декарбонизация жараёни амалга оширилади.

Қулай декарбонизация режимини таъминлаш учун маълум миқдорда айланма бўтана ҳам қўшилади. Ҳосил бўлган бўтана ўз-ўзидан биринчи экстрактор идишига тушади ва қолган айланма ЭФК миқдори С:Қ нисбати 3:1 сақлаб олиш учун ҳисобланади.

Экстракцион бўтананинг 80 °С дан юқори бўлмаган ҳароратда ушлаш учун ботирма насос пн.1 ёрдамида буғлатгич (12) амалга оширилади. Вакуумбуғлатгич (12) майда дисперс зарраларни тутгич (13) орқали боғланган вакуум насос (14) да яратилади.

Тайёр экстракцион бўтана ботирилган насос пн.2 орқали фосфогипсни учқарра ювадиган каруселли филтрга узатилади. 19 %  $P_2O_5$  дан кам бўлмаган ЭФК барометрик тайёр маҳсулот йиғичга (16) узатилади ва шу ердан аммофос ва бошқа мақсадлар учун жўнатилади.

(18) дан ювувчи сув марказдан қочма насос (19) орқали қайта айланма фосфат кислота йиғичга (4) ҳайдалади.

Каруселли филтлда (15) фосфогипс уч маротаба ювилади ва чиқиндига ташланади.

Дикальций фосфатдан тоза фосфор кислотаси олиш учун 6-расм технологик схемадаши жиҳозлардан фойдаланиш мумкин. Бироқ, дикальций фосфатдан ТФК олишда (4,5) ва (6) дан айланма ТФК қўлланилмайди, улар форреакторга (10) берилади, бу ерда ДКФ бир вақтнинг ўзида (8) ва (9) дан берилади. Ҳосил бўладиган бўтана биринчи экстрактор идишига тушади ва шу ернинг ўзида сульфат кислота дозатор (3) орқали тушади. Қолган барча жараёнлар юқорида қўлланилган жараён бўйича боради.

Буғлатиш жараёни лаборатория шароитида иссиқликка чидамли идишда ва иситиш тизими ёрдамида оғирлик усули билан амалга оширилди.

Буғлатиш жараёни якунига етгач, намуналардаги ҳисобланган сув миқдори  $P_2O_5$ ,  $SO_3$  ҳамда икки ва уч валентли металлларнинг Ca, Mg, Al ва Fe оксидлари учун таҳлил қилинди.

Буғлатилган ЭФК ва ТФКлар концентрациясининг технологик чегараларини аниқлаш учун  $P_2O_5$  таркибига ва уларнинг ҳароратига қараб уларнинг реологик хоссалари ўрганилди.

Маҳсулотларда ТФК концентрациясини тезкор аниқлаш ва ушбу жараёнларни масофадан бошқариш учун концентрланган кислоталарнинг концентрацияси ва ҳароратига қараб нурсиндириш ва электр ўтказувчанлигини билиш муҳимдир. Шунинг учун биз бу физик-кимёвий хоссаларни олинган намуналардан ўрганиб чиқдик.

Шуни таъкидлаш лозимки, ЭФК дан олинган таркибида  $P_2O_5$  45% бўлган буғлатилган фосфор кислотанинг бир хил шароитда электр ўтказувчанлиги ТФК дан олинган концентрланган фосфор кислотага нисбатан 2,9 марта катта эканлиги аниқланди.

Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, ишлаб чиқариш ва хомашё харажатларини ҳисобга олган ҳолда, 1 т 100%  $P_2O_5$  ташкил этади:

– КЮҚК дан ЭФК 4 302 821,7 сўм;

– паст навли фосфоритлардан дикальций фосфат, тақдим этилган маҳсулотлар таннархини ҳисобга олган ҳолда 2,704,402. 1 сўм;

– ДКФдан тоза фосфор кислота - 13 371 024,6 сўм.

Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатадики, ТФК, КЮҚК ва ДКФ дан олинган 1 тонна 100%  $P_2O_5$  концентрацияси билан 45%  $P_2O_5$  ЭФК ва ТФК қиймати мос равишда 12675191,06; 6166458,2 ва 18780912,92 сўмни ташкил этади

ДКФ дан олинган 1т 45% фосфор кислотасининг нархи ТФК ва КЮҚКдан олинган 45%ли фосфор кислотасидан 1,50 ва 3,01 марта қиммат,

КЮҚКдан олинган 1т 45%ли фосфор кислотаси нархидан 2,06 марта арзонроқдир.

## ХУЛОСА

«Куйдирилмаган Марказий Қизилқум фосфоритларидан экстракцион фосфор кислотаси олишнинг интенсив технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Турли нисбатларда сульфатли ва айланма ЭФК аралашмаси ёрдамида КЮҚК нинг декарбонизация жараёнини ўрганиш натижалари асосида ярим қуруқликдан суяқ кўпик массасига ўтган сульфат-фосфор кислота массасининг ҳолати аниқланди. 50 г фосфорит хом ашёсига 86 ва 56%ли сульфат кислотани қўллаш билан кўпик баландлиги 30 ва 18 мм ни ташкил этди, ҳамда декарбонизация даражаси 70-80% ни ташкил этди.

2. Олдиндан декарбонизацияланган КЮҚК дан ЭФК олишда 1-4 соат давомида айланма фосфор кислотаси таркибида 15,1-17,06%  $P_2O_5$  бўлган айланма ювиш суви билан ишлов берилди. Концентрацияси 17,06% ва Қ:С нисбатдаги 1:3,5 бўлган айланма эритма билан 4 соат экстракция қилинганда таркибида  $P_2O_5$  19,6% дан ортиқ ва унинг чиқиши 98%дан кам бўлмаган ЭФК олиниши аниқланди.

3. Кальций сульфат дигидрати кристалларининг гранулометриқ таркибига технологик параметрларнинг таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, экстракция жараёни давомийлигини 4 соатга ошириш ўртача диаметри 1000 мкм бўлган заррачаларни 14,5% га оширишни таъминлайди.

4. Паст навли МК фосфоритларидан нитрат кислотали парчалаш йўли билан азот-фосфор (NP) қаттиқ ва суяқ NCa ҳамда тоза дикальций фосфат олишда уч хил вариантдаги тўрт босқичли аммонизациялаш ўрганилди. Оптимал шароитда дикальций фосфатда  $P_2O_5$  нинг ҳосил бўлиши 76% гача эканлиги аниқланди.

5. Лаборатория шароитида модел қурилмада дикальций фосфатни сульфат, айланма ТФК ва бўтана ёрдамида парчалаш йўли билан тоза фосфор кислотаси олиш жараёни ўрганилди.

Айланма эритмада  $P_2O_5$  миқдори ортиши билан сульфат кислота нормаси, тайёр маҳсулот таркибида  $P_2O_5$  миқдори ва бўтананинг филтрланиш тезлиги ортиши аниқланди.

6. КЮҚК, ДҚФ, МК ТФК, оддий Каратау фосфорити ва Хибин апатит концентратидан ФК олиш учун ишлаб чиқилган технологияларнинг техно-аналитик кўрсаткичлари таққосланади. Юқорида айтиб ўтилган фосфорли материаллардан ФК олиш режимларини таққослаш шуни кўрсатадики, энг паст кальций модули дикальций фосфат ва апатит концентратида мос равишда 0,82 ва 1,32 га тенг бўлди.

7. Буғлатиш жараёнини масофадан бошқариш усулини ишлаб чиқиш учун хона ҳароратида  $P_2O_5$  таркибига қараб буғлатилган кислоталарнинг зичлиги, қовушқоқлиги, электр ўтказувчанлиги ва нур синиши ўзгариши тадқиқ қилинди. Олинган маълумотлардан шу нарса келиб чиқадики, масофадан бошқариш учун 20-60% концентрация оралиғида  $P_2O_5$  системанинг зичлиги ва электр ўтказувчанлиги,  $P_2O_5$  60% дан юқори концентрациясида эса қовушқоқлик ва нур синдириш қобилиятига нисбатан сезиларлидир.

8. Паст навли МҚ фосфоритлари, КЮҚК ҳамда ДКФ дан ЭФК, ТФК ишлаб чиқариш ва концентрлаш жараёнларининг моддий баланси ҳисобланди. Бунинг асосида техник-иқтисодий сметалар тузилди, натижада ЭФК ва ТФКнинг 1т 45% эритмасини нархи мос равишда 2774206,14 ва 8451410,81 сўмни ташкил этди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.12.2019.Т.20.03  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ  
КАРАКАЛПАКСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**  

---

**НАВОЙСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ХУРРАМОВ НАВРУЗБЕК ИБРАИМОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ  
НЕОБОЖЖЕННЫХ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ  
КЫЗЫЛКУМОВ**

**02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером B2020.4.PhD/T1920 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан**

Диссертация выполнена в Навоийском отделении Академии наук Республики Узбекистан.  
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен в веб-странице научного совета [www.karsu.uz](http://www.karsu.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** **Нурмуродов Тулкин Исамуродович**  
доктор технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** **Усанбаев Нажимуддин Халмурзаевич**  
доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Маденов Бердимурат Даулетмуратович**  
доктор философии по техническим наукам (PhD)

**Ведущая организация:** **Наманганский инженерно-технологический институт**

Защита диссертации состоится « 02 » февраля 2022 году в « 15<sup>00</sup> » часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.T.20.03 при Каракалпакском государственном университете по адресу: 230112, г. Нукус, ул. Ч.Абдирова, 1. Тел.: (99861) 223-60-47; факс: (99861) 223-60-78; e-mail: [karsu\\_info@edu.uz](mailto:karsu_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каракалпакского государственного университета (зарегистрирован за № 63). Адрес: 230112, г. Нукус, ул. Ч.Абдирова, 1. Тел.: (99861) 223-60-47.

Автореферат диссертации разослан « 15 » января 2022 года  
(реестр протокола рассылки №1 от « 15 » января 2022 года)



**Реймов А.М.**  
Председатель научного совета по  
присуждению ученой степени, д.т.н.,  
профессор

**Курбаниязов Р.К.**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученой степени, к.т.н.,  
доцент

**Туремуратов Ш.Н.**  
Председатель научного семинара при  
Научном совете по присуждению  
ученой степени, д.х.н.

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире в настоящее время обострилась проблема продовольственного обеспечения, обусловленная высокими темпами роста населения, сокращением природных ресурсов, таких как пахотно пригодных земель и запасов пресной воды. В связи с этим в решении продовольственной программы огромную роль играет увеличение объемов производства фосфорсодержащих удобрений. Для этого до недавнего времени Казахстанские фосфориты Каратау покупались Узбекистаном за валюту. Это, в свою очередь, приведет к росту цен на фосфорные удобрения и их неконкурентоспособности на мировом рынке.

В мире ведутся научные исследования по разработке комплексных технологий переработки низкосортных фосфоритов химическими методами при производстве минеральных фосфорных удобрений. В связи с этим особо актуальным являются исследования процесса повышения перехода  $P_2O_5$  в фосфатный концентрат из забалансовых руд и шламовых отходов, с применением различных методов обогащения, разложения низкосортных фосфоритов под действием минеральных кислот с получением NPK-удобрений, чистых фосфорсодержащих солей, оптимальных условий получения экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) из необоженного мытого сушеного концентрата (НМСК), а также моно- и диаммоний фосфатов на его основе.

В республике выполнен ряд научно-практических работ по разработке технологий получения фосфорных удобрений из фосфоритов Центрального Кызылкума (ЦК) с применением кислотной и термической обработки. В третьем направлении стратегии развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы отмечены важные задачи, направленные на «...развитие технологий производства новой продукции на основе глубокой переработки местного сырья, подъем производства по качеству на новый уровень, модернизацию и ускоренное развитие сельского хозяйства...»<sup>1</sup>. В связи с этим, важным является развитие технологий получения азотно-фосфорных минеральных удобрений, повышающих плодородие почв и урожайность растений.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургических предприятий» и ПП-3983 от 25 октября 2018 года

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».

«О мерах по ускорению развития химической промышленности Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** В мире ведутся обширные исследования по изучению процесса получения фосфорных кислот из различных фосфоритовых руд.

В мировой практике значительный вклад в развитие основ по получению ЭФК внесли ученые Копылев Б.А., Борисов И.М., Хлебодарова Э.В., Классен П.В., Шуб Б.И. Туманов Д.Н., Feng Y., Feng J., Liux., Wang Y., Lu T., Nassar M., Намазов Ш.С., Эркаев А.У., Султанов Б.Э., Мирзакулов Х.Ч., Ушарова Л.Б., Шуб Б.И., Дынкина А.В. Джураев Ф.Х., Киличов О.К., Шаймардонов Ш.С., Эгамбердиев А.К., Нурмуродов Т.И. и др.

Потребность отраслей народного хозяйства Узбекистана в неорганических солях нитрата кальция, фосфатов кальция и аммония высока и удовлетворяется за счет импорта этих продуктов за валюту.

Исходя из вышеизложенного, следует, что создание научных основ высокоэффективной и интенсивной технологии получения экстракционной фосфорной кислоты с приемлемыми технико-экономическими показателями на основе не полностью обогащенных фосфоритов Центрального Кызылкума, является весьма актуальной задачей и основным направлением научных изыскательских работ в области переработки низкокачественных высококарбонатных зернистых фосфоритов.

**Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана прикладных научно-исследовательских работ Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан на тему: ФЗ-202001051 – «Разработка технологии получения экстракционной фосфорной кислоты из необогащённых фосфоритовых руд Центрального Кызылкума».

**Целью исследования** является разработка технологии получения концентрированной фосфорной кислоты из необожжённых и низкосортных фосфоритов Центрального Кызылкума.

**Задачи исследования:**

исследование процесса декарбонизации НМСК смесью серной и фосфорной кислотой;

определение оптимальных технологических параметров процесса получения ЭФК на основе декарбонизированного НМСК ЦК;

исследование влияния технологических параметров процесса получения ЭФК на гранулометрический и минерологический состав фосфогипса;



разработка технологической схемы получения экстракционной фосфорной кислоты;

изучение влияния стадийной аммонизации азотно-кислотной вытяжки из низкосортных фосфоритов на распределение  $P_2O_5$ , редкоземельных, щелочных и щелочноземельных металлов между продуктами и полупродуктами процесса;

исследование процесса получения очищенной фосфорной кислоты из дикальций фосфата;

исследование процесса получения упаренных фосфорных кислот из ЭФК НМСК и ЧФК ДКФ;

изучение реологических свойств растворов и пульп, образующихся в процессе получения дикальцийфосфата и концентрированных фосфорных кислот.

**Объектом исследования** являются низкосортные и необогащенные фосфориты ЦК, минеральные кислоты.

**Предметом исследования** является комплексный, качественный и количественный анализ фосфоритовых руд и получение упаренных фосфорных кислот из необогащенных и низкосортных фосфоритов ЦК.

**Методы исследования.** При выполнении диссертационной работы использовались ИК-спектроскопия, термография, рентгенография, электронная микроскопия и другие сложные физико-химические методы исследования.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

впервые доказана возможность получения ЭФК из НМСК ЦК и установлена зависимость влияния технологических параметров экстракции на техно-аналитические показатели процесса;

создана научная основа процесса получения чистой фосфорной кислоты из низкосортных фосфоритов ЦК путем азотнокислотного разложения, стадийной аммонизации с получением дикальций фосфата и экстракция чистых фосфорных кислот после сернокислотного разложения;

исследован процесс получения чистой фосфорной кислоты путём разложения дикальций фосфата смесью серной, оборотной ЧФК и циркулирующей пульпы;

установлены основы процесса концентрирования низкоконцентрированных фосфорных кислот путем анализа научных данных процесса получения упаренных фосфорных кислот с концентрациями  $P_2O_5$  45 и 72% из НМСК и ДКФ.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана эффективная технология получения ЭФК путем сернокислотного разложения НМСК, которая позволит расширить сырьевые ресурсы фосфоритных материалов для получения ЭФК и снизить себестоимость полученных продуктов.

разработана безотходная технология комплексной переработки низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов с получением твердых

и жидких NP и NCa удобрений и дикальций фосфата на основе применения концентрированной чистой фосфорной кислоты с содержанием  $P_2O_5$  72%, открывающая возможность организации получения концентрированных полифосфатных и жидких удобрений.

Установлены оптимальные технологические параметры процесса получения ЭФК на основе необожжённых фосфоритов ЦК.

**Достоверность полученных результатов исследования.** Результаты химических и физико-химических анализов (рентгенографический, дифференциально-термический, микроскопический, изотермический) подтверждены лабораторными опытами и опытными испытаниями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обоснована проведением химических, физико-химических и технологических исследований процессов кислотного разложения НМСК и низкосортных фосфоритов ЦК с получением концентрированных чистых фосфорных кислот, которые являются теоретической основой для установления механизма кислотного разложения различных типов фосфоритов, а также физико-химического процесса упарки фосфорных кислот.

Практическая значимость результатов заключается во внедрении разработанной технологии в практику, позволяющей производить чистые импортозамещающие и экспортоориентированные концентрированные фосфорные кислоты, пригодные для получения кормовых фосфатов и других чистых фосфорных солей, это послужит расширению предприятий, производящих удобрения с фосфорсодержащими материалами.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке интенсивной технологии получения экстракционной фосфорной кислоты из необожжённых фосфоритов:

способ получения кормового преципитата (патент на изобретение от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан IAP 06592, 2021г.). В результате показана возможность получения чистого дикальция фосфата из низкосортных фосфоритов ЦК;

технология получения ЭФК на основе необожжённых фосфоритов ЦК внедрена в практику на СП АО «Электрохимзавод» (справка СП АО «Электрохимзавод» №217 от 16.11.2021 г.). В результате создана возможность расширить состав важных для народного хозяйства соединений и тем самым получить одно из основных сырьевых материалов для производства минеральных удобрений.

технология получения чистого дикальций фосфата из низкосортных фосфоритов ЦК внедрена в практику на СП АО «Электрохимзавод» (справка СП АО «Электрохимзавод» №217 от 16.11.2021 г.). В результате был получен удобрительный фосфат аммония и кальция с составами N-12,15 %;  $P_2O_5$ —15,1 % и CaO-25,5 %, а также обесфторированный дикальцийфосфат с кальциевым модулем 0,82.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были доложены и обсуждены на 9 республиканских и 2 международных научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 18 научных работ, из них 1 патент на изобретение Республики Узбекистан, 5 научных статей, в том числе 3 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 112 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, излагаются научная новизна и практические результаты, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, указана степень внедрения результатов в практику, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Современное состояние производства экстракционной фосфорной кислоты»** представлены процесса получения экстракционной фосфорной кислоты из разных видов фосфатного сырья, механизм разложения фосфоритовых руд с помощью серной кислоты, интенсификация процесса получения ЭФК.

Обобщение литературных данных позволило сформулировать цель диссертационной работы, заключающуюся в разработке состава и технологии получения ЭФК из необожженных фосфоритов ЦК.

Исследование этих вопросов представляет значительный теоретический и практический интерес, позволяющий познать механизм реагирующих компонентов, выяснить оптимальные технологические параметры получения ЭФК из необожженных фосфоритов ЦК.

Во второй главе диссертации **«Обоснование объектов исследования и методики проведения экспериментов»** приведены состав и свойства объектов исследования, методы проведения экспериментов, а также методики химических анализов.

В третьей главе диссертации **«Экспериментальная часть. Исследование процесса экстракции  $P_2O_5$  из низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов»** приведены результаты процесса получения ЭФК из необожженных и низкосортных фосфоритов ЦК.

Для лабораторных исследований были выбраны фосфориты ЦК: руда с первого пласта; кек - образующийся на стадии промывки при термическом обогащении.

Для проведения экспериментальных работ была использована 96%-ная серная кислота и 15%-ная циркулирующая ЭФК. Экстракцию фосфорной кислоты из кека проводили при температуре 80 °С. Образцы фосфорита вводили в циркулирующий раствор ЭФК, затем смешивали с добавлением в нее расчётного количества серной кислоты, так, как это описано в химических реакциях.

На втором этапе, в качестве циркулирующего раствора использовали ЭФК из АО «Аммофос-Максам» с содержанием 15,1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Поэтому, предварительно было изучено влияние концентрации серной кислоты на их смеси с оборотной циркулирующей ЭФК.

Как видно из табл. 1 с повышением доли оборотной ЭФК в системе температур, при повышении от 20 до 103 °С, одновременно со снижением содержания серной кислоты от 96 до 56%, меняется их плотность от 1,835 до 1,542 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1

Влияние соотношения кислот на основные параметры получения смеси кислот

№	Соотношения m H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / m ЭФК	Содержание H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> в смеси кислот, %	Температура смеси кислот, °С	Плотность смеси кислот, г/см <sup>3</sup>	Состояние пульпы
1.	1:0	96	20	1,835	Полусухая
2.	8,6:1	86	72,5	1,745	Влажная
3.	3,8:1	76	91	1,689	Подвижная
4.	2,2:1	66	98	1,612	Жидкотекучая
5.	1,4:1	56	103	1,542	Пенная

Как показали результаты исследования процесса декарбонизации НМСК с использованием серной кислоты при различных концентрациях, полученных разбавлениями фосфорита в 96%-ной серной кислоте, в смеси с оборотными фосфорными кислотами, снижение содержания серной кислоты в системе от 96 до 56%, плотность серной кислоты колебалась в интервалах от 1,542 до 1,835 г/см<sup>3</sup>, и состояние серно-фосфорнокислотной массы переходила от полусухой до жидкотекучей пенной массы. Высота пены достигала 30 и 18 мм, соответственно, при применении 96 и 56%-ной серной кислоты на 50 г фосфоритного сырья, степень декарбонизации достигала более 70-80%.

Из анализа вышеперечисленных экспериментальных исследований было установлено, что наиболее оптимальным является опыт в 5-м варианте (табл. 1), где при соотношении: серная кислота: ЭФК=1,4:1, количество израсходованной серной кислоты было наименьшим и составляло 56%.

Также представлены результаты экспериментальных работ, выполненных при использовании экстракционной фосфорной кислоты, привезенной из АО «Аммофос-Максам» в качестве циркулирующего

раствора. После добавления оборотной ЭФК, определяли количество ЭФК, образующуюся в процессе и на каждой стадии процесса промывки с параллельным определением влажности фосфогипса и скорости фильтрации

После обработки образцов фосфорита серной кислотой и циркулирующей ЭФК была проведена вакуумная фильтрация (0,4 – 0,6 бар) для разделения пульпы на жидкие и твердые фазы. Установлено, что скорости фильтрации растворов, образующихся при изменении кислотной нормы, были различными и варьировали от 68,45 до максимального повышения - 7017,06 кг/см<sup>2</sup>·с., что обусловлено снижением содержания H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в смеси кислот. Эта закономерность сохранялась и на стадии промывки осадка. На стадии промывки были использованы промывные воды с содержанием 12; 6 и 0% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> при соотношении кислота: НМСК=2,7:1. На каждой стадии промывки масса промывочных вод и содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> увеличивалась.

Изучали влияния продолжительности экстракции Ж:Т в реакционной пульпе, содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в оборотной ЭФК на степень выхода P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в продукте, грансостав в фосфогипсе и скорость фильтрации серно-фосфорно кислотной экстракционной пульпы.

Как выяснилось из полученных результатов, применение оборотной ЭФК с концентрацией 15,0-16,20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> позволило получить ЭФК с содержанием 17,18-18,31% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Применение оборотной кислоты, с концентрацией 17,06% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> привело к получению ЭФК с содержанием 19,59% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, соответственно. Производительность фильтрации фосфорнокислотной суспензии из гипса при увеличении содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в оборотной ЭФК составляла от 15,0 до 17,06% и скорость фильтрации снижалась от 7669,84 до 1225,73 кг/(м<sup>2</sup>·час).

При создании одинаковых условий с повышением продолжительности процесса экстракции от 1 до 4 часов, выход P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> увеличивался от 86 до 96% при содержании P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в оборотном ЭФК 15,1%, с дальнейшим повышением концентрации до 16,2, выход ЭФК затем постепенно снизился на 2%.

Таблица 2

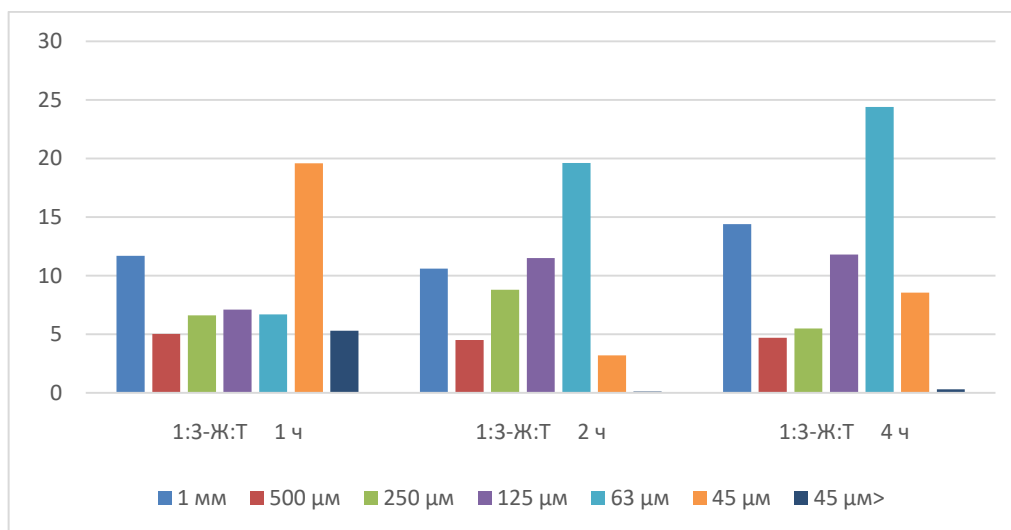
Результаты анализа состава примесей в экстракционной фосфорной кислоте и фосфогипсе

№ оп ыт ов	Врем я реакц ии, ч	Соо тно шен ие Т:Ж	Содер. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в оборот ной ЭФК	Содержание компонентов, масс. %								Выход P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
				Экстракционная фосфорная кислота				Фосфогипс				
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	F	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	F	
1	1	1:3	15,1	16,35	0,20	4,42	0,91	2,83	34,26	44,12	0,92	81
2	2	1:3	15,1	16,6	0,32	3,11	1,09	1,54	30,07	41,17	0,35	92
3	4	1:3	15,1	17,18	0,33	3,58	1,10	0,74	33,35	48,05	0,36	96
4	1	1:3	16,20	17,75	0,36	6,60	0,91	7,73	33,62	47,04	1,67	61
5	2	1:3	16,20	18,28	0,39	2,69	1,11	6,12	29,21	43,94	1,09	65
6	4	1:3	16,20	18,31	0,37	2,69	1,19	1,91	27,0	46,61	0,44	94
7	2	1:3,5	17,06	19,59	0,33	2,94	1,21	1,99	33,64	44,88	0,33	90
8	4	1:3	17,06	20,1	0,30	2,71	1,20	1,71	33,4	44,67	0,35	98,5

Концентрация оборотной ЭФК сильно влияет на скорость фильтрации. Повышение содержания  $P_2O_5$  в оборотной ЭФК на 1,1% приводит к снижению скорости основной фильтрации в 3-6 раз. Необходимо отметить, что скорость фильтрации при первой промывке снижалась в 3-4 раза, чем основная и значительно повышалась на второй и третьей стадии фильтрации, чем на первой, которая обеспечивалась при снижении температуры процесса промывки минимум на 20-40 °С.

Вышеуказанные аналитические и реологические показатели процесса, в первую очередь, зависят от гранулометрического состава и структуры кристаллов. Влажность продуктов после фильтрации составила 35,37-37,0, а содержание  $P_2O_5$  в высушенном фосфогипсе колебалась в пределах от 0,74 до 7,73%. Данные показатели, в первую очередь, зависели от гранулометрического состава и структуры кристаллов.

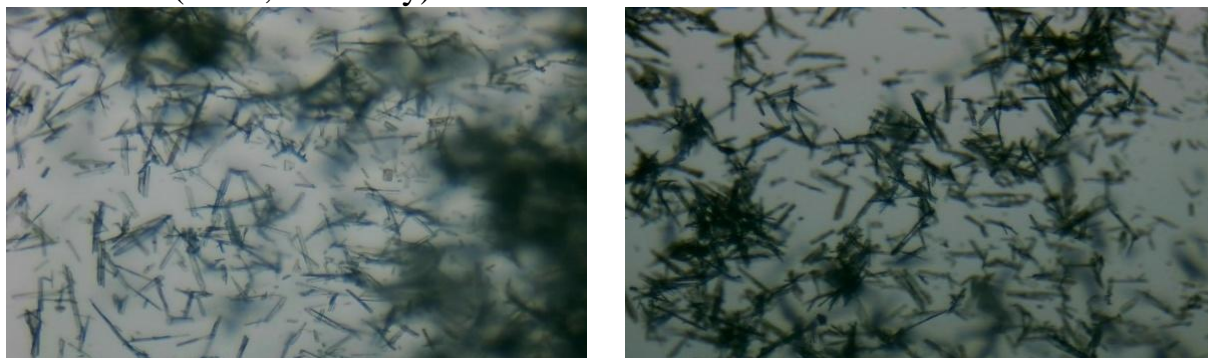
Для определения грансостава продуктов были использованы аналитические вибрационные машины серии AS 200, управляемые электромагнитным приводом EP 0642844. При этом установлено, что во всех образцах содержались частицы со средними диаметрами, от 45 до 1000 мкм. Преобладающим является наличие в продукте частиц диаметром 63 мкм (рис.1), где доля таких частиц при продолжительности процесса в течение 1, 2 и 4 часа составляло 6,7; 19,6 и 24,4% соответственно.



**Рис. 1. Влияние технологических параметров процесса на гранулометрический состав кристаллов дигидрата сульфата кальция при Ж:Т =3:1 и продолжительности экстракции 1, 2 и 4 часа.**

Из рис. 1 видно, что при увеличении продолжительности экстракции, увеличивается содержание частиц диаметром 1000 мкм одновременно со снижением доли частиц размером 45 мкм, от 19,58 до 3,2%. При продолжительности процесса, длительностью 2 ч и при 4 часовой экстракции, доля частиц размером 25 мкм снижалась от 8,8 до 5,5 и увеличивалась доля частиц размером 45 мкм от 3,2 до 8,55%.

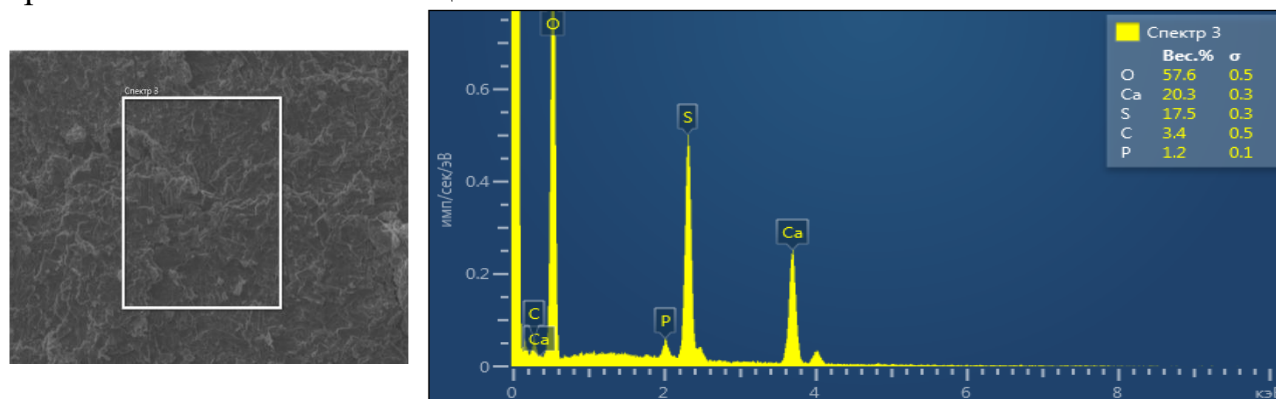
Для определения морфологии кристаллов и их размеров применяли оптический (NLSD-307B) и сканирующий электронный микроскоп SEM-EVOMA10 (Zeiss, Germany).



**Рис. 2. Морфологическое строение и размер частиц фосфогипса**

В изученных интервалах варьирования технологических параметров из рисунка 2 видно, что длина частиц достигала  $P_{a4}$ -1,627 мм, а по форме они образовали длинные игольчатые кристаллы дигидрата сульфата кальция.

Электронно-микроскопические (SEM) исследования также показали (рис. 3), что осадки фосфогипса, в основном, состоят из Ca, S и P в количестве 20,3; 17,5 и 1,2 %, соответственно. Как показывают микроскопические анализы, в составе осадков встречались отдельные тонкие кристаллы небольшой толщины.



**Рис. 3. Энергодисперсионный спектр и количественный состав элементов фосфогипса на сканирующем электронном микроскопе**

При подборе оборудования для проведения процесса экстракции и фильтрации необходимо изучить реологические свойства промежуточных продуктов реакции и поэтому нами проведено изучение реологических свойств суспензии в зависимости от Ж:Т и температуры (таб. 4).

Из полученных данных следует, что с увеличением массового соотношения Ж:Т от 2:1 до 5:1 при температуре 20 °С, плотность раствора снижалась с 1398 до 1296 кг/м<sup>3</sup>.

С увеличением температуры до 80 °С, плотность суспензии уменьшалась с 1,335 до 1,275 г/см<sup>3</sup>. Вязкость суспензии при этом также изменялась в

зависимости от температуры и соотношения Ж:Т суспензии, которая уменьшалась с 9,821 до 4,699 сПз.

Таблица 4

Реологические свойства экстракционной суспензии в зависимости от Ж:Т, температуры и содержания  $P_2O_5$  в жидкой фазе

Ж:Т	Плотность, кг/м <sup>3</sup>				Вязкость, сПз (сек)			
	20 °С	40 °С	60 °С	80 °С	20 °С	40 °С	60 °С	80 °С
17% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>								
2:1	1,592	1,588	1,585	1,589	7,645	7,318	6,977	6,752
3:1	1,519	1,514	1,511	1,516	6,336	6,045	5,400	5,288
4:1	1,465	1,461	1,457	1,462	5,774	5,291	4,961	4,778
5:1	1,428	1,423	1,419	1,424	5,694	5,244	4,921	4,682
19,6% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>								
2:1	1,608	1,602	1,597	1,603	9,821	8,985	7,427	7,285
3:1	1,537	1,531	1,525	1,532	5,522	5,210	4,974	4,814
4:1	1,485	1,478	1,472	1,481	5,412	5,165	4,923	4,783
5:1	1,448	1,441	1,434	1,443	5,331	5,142	4,894	4,699
1:0	1,277	1,268	1,260	1,255				

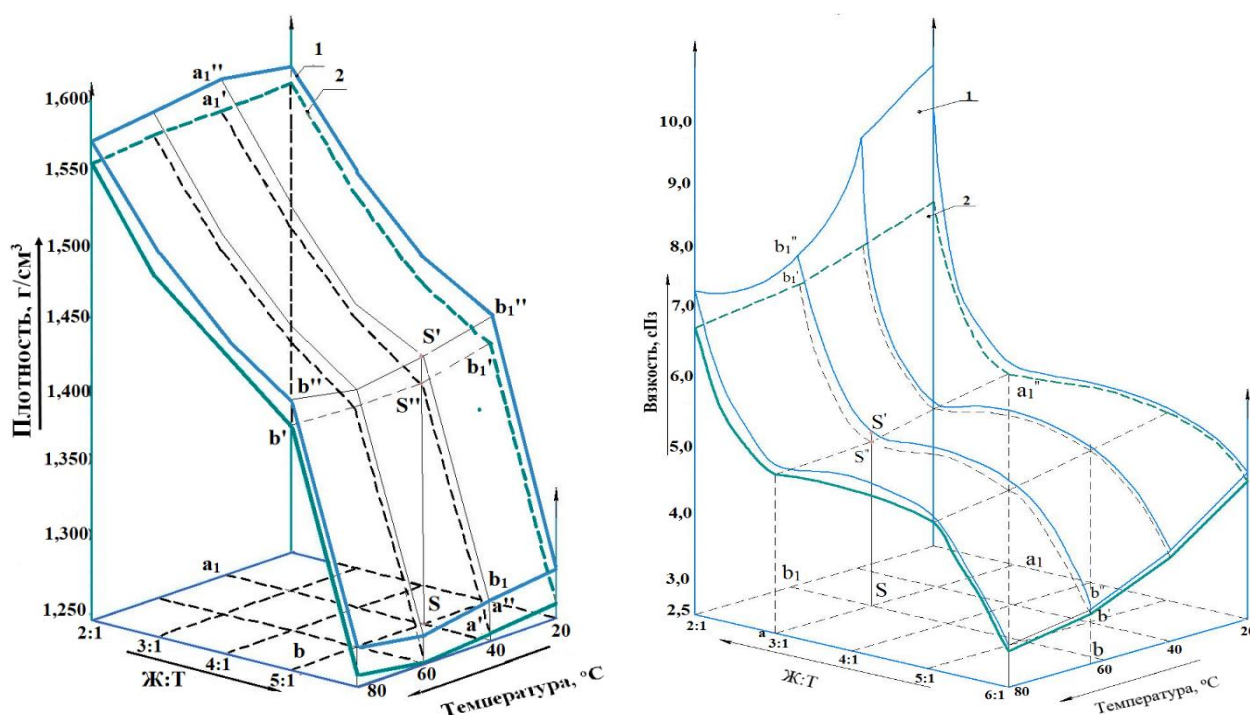


Рис. 4. Номограмма определения плотности и вязкости экстракционной пульпы при получении ЭФК из НМСК в зависимости от Ж:Т и температуры, при содержании  $P_2O_5$ , масс. %: 1-19,6; 2-17,0

Как видно из рис. 4, в зависимости от температуры, плотность раствора изменялась практически прямолинейно, независимо от соотношения Ж:Т. С изменением Ж:Т плотность суспензии изменялась ступенчато в интервалах 2-3:1, скорость уменьшения составляла от 45 до 82 кг/м<sup>3</sup>. Градиент изменения плотности относительно Ж:Т равен  $\Delta\rho/\Delta\text{Ж:Т} = 82 \text{ (кг/м}^3\text{)} / \text{(кг/кг)} = 82 \text{ кг/м}^3$ , а



в интервалах 3-5:1 их влияние нивелировалось (уменьшается) и составляло всего лишь от 11 до 20 кг/м<sup>3</sup>, где его градиент составлял от 5,5 до 10 кг/м<sup>3</sup>.

Такие последовательности можно определить и в других заданных условиях вязкости и плотности системы. Графическое определение значения отличается всего лишь  $\pm 3\%$  от табличного значения.

В ходе лабораторных экспериментов для получения чистого дикальцийфосфата, была выбрана фосфоритовая руда первого пласта и азотная кислота с концентрацией 56%. Разложение фосфорита осуществлялось азотной кислотой, без циркуляции пульпы при 40 °С. Скорость перемешивания в первом реакторе составила 120–140 об/мин, продолжительность процесса заняло 3 часа. В процессе получения азотно-кислотной вытяжки получается азот-кальций-нитратная пульпа с плотностью 1,439 г/см<sup>3</sup>. Пульпа фильтровалась в вакуумном насосе и отделялась на Ж:Т. Соотношение жидкой и твердой фазы составило 6,5:1, плотность полученной жидкой фазы была равна - 1,431 г/см<sup>3</sup>, а рН - 0,72. Из полученной пульпы проводили стадийную аммонизацию для получения чистого дикальцийфосфата.

В процессе аммонизации использовали 25% аммиачную воду и на каждой стадии аммонизации контролировали рН рабочего раствора с добавлением аммиачной воды до предела рН среды. На первой стадии рН среда должна быть равной 1,5-1,6; на второй - 2,0-2,1; в третьей 2,5-2,8; в четвертой доводится до 4,5.

Как показывают исследования в первой и второй стадиям, происходит образование аммонийных фосфатов щелочных, щелочноземельных и трехвалентных металлов. На четвертой стадии во всех опытах образуется чистый дикальцийфосфат.

С применением масс-спектрометрического анализа (ICP-MS) было исследовано распределение редкоземельных, щелочных, щелочноземельных, благородных, тяжелых металлов и элементов подгруппы актиния в шламе и дикальций фосфате при азотнокислотном разложении и стадийной аммонизации. Установлено, что содержание редкоземельных, щелочных и щелочноземельных элементов в шламе в 7,0-10 и 2-6 раза больше, а тяжелых металлов Mn, Zn и U в 4; 1,4 и 2,7 раза соответственно меньше, чем дикальцийфосфат, который важен при комплексной переработке низкосортных фосфоритов ЦК.

Для изучения состава и структуры всех полученных твердых веществ был проведен рентгеноструктурный анализ. Рентгенографический анализ проводился на высокоточном энергодисперсионным рентгеновском спектрометре Shimadzu EDX-7000/8000, имеющийся в Центральной научно-исследовательской лаборатории Навоийского горно-металлургического комбината.

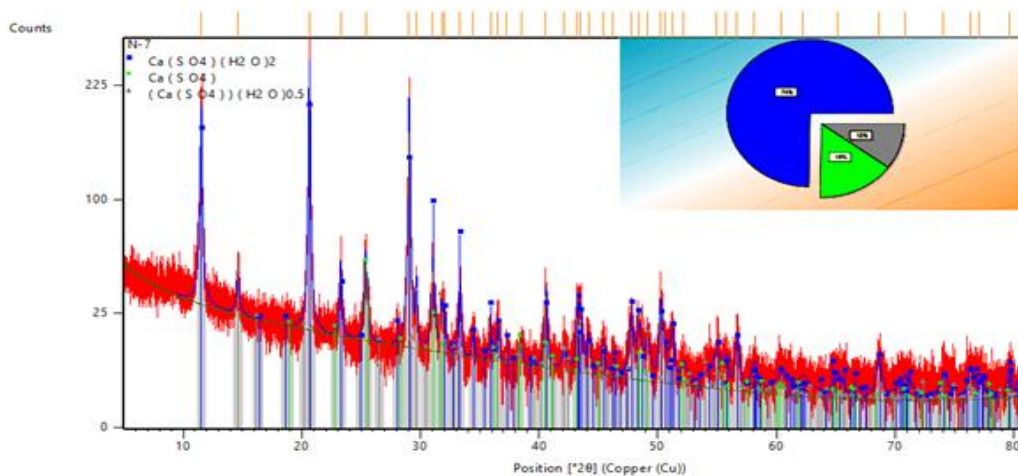
При исследовании процесса получения чистой фосфорной кислоты (ЧФК) и чистого фосфогипса медицинского назначения из дикальцийфосфата смесью оборотной ЧФК и циркулирующей пульпой, в

лабораторных условиях проводились на модельной установке с использованием оборотных растворов, полученных из ДКФ с использованием воды и концентрированием упаркой до концентрации 17-25%  $P_2O_5$ , дикальцийфосфатом с содержанием (масс. %)  $P_2O_5$  – 32,0;  $CaO$  – 32,8; и др. с использованием серной кислоты, концентрацией 96%. Определенное количество дикальцийфосфата обрабатывали 96%-ной серной кислотой, разбавляли оборотной ФК, и циркулирующей пульпой в течении 5 мин при 75-80°C.

Необходимо отметить, что с увеличением содержания  $P_2O_5$  в оборотной ЭФК более 25%, скорость фильтрации практически остаётся неизменной, она колеблется в интервалах 1406,14-1461,83 кг/м<sup>2</sup>·ч, разница составляет всего лишь 55 кг/ м<sup>2</sup>·ч, в интервалах  $P_2O_5$  в оборотном растворе, содержащем 20-25%.

Изучали влияние нормы серной кислоты и концентрацию оборотного раствора на процесс экстракции. Норма серной кислоты варьировала от 100 - 115% от стехиометрии на  $CaO$ . Соотношение Т:Ж и продолжительность экстракции составляла 1:3,5 и 4 ч соответственно. Проводили трехстадийную промывку.

Получены рентгенографические снимки фосфогипса на высокоточном рентгенофлуоресцентном энергодисперсном аппарате модели Shimadzu EDX-7000/8000 (рис. 5).



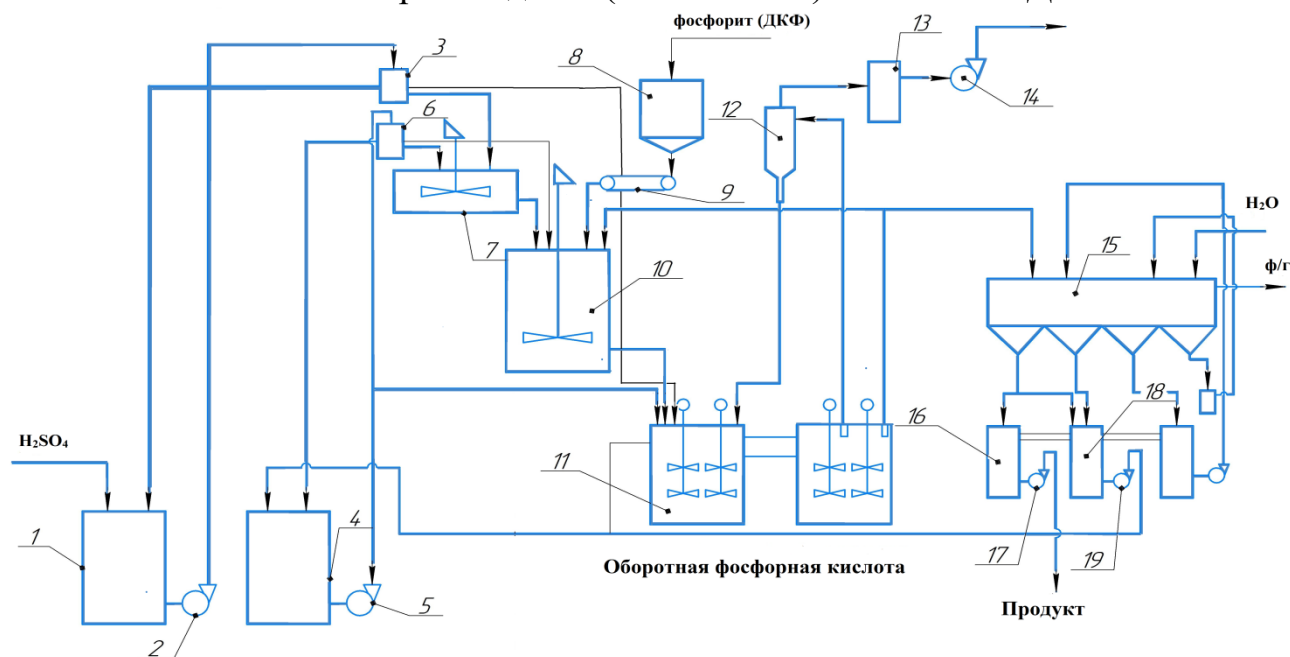
**Рис. 5. Рентгенографический снимок фосфогипса**

Установлено, что скорости фильтрации растворов, образующихся при изменении кислотной нормы, различны.

В четвертой главе диссертации **«Исследование процесса концентрирования фосфорных кислот и технико-экономическое обоснование предложенной технологии»** представлена технология получения фосфорных кислот на модельной установке, имитирующей промышленные условия и процесса концентрирования фосфорных кислот. Приведены также сведения по технико-экономическим расчетам

подтверждающие целесообразность организации производства по предложенной технологии.

На основании проведённых исследований предложена гибкая технологическая схема производства (ЭФК и ЧФК) из НМСК и ДФК.



- 1 – хранилище серной кислоты; 2,5 – центробежный насос; 3,6 – целевые дозаторы; 4 – хранилище оборотной фосфорной кислоты; 7 – реактор смеситель; 8 – бункер фосфатного сырья; 9 – ленточный весовой дозатор; 10 – форреактор; 11 – двухбанковый экстрактор; 12 – испаритель; 13 – брызгоуловитель; 14 – вакуум-насос; 15 – карусельный вакуум-фильтр; 16,18 – барометрические сборники для основного фильтрата и оборотной фосфорной кислоты; 17,19 – центробежные насосы

**Рис. 6. Технологическая схема производства экстракционной фосфорной кислоты в дигидратном процессе из НМСК ФЦК и ДКФ**

Расчетное количество 96%-ной серной кислоты из хранилища (1) с помощью центробежного насоса (2) и целевого дозатора (3) перекачивают на разбавитель (7), куда также поступает расчетное количество оборотной ЭФК из сборника (4) с помощью центробежного насоса (5) и целевого дозатора (6). Содержание  $H_2SO_4$  в смеси поддерживается на уровне 56%. Фосфоритное сырье НМСК из бункера (8) с помощью ленточного целевого дозатора (9) поступает на форреактор (10), куда поступает расчетное количество смеси кислот из смесителя (7). В форреакторе протекает процесс декарбонизации.

Для обеспечения мягкого режима декарбонизации также добавляется определенное количество циркулирующей пульпы. Полученная текучая пульпа самотёком поступает в первую банку экстрактора, а оставшееся количество оборотной ЭФК по расчету для поддержания соотношения Ж:Т = 3:1.

Для поддержания температуры экстракционной пульпы при температуре не более 80 °С, циркуляция последней от второй банки к первой с помощью погружного насоса поз. пн1 через испаритель (12). В вакуумиспаритель (12), создается с помощью вакуумного насоса (14), соединённого через брызгоуловитель (13).

Готовая экстракционная пульпа с помощью погружного насоса поз. пн2 подается к карусельному вакуум-фильтру (15), где трёхкратно промывают фосфогипс. Производственная ЭФК с концентрацией не ниже 19%  $P_2O_5$  поступает в барометрический сборник готового продукта (16) и оттуда отправляется на производство аммофоса или для других целей.

Промывную воду от (18) с помощью центробежного насоса (19) перекачивают в промежуточный сборник оборотной фосфорной кислоты (4).

Фосфогипс на карусельном вакуум-фильтре (15) трижды промывают и выбрасывают в отвал.

Для получения чистой фосфорной кислоты (ЧФК) из дикальцийфосфата также можно использовать оборудование, показанное на технологической схеме на рис. 6. Однако, при получении ЧФК из дикальцийфосфата (7) не используется оборотная ЧФК из (4,5) и (6) поступают на форреактор (10), куда одновременно из (8) и (9) поступает ДКФ. Полученная суспензия самотёком поступает на первую банку экстрактора и туда же поступает серная кислота через целевой дозатор (3). Остальная стадия протекает так, как описано выше при применении НМСК.

Процесс упарки проводили весовым методом в лабораторных условиях с использованием термостойкого стакана и нагревательной установки.

После завершения упарки, расчетное количество воды в образцах анализировали на содержание  $P_2O_5$ ,  $SO_3$  и оксидов двух и трех валентных металлов Ca, Mg, Al и Fe.

Для определения технологических пределов концентрации, упаренных ЭФК и ЧФК, изучали их реологические свойства в зависимости от содержания  $P_2O_5$  и их температуры.

Для экстренного определения концентрации ЧФК в продуктах и дистанционного управления этими процессами, важно знать светопреломление и электропроводимость концентрированных кислот в зависимости от их концентрации и температуры. Поэтому, нами изучены эти физико-химические свойства из полученных образцов.

Необходимо отметить, что электропроводимость упаренной фосфорной кислоты с содержанием 45%  $P_2O_5$ , полученной из ЭФК при одинаковых условиях в 2,9 раза больше, чем у концентрированной фосфорной кислоты, полученной из ЧФК.

Расчеты показали, что с учетом затрат на производство и сырьевые материалы согласно расчету, себестоимость 1т 100%-ной  $P_2O_5$  составляет

- ЭФК из НМСК 4 302 821,7 сум;

- Дикальцийфосфата из низкосортных фосфоритов, с учетом стоимости данных продуктов 2 704 402,1 сум;

- Чистой фосфорной кислоты из ДКФ - 13 371 024,6 сум.

Как показывают расчеты стоимости 1 т 100%  $P_2O_5$  с концентрации 45%  $P_2O_5$  ЭФК и ЧФК, полученных из ТФК, НМСК и ДКФ составляют 12 675 191,06; 6 166 458,2 и 18 780 912,92 сум соответственно.

Стоимость 1т 45%-ной фосфорной кислоты, полученной из ДКФ в 1,50 и 3,01 раза дороже, чем получение 45%-ной фосфорной кислоты, полученной из ТФК и НМСК, а 1т 45%-ной фосфорной кислоты из НМСК 2,06 раза дешевле, чем ТФК соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Разработка интенсивной технологии получения экстракционной фосфорной кислоты из необожженных фосфоритов Центральные Кызылкумов» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. На основе результатов исследования процесса декарбонизации НМСК с использованием смеси серной и оборотной ЭФК при различных соотношениях, определены состояние серно-фосфорнокислотной массы, которая переходила от полусухого до жидкотекучей пенной массы. Высота пены составила 30 и 18 мм, соответственно, при применении 96 и 56%-ной серной кислоты на 50 г фосфоритного сырья, а степень декарбонизации достигала более 70-80%.

2. При получении ЭФК, предварительно декарбонизированной НМСК, репульпировали обратным раствором промывных вод с содержанием  $P_2O_5$  в обратном фосфорнокислом растворе 15,1-17,06%  $P_2O_5$  в течение 1-4 часов. Установлено, что при применении обратного раствора с концентрацией 17,06% и соотношения Т:Ж 1:3,5 в течение 4 часов экстракции, получается продукционная ЭФК с содержанием более 19,6%  $P_2O_5$  и выходом не менее 98%  $P_2O_5$ .

3. Изучение влияний технологических параметров на гранулометрический состав кристаллов дигидратсульфата кальция показало, что повышение продолжительности процесса экстракции до 4 ч обеспечивает увеличение среднего диаметра частиц 1000 мкм до 14,5%.

4. Изучены три варианта четырехстадийной аммонизации азотнокислотной вытяжки низкосортных фосфоритов ЦК с получением азото- фосфорной (NP) твердой и NCa жидкой и чистого дикальций фосфата. Установлено, что при оптимальных условиях выход  $P_2O_5$  в дикальций фосфат составляет до 76%.

5. Исследован процесс получения чистой фосфорной кислоты путём разложения дикальций фосфата смесью серной, оборотной ЧФК и циркулирующей пульпой, в лабораторных условиях на модельной установке.

Установили, что с увеличением содержания  $P_2O_5$  в оборотном растворе и нормы серной кислоты, содержания  $P_2O_5$  в готовом продукте и скорость фильтрации пульпы увеличивалась.

6. Сравнены техно-аналитические показатели разработанной технологии получения ФК из НМСК, ДФК, ТФК ЦК, рядового Каратауского фосфорита и Хибинского апатитового концентрата. Сравнения режимов получения ФК из вышеуказанных фосфорсодержащих материалов показывают, что самый низкий кальциевой модуль проявляется у дикальцийфосфата и апатитового концентрата, который равен 0,82 и 1,32 соответственно.

7. Исследованы изменения плотности, вязкости, электропроводности и светопреломления упаренных кислот в зависимости от содержания  $P_2O_5$  в системе при комнатных температурах для разработки методики дистанционного управления процессом упарки. Из полученных данных вытекает, что для дистанционного управления в интервалах концентрации 20-60%  $P_2O_5$  более чувствительны к плотности и электропроводимости системы, а при более 60%  $P_2O_5$  вязкости и светопреломлению.

8. Рассчитан материальный баланс производства и концентрирования ЭФК, ЧФК из НМСК низкосортного фосфорита ЦК, а также из ДКФ. На основе этого произведены технико-экономические расчеты, в результате которой себестоимость 1 т 45% раствора ЭФК и ЧФК составила 2774206,14 и 8451410,81 сум соответственно.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE  
PhD.03/30.12.2019.T.20.03. AT KARAKALPAK STATE UNIVERSITY**

---

**NAVOI BRANCH OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE  
REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

**KHURRAMOV NAVRUZBEK IBRAIMOVICH**

**DEVELOPMENT OF INTENSIVE TECHNOLOGY FOR OBTAINING  
EXTRACTION PHOSPHORIC ACID FROM UNFIRED PHOSPHORITES  
OF CENTRAL KYZYLKUMS**

**02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis**

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
TECHNICAL SCIENCES**

**Nukus – 2022**





## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** the aim is to develop a technology for obtaining concentrated phosphoric acid from unburned and low-grade phosphorites of the CK.

**Subject of the research work is** It is a complex, qualitative and quantitative analysis of phosphorite ores and the production of evaporated phosphoric acids from unburned and low-grade phosphorites of the CK.

**The scientific novelty of the research** is as follows:

for the first time, the possibility of obtaining WPPA from NMSC CK has been proved and the regularity of the influence of extraction technological parameters on the techno-analytical indicators of the process has been established;

the scientific basis of the process of obtaining pure phosphoric acid from low-grade phosphorites of the CK by nitric acid decomposition, stage-by-stage ammonification to obtain dicalcium phosphate and extraction of pure phosphoric acids after sulfuric acid decomposition of the latter, which is the scientific basis for obtaining pure phosphoric acid from various grades of phosphate materials, has been created;

the process of obtaining pure phosphoric acid by decomposition of dicalcium phosphate by a mixture of sulfuric, recycled BFC and circulating pulp is investigated;

by analyzing the scientific data of the process of obtaining evaporated phosphoric acids with concentrations of 45 and 72%  $P_2O_5$  from NMSC and DKF, the theoretical foundations of the process of concentrating low-concentrated phosphoric acids have been established;

**Implementation of research results.**

Based on the obtained scientific results on the development of an intensive technology for the production of extraction phosphoric acid from unburned phosphorites of the Central Kyzylkum developed:

a method for obtaining feed precipitate (patent for invention from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan IAP 06592, 2021). As a result, it is possible to obtain pure dicalcium phosphate from low-grade phosphorites of the Central Committee.

the technology of obtaining EFC based on unburned phosphorites of the Central Committee has been put into practice at the joint venture JSC «Electrochemzavod» (Certificate of the JV JSC «Electrochemzavod» №217 dated 16.11.2021). As a result, the possibility of expanding the composition of the initial compounds important for the national economy has been created and thus one of the main raw materials for the production of mineral fertilizers has been obtained.

the technology of obtaining pure dicalcium phosphate from low-grade phosphorites of the Central Committee in practice at the joint venture JSC «Electrochemzavod» (Certificate of the JV JSC «Electrochemzavod» №217 dated 16.11.2021). As a result, a fluorinated pure dicalcium phosphate was obtained.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 112 pages of computer text.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И. Изучение процесса азотно-кислотного разложения при получении дикальция фосфата из необоженных фосфоритов Центральных Кызылкумов // Химическая технология. Контроль и управления. – Ташкент, 2019. – №4-5 (88-89). – С. 67-70 (02.00.00; №10).

2. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Бозорова Н.Н., Каримова З.У. Изучение реологических свойств растворов и пульп, образующихся в процессе получения дикальцийфосфата // Химическая технология. Контроль и управления. – Ташкент, 2020. – №3 (93). – С. 5-10 (02.00.00; №10).

3. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У. Исследование процесса получения экстракционной фосфорной кислоты из мытых высушенных фосфоритов // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – Москва, 2021. – №2(83). – С. 71-76 (02.00.00; №1).

4. Хуррамов Н.И. Влияние технологических параметров на интенсификацию процесса получения экстракционной фосфорной кислоты // Научный вестник НамГУ. – Наманган, 2021. – №7. – С. 86-91 (02.00.00; №18).

5. Khurramov N. Studying the Process of Obtaining Purified Phosphoric Acid from Dycalcium Phosphate // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 8. – Issue 7. – July, 2021. ISSN: 2350-0328 (02.00.00; №8).

6. Патент РУз № IAP 06592. Способ получения кормового преципитата / Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У., Кучаров Б.Х., Хусенов К.Ш., Турсунова С.У. Хуррамов Н.И. // Опул. в Бюл. изобр. 31.10.2019 г. – №10.

**II бўлим (II часть; part II)**

7. Шонаярова Ш.И., Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Кучаров Б.Х., Эркаев А.У. Исследование процесса получения экстракционной фосфорной кислоты из необоженного мытого сушеного фосфоконцентрата Центрального Кызылкума // Сборник материалов I Международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях». – Фергана, 2019. – С. 288-291.

8. Khurramov N., Nurmurodov T. Calcium Phosphates by Direct Acidulation of Phosphate Rock // XVI International forum-contest of students and young researchers «Topical issues of rational use of natural resources». – Saint-Petersburg, 2020. – pp. 162-163.

9. Хуррамов Н.И., Минаковский А.Ф., Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У. Исследование процесса получения экстракционной фосфорной кислоты из

необожжённых фосфоритов Центральных Кызылкумов // Инновационные материалы и технологии – 2021. Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых. – Минск, 2021. – С. 518-520.

10. Хуррамов Н.И., Куйлиева Ш.Дж., Ахтамова М.З. Куйдирилмаган Марказий Қизилкум фосфоритларини нитрат кислотали парчалаш жараёнини тадқиқ қилиш // «XXI аср – интеллектуал ёшлар асри» мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси. – Тошкент, 2019. – 247-248 б.

11. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И. Изучение процесса азотно-кислотного разложение при получении дикальция фосфата из низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов // «O`zbekistonning sanoatlashgan hududlarida barqaror taraqqiyot masalalar» mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to`plami. – Navoiy, 2019. – 8-9 б.

12. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И. Получение дикальция фосфата из необожженных фосфоритов Центральных Кызылкумов // Сборник научных трудов Международная конференция молодых ученых на тему: «Наука и инновации». – Ташкент, 2019. – С. 265-266.

13. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Тошназаров В.Ж. Изучение химического, реологического и спектрального анализа веществ, образующихся в процессе получения дикальций фосфата // Материалы научно-практической конференции на тему: «Современное состояние и перспективы науки о функциональных полимерах». – Ташкент, 2020. – С. 357-358.

14. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Олжаев Д.Н. Бойитилмаган фосфоритларни кислотали парчалаш жараёнида олинган қаттиқ моддаларни рентгенографик таҳлиллари // «Олий таълим сифатини такомиллаштиришда инновацион ҳамкорликнинг долзарб масалалари» мавзусидаги Халқаро илмий онлайн-конференция материаллари. – Навоий, 2020. – 234-235 б.

15. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У. Куйдирилмаган кек фосфоритдан экстракцион фосфор кислотаси олишни тадқиқ қилиш // «Кимёнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани. – Тошкент, 2021. – 196-197 б.

16. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У. Экстракцион фосфор кислотаси олишда масса ўзгариши билан борадиган жараёнларни ўрганиш // «Кимёнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани. – Тошкент, 2021. – 445 б.

17. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И. Экстракцион фосфор кислотаси олишда ҳосил бўладиган бўтқанинг реологик хоссаларни ўрганиш // «Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Халқаро олимлар иштирокидаги Республика илмий-амалий анжумани. – Тошкент, 2021. – 619 б.

18. Khurramov N., Nurmurodov T., Erkaev A., Kucharov B. Investigation of the Characteristics of the Obtained Extraction Phosphoric Acid and Phosphogypsum from Unfired Phosphorites // International Journal of Modern Agriculture. ISSN: 2305-7246. – Vol. 10. – Issue 2. – Month 2021.

Автореферат «Қорақалпоқ давлат универистети Хабаршысы» журналы  
нашриётида таҳрирдан ўтказилди  
(13.01.2022 йил).

**«Miraziz Nukus» JShJ baspaxanasında basıldı**  
Ózbekstan Respublikası baspa sóz hám xabar agentliginiń  
2018-jil 16-maydaǵı № 11–3059 licenziyası.  
Kólemi 2,75 baspa tabaq. Qaǵaz kólemi 60x84 1/16  
Buyırtpa №6-22. Jámi 60 nusqa