

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 РАҚАМЛИ КЕНГАШИ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ – ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ЗИКИРОВ ХУСАН АЛИҚУЛОВИЧ**

**МАРКАЗИЙ ҚИЗИЛҚУМ ФОСФОРИТЛАРИНИ СУЛЬФАТ  
ВА НИТРАТ КИСЛОТАЛАР БИЛАН АЗОТФОСФОР- ВА  
АЗОТФОСФОРКАЛИЙЛИ МУРАККАБ ЎҒИТЛАРГА  
ҚАЙТА ИШЛАШ**

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

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

**Тошкент - 2025**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Зикиров Хусан Алиқулович**

Марказий Қизилқум фосфоритларини сульфат ва нитрат кислоталар билан азотфосфор- ва азотфосфоркалийли мураккаб ўғитларга қайта ишлаш..... 3

**Зикиров Хусан Алиқулович**

Переработка фосфоритов Центральных Кызылкумов серной и азотной кислотой на комплексные азотфосфор- и азотфосфоркалийсодержащие удобрения ..... 21

**Zikirov Khusan Aliqulovich**

Processing of Central Kyzylkum phosphorites with sulfuric and nitric acids into complex nitrogen-phosphorus and nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 43

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 РАҚАМЛИ КЕНГАШИ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ – ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ЗИКИРОВ ХУСАН АЛИҚУЛОВИЧ**

**МАРКАЗИЙ ҚИЗИЛҚУМ ФОСФОРИТЛАРИНИ СУЛЬФАТ  
ВА НИТРАТ КИСЛОТАЛАР БИЛАН АЗОТФОСФОР- ВА  
АЗОТФОСФОРКАЛИЙЛИ МУРАККАБ ЎҒИТЛАРГА  
ҚАЙТА ИШЛАШ**

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

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

**Тошкент - 2025**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2024.3.PhD/T4829 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.ionx.uz](http://www.ionx.uz)) va «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Мирзакулов Холтура Чориевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий аннонентлар:**

**Сейтгазаров Атаназар Рейишазарович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Шамшидинов Исраилжон Тургунович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Фаргона давлат техника университети**

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 рақамли Илмий кенгашнинг «21» август 2025 йил соат 14<sup>00</sup> - даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (99871) 262-79-90; e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (84 - рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо-Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60), факс: (99871) 262-79-90

Диссертация автореферати 2025 йил «07» август куни тарқатилди.  
(2025-йил «07» августдаги 84 - рақамли реестр баённомаси).



**Усанбаев Н.Х.**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., проф.

**Шукуров Ж.С.**

Илмий даражаларни берувчи илмий  
кенгаш котиби, т.ф.д., проф.

**Намазов Ш.С.**

Илмий даражаларни бериш бўйича  
илмий кенгаш илмий семинар раиси,  
т.ф.д., профессор, академик

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги вақтда дунё аҳолиси тез суръатларда кўпайиб бораётганлиги сабабли, уларни озик-овқат маҳсулотлари билан таъминлаш вазифаси янада долзарб бўлиб бормоқда. Бу муаммони ҳал этишда қишлоқ хўжалиги экинларидан юқори сифатли ҳосил олишда қўлланиладиган кимёвий маҳсулотлар, айниқса ноорганик ўғитлардан самарали фойдаланиш талаб этилади. Ҳосилдорликни ошириш учун қишлоқ хўжалиги экинларини озуқа компонентлари юқори бўлган ўғитлар билан тўлиқ таъминлаш ва уларнинг турини кенгайтириш, яъни турли хил фосфат хомашёларидан комплекс фосфорли – NPSCa- ва NPK-ли ўғитлар ишлаб чиқариш технологиясини яратиш катта аҳамиятга эга.

Жаҳон миқёсида барча ривожланган мамлакатларда фосфорит хомашёси заҳираларини қидириш, унинг физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш, ўрнини босувчи хомашё заҳираларини қидириш, кислотали комплекс қайта ишлаш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада фосфорит ва нитрат кислотага асосланган турли азот, фосфор, калийли ўғитларни ишлаб чиқариш жараёнларини такомиллаштириш; паст навли бойитилмаган фосфорит хомашёси (БФХ) ва ювиб куйдирилган фосконцентратларни (ЮКФК) комплекс қайта ишлаш орқали турли хил таркибли NPSCa- ва NPK-ли ўғитлар ишлаб технологиясини яратиш; ЮКФК асосида олинган фосфорли ўғитларнинг таркиби, реологик хоссалари ва баъзи физик-кимёвий хусусиятларини аниқлаш (зичлик, ёпишқоқлик, филтрланиш тезлиги, парчаланиш коэффициенти, Қ:С фазалар нисбати, нитрат ва сульфат кислоталар нисбати ҳамда меъёрларининг реологик хусусиятларга ва парчаланиш коэффициентига таъсири); маҳсулотнинг товар хоссалари ва тузли таркибини аниқлаш; фосфоритлардан олинган нитросульфофосфатли эритмалар асосида NPSCa- ва NPK-ли ўғитларини олиш алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикада Марказий Қизилқум (МҚ) фосфоритларидан оддий ва комплекс фосфорли ўғитлар ва фосфор кислотаси тузларини олиш борасида муҳим илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясининг учинчи йўналишида «миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлашга қаратилган саноат сиёсатини амалга оширишни давом эттириш, ялпи ички маҳсулотда саноатнинг улушини ошириш ва саноат ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 баробарга ошириш...»<sup>1</sup> га қаратилган муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада МҚнинг фосфоритларини нитрат кислота билан парчалаш орқали таркибида турлича секин таъсир қилувчи ва сувда эрийдиган фосфорли ҳамда суюқ азот-кальцийли ўғитлар (САКУ) импорт ўрнини босувчи ва экспортга мўлжалланган NPSCa- ва NPK-ли ўғитларни ишлаб чиқаришнинг комплекс, ресурстежамкор технологияларини яратиш бўйича илмий тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сон «2022-2026 йилларда Янги Ўзбекистонни тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси” тўғрисидаги, 2023 йил 12 октябрдаги ПФ-169 сон “Саноат ва унинг базавий тармоқларини жадал ривожлантириш бўйича қўшимча чоратadbирлар тўғрисида”ги, 2022 йил 1 мартдаги 91-сонли Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг “Минерал ўғитлар хавфсизлиги тўғрисидаги техник регламентни тасдиқлаш ҳақида”ги, 2022 йил 15 декабрдаги 753-сон “Кимё саноати учун инновацион кимё ишлаб чиқариш ва таълим кластерини ташкил этиш чора-таadbирлари тўғрисида”ги шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация таdqикоти муайян даражада хизмат қилади.

**Таdqикотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур таdqикот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Илмий-техник адабиётларда турли хил фосфат хомашёларини, жумладан  $P_2O_5$ -га бой апатитлар ва кимёвий ҳамда минералогик таркиблари билан бир-биридан фарқ қиладиган турли навли фосфоритларни минерал кислоталар билан қайта ишлаб фосфорли ўғитлар олиш бўйича кенг материаллар мавжуд ва ушбу таниқли олимлар: М.Е.Позин, В.Ф.Кармышов, Б.А.Дмитревский, С.П.Кочетков, И.А.Петропавловский (Россия), М.Т.Молдабеков (Қозоғистон), К.Горазда, М.Банач (Польша), Zhenyi Liu (Хитой), Давид Ж. W. Грант (Буюк Британия), М.Н.Набиев, Б.М.Беглов, Ш.С.Намазов, С.Тўхтаев, С.М.Тожиев, А.У.Эркаев, Х.Ч.Мирзакулов, И.Т.Шамшидинов, А.Р.Сейтназаров, А.М.Реймов, Т.И.Нурмуродов, Н.В.Волынскова, У.К.Алимов (Ўзбекистон) ва бошқалар улкан ҳисса қўшишган.

Уларнинг ишлари асосан фосфоритларни турли минерал кислоталар билан парчалаш йўли билан ЭФК, бирламчи ва мураккаб фосфорли ўғитлар, ҳамда тоза фосфор кислотаси тузларини олишга қаратилган. МҚ ЮКФКни нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаш орқали таркибидаги фосфогипсни ажратиш орқали сувда эрийдиган фосфорли ҳамда суюқ азот-кальцийли ўғитлар (САКУ) импорт ўрнини босувчи, экспортбоп NP- ва NPK-ли ўғитлар тўғрисида маълумотлар жуда кам.

Бундан ташқари яна шуни таъкидлаш жоизки, сифати паст бўлган МҚ бойитилмаган фосфорит уни ва ЮКФКни нитрат ва сульфат кислоталари иштирокида қайта ишлаб таркибидаги фосфогипсни ажратмасдан ва ажратган ҳолатда аралаш фосфорли – NPSCa- ва NPK-ли ўғитлари олишнинг чиқиндисиз ва ресурстежамкор технологияларини ишлаб чиқиш бўйича илмий-таdqикот ишлари етарли даражада мавжуд эмас.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-таdqикот муассасининг илмий-таdqикот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация таdqикоти Тошкент кимё-технология институтини илмий-

тадқиқот ишлари режасининг ИЗ-20170929716 «Марказий Қизилқум ювиб куйдирилган фосконцентратини бойитиш технологиясини тажриба-саноат шароитида ўзлаштириш» (2018-2019 йй.) мавзусидаги инновацион лойиҳаси асосида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** МҚ фосфоритларини нитрат ва сульфат кислота иштирокида парчалаб фосфогипсни ажратмасдан ва ажратиш орқали донаторланган мураккаб NPSCa- ва NPK-ли ўғитларга қайта ишлашнинг комплекс, ресурстежамкор технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

МҚ фосфоритларини нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаб нитросульфосфатли бўтқалар олиш жараёнини ўрганиш, оптимал технологик кўрсаткичларини аниқлаш;

кислота бўтқасининг кимёвий таркибини, бўтқанинг реологик хусусиятларини, кислота бўтқани газсимон аммиак билан аммонизациялаш жараёнини тадқиқ қилиш;

аммонизацияланган бўтқанинг кимёвий таркиби ва реологик хусусиятларини аниқлаш;

нитросульфосфатли ўғитларнинг физик-кимёвий ва товар хоссаларини аниқлаш;

МҚ БФХ ва ЮКФКнинг нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида, кислоталарнинг турли нисбатларида парчалаш жараёнининг оптимал технологик параметрлари аниқлаш;

кислотали бўтқадан фосфогипсни ажратиб олишда филтрланиш тезлигига технологик кўрсаткичлар таъсирлари аниқлаш;

ажратиб олинган азотфосфорли эритма (АФЭ)нинг кимёвий таркибини, реологик хусусиятларини, газсимон аммиак билан аммонизациялаш жараёнларини аниқлаш;

ажратиб олинган АФЭдан донатор NPSCa- ва NPK-ли ўғитларни олиш жараёнининг оптимал технологик параметрларини аниқлаш;

МҚ-нинг БФХ, ЮКФК ва КБФКларини нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаб, донаторланган NPSCa- ва NPK-ли ўғитлари ҳамда САКУ олишнинг моддий балансини тузиш ва принципиал технологик схемасини ишлаб чиқиш;

Ишлаб чиқилган технология асосида олинган NPSCa- ва NPK-ли ўғитларининг техник-иқтисодий самарадорлигини асослаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида МҚ БФХ ва ЮКФК, нитрат кислота, сульфат кислота, газсимон аммиак, калий хлор, нитрат, сульфатлар, NPSCa- ва NPK-ли ўғитлари ва САКУ олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни МҚ фосфоритларини нитрат ва сульфат кислоталари иштирокида парчалаб олинган донаторланган NPSCa- ва NPK-ли ҳамда суюқ азоткальцийли ўғитларга комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш ташкил этган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида кимёвий ва физик-кимёвий (рентгенографик, ИҚ-спектроскопик, сканерловчи электрон микроскопия) таҳлил усулларидадан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

МҚ БФХ ва ЮКФКни нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаш жараёнларининг мақбул шароитлари ва технологик омилларнинг ўзаро таъсир қонуниятлари ҳамда ўрнатилган мақбул шароитларда ушбу фосфоритларнинг парчаланиш коэффициентлари мос равишда 96,3-97,2% ва 99,3-99,8%-ни ташкил этиши исботланган;

МҚ БФХ, ЮКФКнинг нитрат ва сульфат кислоталарнинг турли нисбатлари ва меъёрларида парчалаб олинган нордон бўтқаларни газ ҳолатидаги аммиак билан  $pH=3,0-3,5$  оралиғида нейтраллаб ундан NPSCa- ва NPK-ли ўғитларни олиш жараёнларининг мақбул технологик омиллари аниқланган;

илк бора МҚ ЮКФК ва уни кимёвий бойитиб олинган КБФКни нитрат ва сульфат кислоталари билан парчалаш жараёнларига таъсир этувчи технологик омилларнинг ўзаро таъсир қонуниятлари ва мақбул шароитлари ҳамда нордон бўтқаларнинг реологик хоссалари аниқланган;

илк бора нордон бўтқалардан қаттиқ фаза - фосфогипсни филтрлаш жараёнига турли технологик омилларнинг таъсири, мақбул шароитлари ҳамда бўтқанинг филтрланиш тезлиги  $HNO_3:H_2SO_4$  нисбатларига боғлиқлиги ва  $H_2SO_4$  миқдори ортиши билан бўтқанинг филтрланиш тезлиги ошиши исботланган;

таркибидан фосфогипси ажратиб олинган нордон бўтқаларни газсимон аммиак билан нейтраллаш ва уларни донадорланган NPCa- ва NPK-ли ўғитларга қайта ишлаш жараёнларининг технологик омилларини мақбул шароитлари аниқланган;

МҚ БФХ, ЮКФК ва КБФКларини нитрат ва сульфат кислоталари билан қайта ишлаб, таркибидаги фосфогипси ажратилмаган ва ажратилган усулларда NP(S)Ca- ва NPK-ли ўғитларни олишнинг моддий баланслари тузилган, принципиал технологик схемалари ишлаб чиқилган, тажриба-синов қурилмасида маҳсулот наъмуналари ишлаб чиқарилган, уларнинг кимёвий ва туз таркиблари ҳамда товар хоссалари аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

МҚ фосфоритларини нитрат ва сульфат кислоталар билан комплекс қайта ишлаш асосида NPSCa- ва NPK-ли ўғитларни олиш технологияси ишлаб чиқилган;

таркибида  $N:P_2O_5$  га нисбати 0,412:1 дан 0,45:1 гача,  $CaO:P_2O_5$  га нисбати 0,346:1 дан 0,473:1 гача пасайтирган ҳолатда NP ва NPK-ли ўғитлари таркибидаги  $P_2O_5$  нинг ўзлашувчан ва сувда эрувчан шакллари ҳам 94-96 ва 82-86% ни ташкил этиши исботланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Кимёвий ва физик-кимёвий таҳлил натижалари ишлаб чиқилган, технологияларнинг «Электрокимё завод» ҚК-АЖ модель қурилмаларида синовдан ўтказилганлиги билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти кам чиқиндилли технологиядан фойдаланган ҳолда МҚ фосфоритларини нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида комплекс қайта ишлаш орқали мамлакат иқтисодиёти учун муҳим

минерал, донаторланган NPSCa- ва NPK-ли ўғитлар олишнинг илмий асослари яратилган. Фосфорнинг секин таъсир этувчи ва сувда эрувчан шакллари турли нисбатларда бўлган NPSCa- ва NPK-ли ўғитларни олишга асос бўлади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти МҚ фосфоритларини комплекс NPSCa- ва NPK-ли, кам чиқиндили, қайта ишлаш орқали секин таъсир қилувчи ва сувда эрийдиган фосфорли донаторланган NPSCa- ва NPK-ли ўғитлар олиш технологияси ишлаб чиқилиб, мамлакатдаги турли тупроқда ва вегетация даврида фойдаланишга яроқли бўлган мураккаб минерал ўғитларга бўлган эҳтиёжларини таъминлашга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** МҚ фосфоритларини нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаш орқали донаторланган NPSCa- ва NPK-ли ўғитлар олишнинг ресурстежамкор ва камчиқиндили технологияларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

МҚ фосфоритларини сульфат ва нитрат кислоталарининг турли меъёр ва нисбатларида парчалаш асосида олинган NPSCa- ва NPK-ли ўғитларини олиш технологияси «Электрокимё завод» ҚК-АЖнинг «2026-2027 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Электрокимё завод» ҚК-АЖнинг 2025 йил 6 январдаги 04-сон маълумотномаси). Натижада, донаторланган, NPSCa- ва NPK-ли ўғитлар олиш имконини беради;

МҚ кимёвий бойитилган фосконцентрат (КБФК)ни сульфат ва нитрат кислоталари иштирокида қайта ишлаш жараёнида сульфат кислота сарфи ва фосфогипс чиқиндиси камайтирилиши асосида олинган эритмадан концентранган NP- ва хлорсиз NPK-ли ўғитларини олишнинг ресурстежамкор технологияси «Электрокимё завод» ҚК-АЖнинг «2026-2027 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Электрокимё завод» ҚК-АЖнинг 2025 йил 6 январдаги 04-сон маълумотномаси маълумотномаси). Натижада турли тупроқларда ва ўсимликларнинг вегетация даврига мос келадиган, таркибида сувда эрийдиган шаклдаги фосфорли компонентларни ўз ичига олган донатор NP- ва хлорсиз NPK-ли ўғитларини ишлаб чиқариш имкони яратилади.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 13 та илмий иш чоп этилган. Шундан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 5 та илмий мақола, жумладан 3 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида тадқиқотни ўтказишнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот натижаларининг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, илмий натижаларнинг амалиётга жорий этилиши, диссертация тузилиши ва чоп этилган илмий ишлар бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Марказий Қизилқум фосфоритларини комплекс ўғитларга комплекс қайта ишлаш хусусиятлари ва технологияларини ўрганиш ҳолати**» деб номланган **биринчи бобида** фосфорит хомашёлари базаси, уларни минерал кислоталар иштирокида қайта ишлаш ва қўллаш кўлами, фосфоритларни сульфат ҳамда нитрат кислоталар иштирокида қайта ишлаб фосфорли ўғитларни олишнинг физик-кимёвий асослари ва NPSCa-, NPCa-, NPK-ўғитлар олиш соҳасидаги технологик ечимларни ўрганиш ҳолатига кўра ихтиро патентлари ва илмий техник ечимлари ҳақидаги илмий адабиёт маълумотлари кўриб чиқилган. Илмий адабиётларни таҳлил қилиш асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг «**Бошланғич ва оралиқ маҳсулотларнинг хусусиятлари ва тадқиқотнинг физик-кимёвий усуллари**» номли **иккинчи боби** қўлланилган материалларнинг хусусиятлари ва кимёвий таҳлиллар, физик хусусиятларини аниқлаш, физик-кимёвий тадқиқотлар ва тажрибалар ўтказиш усуллари берилган.

Диссертациянинг «**Марказий Қизилқум фосфоритларини сульфат ва нитрат кислоталари иштирокида парчалаб азотфосфорли ўғитларга қайта ишлаш жараёнининг тадқиқоти**» номли **учунчи боби** МҚ БФХ ва ЮКФКни сульфат ва нитрат кислотанинг турли меъёрларида ва нисбатларида парчалаб олинган бўтқа таркибидаги фосфогипсни ажратмасдан ҳосил бўлган NPSCa-ли эритмаларидан NP- ва NPK-ли мураккаб ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқишга бағишланган.

МҚ БФХни мураккаб азот-фосфорли ўғитларга қайта ишлашнинг мақбул технологик кўрсаткичларини аниқлаш мақсадида фосфоритнинг парчаланиш даражасига сульфат ва нитрат кислоталар меъёри ва нисбатларининг таъсири бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Тадқиқот ишларида концентрациялари 92,5%-ли  $H_2SO_4$  ва 56%-ли  $HNO_3$  қўлланилди, Қ:С фазалар нисбати 1:3, кислоталар ( $H_2SO_4$  ва  $HNO_3$ ) умумий меъёри эса хомашёнинг парчаланиши учун стехиометрик меъёр бўйича 100-110% оралиғида олинди. NPSCa-ли бўтқа 50°C ҳароратда 30 дақиқа давомида жадал равишда аралаштирилди (1-жадвал).

БФХни 25°Cда  $H_2SO_4:HNO_3=80:30$  нисбатда парчаланиш даражаси 99,3%, 60:50 нисбатда - 98,6%, 50:50 нисбатда - 97,9%, 30:70 нисбатда - 98,0% ва 10:90 нисбатда - 98,1% ни ташкил этди. Тажрибалардан сўнг олинган кислотали бўтқани газ ҳолидаги аммиак билан рН 3,0-3,5 гача нейтралланди ва бўтқа термостатда 95-100°C да қуритилди (2-жадвал).

## 1-жадвал

БФХни сульфат ва нитрат кислоталари билан парчалашда кислоталар меъёри ва нисбатларининг парчаланиш даражасига, NPSCa-ли бўтқалари кимёвий таркибига ва рН кўрсаткичига таъсири

№	Кислоталар меъёрий нисбати, %		рН	Компонентлар миқдори, оғир. %				Парчаланиш даражаси, %
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> умум.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ўзл.	N <sub>умум</sub>	CaO	
1	80	30	-0,28	4,91	4,88	1,90	9,324	99,3
2	60	50	- 0,51	4,82	4,76	2,51	12,69	98,6
3	50	50	-0,70	4,73	4,63	3,02	16,07	97,9
4	30	70	-0,76	4,75	4,65	4,25	16,15	98,0
5	10	90	-0,82	4,77	4,67	5,49	16,24	98,1

## 2-жадвал

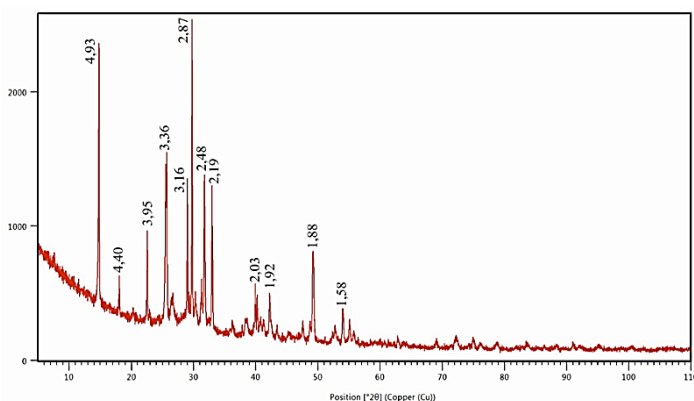
Нитросульфосфатли ўғитларнинг кимёвий таркибига кислоталарнинг меъёри ва нисбатлари ҳамда рН қийматининг таъсири

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :HNO <sub>3</sub> меъёрий нисбатлари	Бўтқалар рН муҳити	Кимёвий таркиби, оғир., %						$\frac{P_2O_{5\text{ўзл}}}{P_2O_{5\text{умум}}}$ × 100%	$\frac{P_2O_{5\text{сув}}}{P_2O_{5\text{умум}}}$ × 100%
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> умум.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ўзл.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> сув.	N	SO <sub>3</sub>	CaO		
80:30	3,0	12,21	11,59	9,06	8,78	21,73	26,04	94,92	74,21
	3,5	11,91	11,25	8,39	8,96	21,52	25,95	94,45	70,47
60:50	3,0	11,00	10,56	7,22	10,53	15,73	27,81	96,00	65,71
	3,5	11,92	11,43	6,95	10,84	15,53	27,59	95,88	58,33
50:50	3,0	12,41	11,43	3,98	12,31	9,74	29,98	92,10	32,13
	3,5	12,11	11,26	3,65	12,59	9,55	29,56	92,98	30,15
30:70	3,0	10,83	10,06	2,05	13,05	4,98	29,25	92,97	18,92
	3,5	10,77	10,01	1,84	13,39	4,88	29,09	92,86	17,16
10:90	3,0	8,96	8,29	0,93	12,63	0,22	24,19	92,85	10,45
	3,5	8,91	8,26	0,83	12,98	0,21	24,06	92,80	9,30

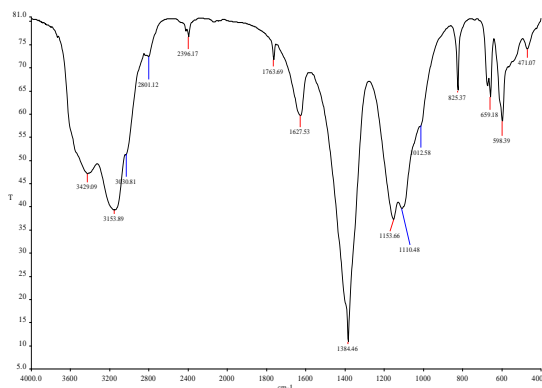
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub> меъёрий нисбатларида аммонизацияланган бўтқани қуритиш орқали олинган ўғитларнинг кимёвий таркиблари таҳлил қилинди. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>=80:30 дан 10:90 гача ўзгариши билан P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. 12,21%-дан 8,91%-гача, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ўзл. 11,59%-дан 8,26%-гача, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>сув./P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. улуши 74,21%-дан 9,30%-гача камайишини кўрсатди. N миқдори 8,78%-дан 12,98%-гача, SO<sub>3</sub> 21,73%-дан 0,21%-гача, CaO 26,04%-дан 24,06%-гача ўзгариб туради. Ҳосил бўлган NPSCa ўғитларнинг тузли таркибини ва анион тузилишини аниқлаш учун рентгенограмма ва ИҚ-спектроскопия усулларида тадқиқ этилди (1- ва 2-расм). NPSCa-ўғитларининг рентген нурланишида 1,92; 2,03; 2,19; 3,36; 3,60; 4,40; d.Å- Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 1,58; 1,88; 2,07; 2,48; 2,87; 3,06 d.Å CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 2,96; 3,34; 4,93 d.Å Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 2,26; 2,40; 4,72 d.Å- CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 2,38; 3,95 d.Å NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 3,07; 5,32 d.Å NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, шунингдек 3,16 d.Å FeAlF<sub>5</sub> и 2,65 d.Å MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O га тегишли чўққилар мавжуд.

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub> = 80:30 нисбати ва меъёрида олинган NPSCa-ўғити ИҚ-спектрларида, кальций нитрат тетрагидрат (850; 1365; 1388; 1607; 1647 см<sup>-1</sup>) нинг хос ютилиш чизиқларидан ташқари, 1010, 1150, 1400, 1630, 3434 см<sup>-1</sup>

ютилиш чизиқлари  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  мавжудлигини кўрсатади, шунингдек,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ва  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  га тегишли ютилиш чизиқлари мавжуд.



**1-расм.  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=80:30$  меъерий нисбатида олинган NPSCa-ли мураккаб ўғитнинг рентгенограммалари**



**2-расм.  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=80:30$  меъерий нисбатида олинган NPSCa-ли мураккаб ўғитнинг ИК-спектри**

МҚ ЮКФКни  $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4$  иштирокида турли нисбатларда,  $\text{CaO}$  га нисбатан 100 ва 110% меъёрларда, қаттиқ суюқ фазалар 1:3÷1:5 нисбатларда, 50°C ҳароратда парчаланганда, мос равишда парчаланish коэффициентлари  $K_{\text{парч.}}$  - 94,4 дан 96,0% гача ва 98,2 дан 99,00% гача ортиши, нордон бўтқанинг реологик ҳоссалари, 20°C да зичлиги  $\rho=1,594\div 1,572$  ва  $1,520\div 1,651$  гр/см<sup>3</sup>, қовушқоқлиги  $\eta=8,596\div 9,346$  ва  $8,622\div 2,631$  сПз гача ўзгариши аниқланди. МҚ ЮКФКни кислоталар иштирокида парчалаш натижасида ҳосил бўлган нордон бўтқани аммонизациялаб, уни 105°Cда қуритиш асосида олинган донаторланган NPSCa-ўғитининг кимёвий таҳлиллари қўйидаги 3-жадвалда келтирилган.

### 3-жадвал

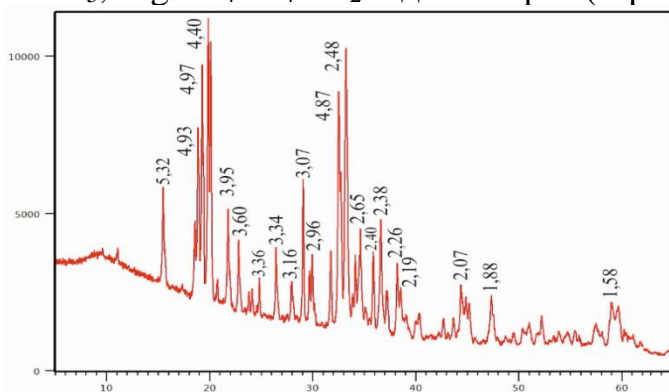
#### ЮКФКнинг нордон бўтқасини аммиак билан нейтраллаб олинган донатор NPSCa-ли ўғитлари намуналарининг кимёвий таркиби

$\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3$ меъерий нисбатлари	Бўтқалар рН муҳити	Кимёвий таркиби, оғир., %						$\frac{P_2O_5\text{ўзл}}{P_2O_5\text{умум}} \times 100\%$	$\frac{P_2O_5\text{сув}}{P_2O_5\text{умум}} \times 100\%$
		$P_2O_5$ умум.	$P_2O_5$ ўзл.	$P_2O_5$ сув.	N	$\text{SO}_3$	CaO		
80:30	3,08	15,30	14,68	11,49	7,67	37,99	30,93	95,97	75,15
	3,59	15,21	14,60	10,67	7,76	37,52	30,55	95,99	70,20
60:50	3,00	15,00	14,39	9,40	10,53	31,19	27,81	95,98	62,71
	3,50	14,92	14,30	8,33	10,84	30,83	27,59	95,90	55,33
50:50	3,00	15,90	14,91	4,43	12,31	24,40	27,70	93,78	32,36
	3,58	15,82	14,86	4,10	12,59	24,15	27,56	93,96	30,20
40:60	3,05	12,83	11,92	2,99	12,63	19,08	28,25	92,98	23,32
	3,51	12,77	11,94	2,91	12,98	18,91	28,09	93,53	22,86
30:70	3,01	11,44	10,74	2,16	12,63	14,91	24,19	93,95	18,92
	3,53	11,35	10,77	1,51	13,39	14,81	24,06	94,97	17,16

МҚ ЮКФКни 100 ва 110% ли ҳар хил нисбатдаги азот-сульфат кислоталар иштирокида қайта ишлаш асосида олинган донатор NPSCa-ўғитлар намуналари кимёвий таркибидаги  $P_2O_5$ нинг миқдори мос равишда:

$P_2O_{5\text{умум}}$  - 15,77-15,91% ва 14,92-15,3%,  $P_2O_{5\text{ўзл}}$  - 12,64-15,11% ва 12,29-12,05%,  $P_2O_{5\text{сув}}$  - 2,73-4,43% ва 8,33-11,49% ни ташкил этди.  $CaO$ -нинг умумий миқдори 21,83-25,20% ва 21,89-25,13% гача, азотнинг умумий миқдори 12,31-13,39% ва 7,67-10,84-гача,  $SO_3$  - 24,40-14,81% ва 37,99-30,83% гача камайиши аниқланди.

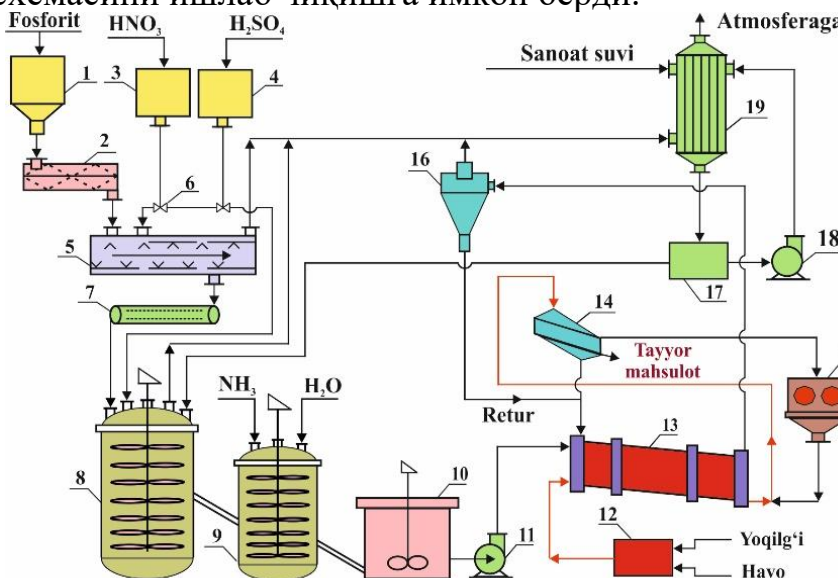
NPSCa-ўғитлари намуналарининг рентген фазали таҳлили натижаларига кўра, улар асосан  $Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $NH_4H_2PO_4$  ва оз миқдорда кўшимча компонентлар, масалан,  $FeAlF_5$ ,  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ -дан иборат (3-расм).



3-расм. Донатор NPSCa-ли ўғитининг рентгенограммаси

NPSCa-ўғитнинг рентген нурлари диффракцияси 2.19, 3.36, 3.60, 4.40 d.Å да чўкқилари  $Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  га хослигини кўрсатади; 1.58, 1.88, 2.07, 2.48, 2.87 d.Å  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ; 2.38, 3.95 d.Å  $NH_4NO_3$ ; 2.26, 2.40, 4.72 d.Å  $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ ; 2.96, 3.34, 4.93 d.Å  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ; 3.07, 5.32 d.Å  $NH_4H_2PO_4$ ; 3.16 d.Å  $FeAlF_5$  ва 2,65 d.Å  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  га хос эканлигини кўрсатди.

МҚнинг БФХ ва ЮКФКларини  $H_2SO_4:HNO_3$  асосида парчалаб олинган NPSCa-ўғитлари намуналарининг гигроскопик нуқталари кислоталар нисбати  $H_2SO_4:HNO_3$  30:70, 50:55 ва 80:30 бўлганда мос равишда 33,73%, 52% ва 57%, муштаҳкамлиги эса 2,24, 2,80 ва 3,5 МПани ташкил қилади. Тадқиқот натижалари NPSCa-ўғитларни ишлаб чиқаришнинг асосий технологик схемасини ишлаб чиқишга имкон берди.



4-расм. NPSCa-ли ўғитлар олишнинг принципиал технологик схемаси.

Технологик жараёнда парчалаш босқичда борилади. 1-босқичда шнекли реакторда  $H_2SO_4$  билан БФХни дастлаб декарбонизация қилинади. Бунда асосан жадал кўпикланиш баргараф этилади. Шундан сўнг қисман парчаланган ва декорбонизация қилинган нам ярим

тайёр маҳсулот иккинчи босқичга, яъни ярим тайёр маҳсулотни қолган миқдордаги  $H_2SO_4:HNO_3$  билан парчалаш учун асосий реакторга берилади. Кейин нордон бўтқа рН қиймати 3,0-3,5 гача аммиак билан нейтралланади,

сўнгра донадорланади ва куритилади. БФХ ва ЮКФКни  $H_2SO_4$  ва  $HNO_3$  иштирокида парчалаб  $NPSCa$ -ўғитларини ишлаб чиқаришни технологик параметрларининг мақбул шароитлари: кислоталар нисбати  $H_2SO_4:HNO_3 = 50:50 \div 80:30$ ; умумий кислоталар меъёри - 100-110%; ҳарорат - 40-50°C;  $Қ:C=1:3,0 \div 3,5$ ; парчалош вақти - 45-60 дақиқани ташкил этди.

Диссертациянинг «Фосфоритларни нитрат ва сульфат кислоталари билан парчалошда ҳосил бўлган нитросульфосфосфатли бўтқалардан, фосфогипсни ажратиш билан мураккаб  $NP$ - ва  $NPК$ -ўғитларга қайта ишлаш жараёнининг тадқиқоти» номли тўртинчи бобида МК ЮКФКни ҳамда нитрат кислотанинг паст меъёрида КБФК-ни нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаб олинган бўтқа таркибидаги фосфогипсни ажратиш орқали ҳосил бўлган  $NP$ Ca-ли эритмани мураккаб  $NP$ - ва  $NPК$ -ўғитларини олишга бағишланган. МК ЮКФКни  $H_2SO_4:HNO_3$  иштирокида 50:55 ва 70:35 меъёри ва нисбатларида  $Қ:C=1:3,5 \div 5,0$  нисбатларда, 45-60°C ҳароратларда парчалаб олинган фильтрат намуналарининг кимёвий таркиблари (4-жадвал) келтирилган.

4-жадвал

**ЮКФКни сульфат ва нитрат кислоталар иштирокида парчалош жараёнларига турли технологик кўрсаткичларнинг таъсири**

№	Қ:C	T, °C	Азот-фосфорли эритманинг кимёвий таркиби, оғир. %						
			$P_2O_5$	N	CaO	MgO	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	F
$H_2SO_4 : HNO_3 = 50 : 55$ , айланма эритма 3,83% $P_2O_5$									
1	1:4,5	45	10,90	5,23	13,01	0,46	0,16	0,14	0,63
2		50	10,94	5,19	13,06	0,48	0,16	0,15	0,65
3		60	10,96	5,17	13,08	0,48	0,17	0,15	0,66
4	1:5	45	9,14	4,41	10,96	0,43	0,13	0,12	0,59
5		50	9,17	4,39	11,00	0,45	0,15	0,14	0,62
6		60	9,19	4,38	11,02	0,46	0,16	0,14	0,63
$H_2SO_4 : HNO_3 = 70 : 35$ , айланма эритма 3,24% $P_2O_5$									
7	1:3,5	45	10,54	3,00	5,98	0,26	0,11	0,09	0,45
8		50	10,58	2,97	5,00	0,28	0,13	0,10	0,43
9		60	10,59	2,95	5,01	0,29	0,13	0,10	0,42
10	1:4	45	8,52	2,47	4,00	0,21	0,10	0,07	0,38
11		50	8,55	2,45	4,03	0,23	0,11	0,08	0,36
12		60	8,56	2,44	4,04	0,24	0,12	0,08	0,35

$H_2SO_4 : HNO_3 = 50 : 55$ , айланма эритма таркибидаги  $P_2O_5$ -3,83%,  $Қ:C=1:4,5$  нисбат бўлганда 45; 50 ва 60°C ҳароратларда  $P_2O_5$ -10,90%, 10,94% ва 10,96% ни, N ва CaO миқдорлари эса мос равишда 5,17-5,23% ва 13,01-13,08% ташкил этиши аниқланди. Ушбу шароитларда  $Қ:C=1:5$  нисбатда ҳам юқоридаги тенденция кузатилди, яъни 45-55°C ҳароратларда  $P_2O_5$  - 9,14-9,19%; N - 4,38-4,41% ва CaO - 10,96-11,02% ташкил этиши аниқланди.

Кислоталар меъёри ва нисбати  $H_2SO_4 : HNO_3 = 70 : 35$ , айланма эритма таркибидаги  $P_2O_5$ -3,24%,  $Қ:C=1:3,5$  нисбат бўлганда 45; 50 ва 60°C ҳароратларда мос равишда  $P_2O_5$  – 10,54%, 10,58% ва 10,59% ни, N ва CaO миқдорлари эса 2,95-3,00% ва 4,00-4,04% ташкил этди. Парчалош жараёнида  $Қ:C$  фазанинг нисбати 1:3,5 дан 1:4 гача ортиб бориши билан азот-фосфорли эритмадаги

компонентларнинг миқдорлари бир хил тенденция асосида камайиб бориши кузатилди. Қ:С=1:4 нисбатда ҳам 45-60°C ҳароратларда мос равишда P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 8,52-8,56%; N - 2,44-2,47%; СаО - 4,00-4,04% ни ташкил этди. ЮКФКни H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ва HNO<sub>3</sub> умумий меъёри - 105%, HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=75:30; Қ:С=1:4÷1:3,5; жараён ҳарорати 40÷60°C ва давомийлиги 40-80 дақиқада оралиғида парчалаб олинган кислотали бўтқалари филтрланиши тажрибада кетмаслигини аниқланди. HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=65:40 нисбатда эса ҳарорат 40°C дан 60°C гача ортиши билан кислотали бўтқанинг бўтқа бўйича филтрланиш тезлиги 43,05-140,79 кг/м<sup>2</sup>·соат, HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=55:50 нисбатда 402,25-315,28 кг/м<sup>2</sup>·соат, HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=45:60 нисбатда 413,99-906,16 кг/м<sup>2</sup>·соат ва HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=35:70 меъёрий нисбатда 1484,79-2411,72 кг/м<sup>2</sup>·соатгача ортиши кузатилди. Олиб борилган бошқа технологик кўрсаткичларда ҳам кўриниб турибдики, сульфат кислота меъёрий нисбати ва Қ:С нисбати ортиб бориши билан барча бўтқа, филтрат ва қаттиқ фаза бўйича филтрланиш тезлиги ортиб бориши аниқланди. ЮКФКни HNO<sub>3</sub> билан дастлабки парчалош орқали ЮКФКдаги СаОга нисбатан 12 ва 15%ли HNO<sub>3</sub>ни 24÷30% меъёрда таъсир эттирилди ва суяқ фаза филтрлаб ажратиб олинди. Филтрлашда ҳосил бўлган қаттиқ фаза - КБФК таркиби таҳлил қилинди. ЮКФКни 12%ли HNO<sub>3</sub> билан СаОга нисбатан 24% меъёрда таъсир эттирилганда қаттиқ фаза таркибида СаО-35,23%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-22,82%, КМ=1,544, 12%ли HNO<sub>3</sub> 25%да СаО-34,91%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-22,73%, КМ=1,536, 12%ли HNO<sub>3</sub> 27% меъёрида эса СаО-34,19%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-22,51%, КМ=1,519, 15%ли HNO<sub>3</sub> 30% меъёрида эса СаО-31,44%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-21,02%, КМ=1,488. ЮКФКни HNO<sub>3</sub> нинг паст меъёрида парчалош натижасида олинган КБФКни сульфат ва нитрат кислоталар иштирокида парчалош жараёнлари тадқиқ этилди (5-жадвал).

#### 5-жадвал

#### КБФКни сульфат ва нитрат кислоталар иштирокида парчалош жараёнларига турли технологик кўрсаткичларнинг таъсири

№	Қ:С	t, °C	Азот-фосфорли эритманинг кимёвий таркиби, оғир. %						
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	СаО	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub> = 50 : 55, айланма эритма 4,7% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>									
1	1:4,5	45	10,32	4,44	7,81	0,54	0,18	0,17	0,65
2		50	10,36	4,41	7,84	0,56	0,18	0,17	0,67
3		60	10,37	4,39	7,85	0,56	0,19	0,17	0,67
4	1:5	45	9,18	3,97	6,91	0,52	0,17	0,15	0,61
5		50	9,21	3,95	6,95	0,53	0,18	0,16	0,64
6		60	9,22	3,94	6,97	0,53	0,18	0,16	0,65
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub> = 70 : 35, айланма эритма 5,1% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>									
7	1:3	45	12,90	3,52	5,52	0,33	0,13	0,12	0,50
8		50	12,94	3,50	5,54	0,35	0,15	0,13	0,53
9		60	12,96	3,49	5,55	0,36	0,16	0,14	0,52
10	1:3,5	45	10,58	2,89	4,53	0,29	0,12	0,10	0,47
11		50	10,62	2,87	4,55	0,30	0,14	0,11	0,46
12		60	10,64	2,86	4,56	0,30	0,15	0,11	0,44
13	1:4	45	8,95	2,45	3,82	0,24	0,11	0,07	0,41
14		50	8,99	2,43	3,85	0,26	0,13	0,09	0,39
15		60	9,00	2,42	3,87	0,27	0,13	0,09	0,38

КБФКни  $H_2SO_4$  ва  $HNO_3$  билан парчалаш жараёни айланма NP-ли иштирокида 45; 50 ва  $60^\circ C$  ҳароратларда, Қ:С=1:3,0÷5,0 нисбатларда, 60 дақиқа давомида амалга оширилди.

$H_2SO_4 : HNO_3 = 70 : 35$ , айланма эритма таркибидаги  $P_2O_5$  концентрацияси - 5,1%, Қ:С=1:3,0 нисбат бўлганда 45; 50 ва  $60^\circ C$  ҳароратларда  $P_2O_5$  - 12,90%, 12,94% ва 12,96% ни, N ва CaO миқдорлари эса мос равишда 3,49-3,52% ва 5,52-5,55% ташкил этди. Қ:С = 1:3,5 нисбатда ҳам юқоридаги тенденция кузатилди, яъни  $45-60^\circ C$  ҳароратларда мос равишда,  $P_2O_5$  - 10,58-10,64%; N-2,86-2,89%; CaO - 4,53-4,56% ҳамда Қ:С=1:4 нисбатда эса  $P_2O_5$  - 8,95-9,00%; N - 2,42-2,45%; CaO - 3,82-3,87%-ни ташкил этди.

КБФКни  $H_2SO_4$  ва  $HNO_3$  иштирокида қайта ишлашнинг технологик кўрсаткичлари дастлабки ЮКФКдан NP-ли эритма олиш жараёнларига нисбатан самарали ҳисобланади. Ҳосил бўладиган фосфогипс миқдорининг нисбатан кам ва эритмалар таркибидаги озуқа компонентлари миқдори эса юқори бўлади. КБФКни  $H_2SO_4$  ва  $HNO_3$  иштирокида парчалаш жараёнининг давомийлиги 30 дан 240 дақиқа оралиғида ҳосил бўлган NP-ли эритма таркиби, бўтқа ва филтрат зичлиги кўрсатилган (6-жадвал).

6-жадвал

**КБФКни  $H_2SO_4$  ва  $HNO_3$  билан қайта ишлаб олинган NP-ли эритманинг кимёвий таркиби, бўтқа ва филтрат зичлигига парчалаш вақтининг ҳамда кислоталар меъёри ва нисбатларининг таъсири (Қ:С=1:3)**

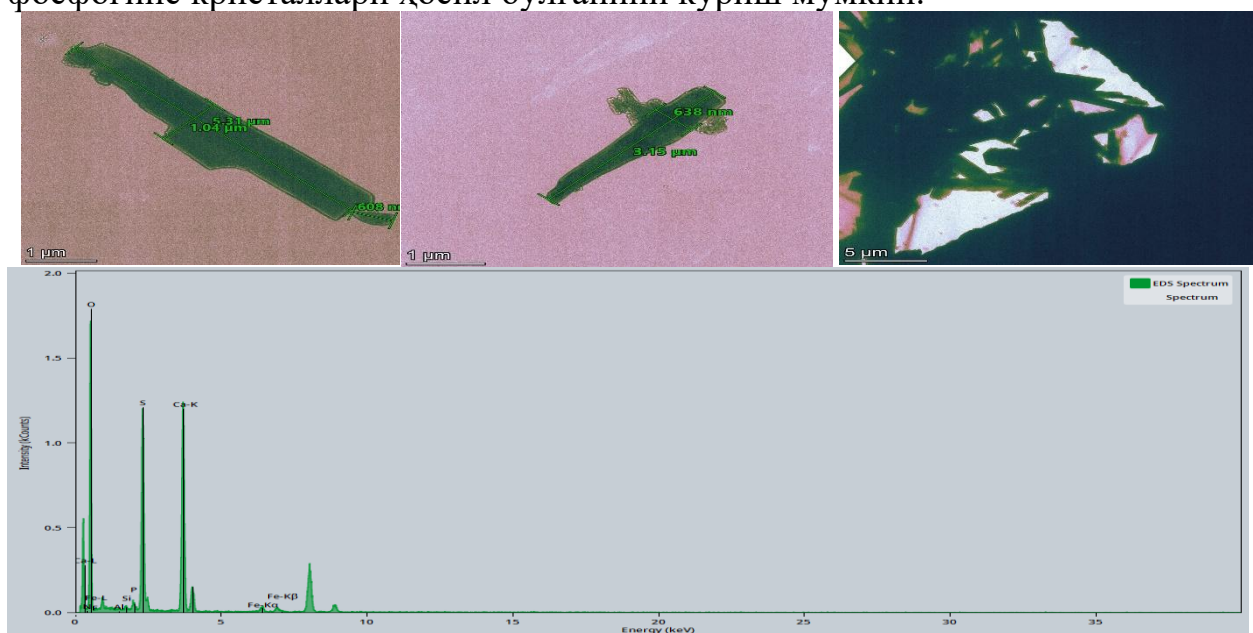
Вақт, дақиқа	Зичлик, г/см <sup>3</sup>		Компонентлар миқдори, оғир. %		
	Бўтқалар	Филтрат	$P_2O_5$	CaO	N
$H_2SO_4 : HNO_3 = 50 : 55$ , айланма эритма - 4,7 % $P_2O_5$					
30	1,441	1,232	10,31	7,79	4,37
60	1,454	1,239	10,36	7,84	4,41
120	1,461	1,245	10,38	7,86	4,43
180	1,468	1,252	10,41	7,87	4,45
240	1,475	1,255	10,42	7,88	4,46
$H_2SO_4 : HNO_3 = 70 : 35$ , айланма эритма - 5,1 % $P_2O_5$					
30	1,481	1,243	12,69	5,49	3,48
60	1,498	1,248	12,94	5,54	3,50
120	1,505	1,254	12,99	5,57	3,52
180	1,545	1,259	13,05	5,59	3,53
240	1,522	1,262	13,12	5,60	3,54

$H_2SO_4 : HNO_3 = 70 : 35$  меъёрий нисбатида NP-ли эритма таркибидаги  $P_2O_5$  - 12,69-13,12% гача, N - 3,48-3,54% гача, CaO - 5,49-5,60% гача, бўтқанинг зичлиги эса 1,481 дан 1,522 г/см<sup>3</sup> гача, азот-фосфорли филтрат эса 1,243 дан 1,262 г/см<sup>3</sup> гача ортиши аниқланган.

Умумий моддий балансида 1000 кг ЮКФКни бойитиш учун 605,66 кг 56%-ли  $HNO_3$  ва 2220,73 кг сув билан Қ:С=1:2,8 нисбатда бойитилди. 1200 кг КБФК ( $P_2O_5$ -22,51%; CaO-34,192%) ва 2600 кг азот-кальцийли ( $P_2O_5$ -0,23%; CaO-5,69%, N-2,84%) эритма ҳосил бўлди. 1200 кг КБФКни қайта ишлаш учун 576,98 кг 56%ли  $HNO_3$  ва 540,45 кг 93%ли  $H_2SO_4$  сарфланади ва 2002,5 кг азот-фосфорли ( $P_2O_5$ -12,94%; CaO-5,54%, N-3,50%) эритма ҳосил бўлди.

$\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3 = 50:55$  ва  $\text{Қ:C} = 1:4,5$  дан  $1:5$  гача ошиши билан нордон бўтқаларнинг зичлиги  $20^\circ\text{C}$ -да  $1,461$  дан  $1,452$   $\text{г/см}^3$  гача камаяди, қовушқоқлиги эса  $3,844$  дан  $3,178$  сПз гача камайиши кузатилди,  $60^\circ\text{C}$  ҳароратда зичлик  $1,454$  дан  $1,443$   $\text{г/см}^3$  гача, қовушқоқлик  $1,685$  дан  $1,465$  сПз гача камаяди.  $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3 = 70:35$  ва  $\text{Қ:C} = 1:3$  дан  $1:4$  гача ошиши билан нордон бўтқаларнинг зичлиги  $20^\circ\text{C}$  ҳароратда  $1,508$  дан  $1,486$   $\text{г/см}^3$  гача камаяди, қовушқоқлиги эса  $11,860$  дан  $8,227$  сПз гача,  $60^\circ\text{C}$ -да зичлик  $1,498$  дан  $1,475$   $\text{г/см}^3$  гача, қовушқоқлик  $4,753$  дан  $2,866$  сПз гача камаяди.

КБФКни  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=70:35$  меъёри ва нисбатида ажратиб олинган нам ҳолатдаги фосфогипс трансмиссион электрон микроскопия (HR-TEM Talos-F200i) ускунасида таҳлил қилинди.  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=75:30$  меъёри ва нисбатда ажратиб олинган фосфогипснинг игнасимон шаклдаги, яхши филтрланган фосфогипс кристаллари ҳосил бўлганини кўриш мумкин.



**5-расм. Фосфогипснинг трансмиссион электрон микроскопия таҳлили ( $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=70:35$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ажратилган наъмуна).**

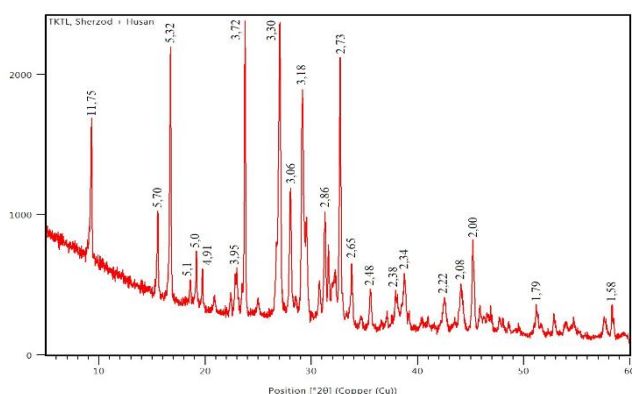
Тадқиқотлар натижасида олинган NP- ва NPK-ли ўғитлар наъмуналарининг озуқавий компонентлари таркибини таҳлил қилиш учун текширилди. ЮКФК ( $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3 = 50 : 55$ , 1-наъмуна ва  $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3 = 75 : 30$ , 2-наъмуна) ва КБФК ( $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3 = 75 : 30$ , 3-наъмуна)ни  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ва  $\text{HNO}_3$  иштирокида турли технологик параметрларда қайта ишлаб олинган нордон NPCa-ли эритмани газсимон аммиак билан рН қийматлари  $3,02 - 3,11$  оралиғида нейтраллаб, ундан NP-ўғитлари ва калий сульфат қўшиш орқали эса хлорсиз NPK-ўғитлари наъмуналари ишлаб чиқарилди. Уларнинг кимёвий таркиби 7-жадвалда келтирилган.

NPK ўғити рентгенограммасида (6-расм) қуйидаги хусусиятларга хос бўлган чўққилар намоён бўлди:  $11,75$ ;  $5,70$  Å -  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $5,32$  Å -  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $5,1$ ;  $3,72$ ;  $2,00$  Å -  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $3,30$  Å -  $\text{K}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ ,  $5,0$ ;  $4,19$  Å -  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $3,95$ ;  $3,06$ ;  $2,86$ ;  $2,38$  Å -  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $3,16$  Å -  $\text{FeAlF}_5$ ,  $2,77$ ;  $2,66$  Å -  $\text{KNO}_3$ ;  $2,65$  Å -  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $2,34$ ,  $2,08$  Å -  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $2,48$ ;  $2,22$ ;  $1,79$  Å -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ва  $1,60$  Å -  $\text{CaHPO}_4$ .

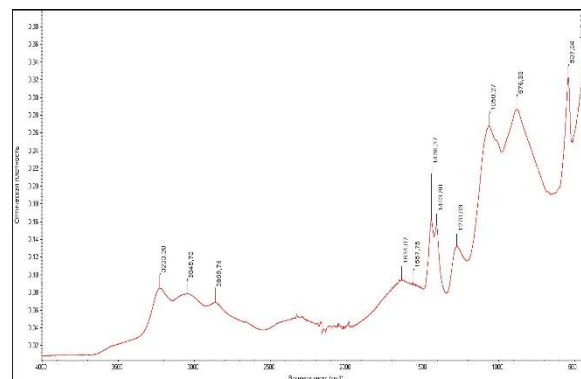
## Олинган NP ва NPK ўғитларининг кимёвий таркиби

№	рН	N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Кимёвий таркиби, оғир. %						CaO:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> умум	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ўзл	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> сув.	K <sub>2</sub> O	CaO	
NP-ўғитлари кимёвий таркиби									
1	3,11	0,481:1:0	11,98	24,90	23,68	7,75	-	24,65	1,0:1,0
2	3,02	0,425:1:0	10,88	25,58	24,37	18,17	-	12,10	0,473:1
3	3,10	0,412:1:0	27,32	27,32	26,16	23,24	-	11,74	0,429:1
NPK-ўғитлари кимёвий таркиби									
1	3,11	0,8:1:1	14,11	17,64	16,75	5,54	17,50	17,66	1,0:1,0
2	3,02	0,5:1:0,7	9,08	17,10	16,25	14,62	17,00	8,01	0,428:1
3	3,10	0,5:1:1	8,40	18,35	17,66	15,80	18,48	7,85	0,428:1

ИҚ-спектроскопик тадқиқотлар натижалари (7-расм) шуни кўрсатадики, NPK-ўғити ва таркибидаги аралашмаларнинг 1650-1590 см<sup>-1</sup> оралиғида N-H ва NH<sub>2</sub> гуруҳларининг текис тебраниш частоталарига хос тебранишлар кузатилади, 1600-1400 см<sup>-1</sup> оралиғида NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, NH<sub>2</sub><sup>+</sup>, NH<sup>+</sup> тебраниш частоталарига мос келади. NPK-ўғитининг 876,33-1058,27 см<sup>-1</sup> ИҚ-спектри кенг оралиқ тебраниш частоталари PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ўз ичига олади ва сульфат ионларига хос бўлган тебраниш частоталари 1634,07 см<sup>-1</sup> пайдо бўлади. 2859,76-3223,20 см<sup>-1</sup> даги ютилиш чизиқлари кристалланиш сувиغا тўғри келади.



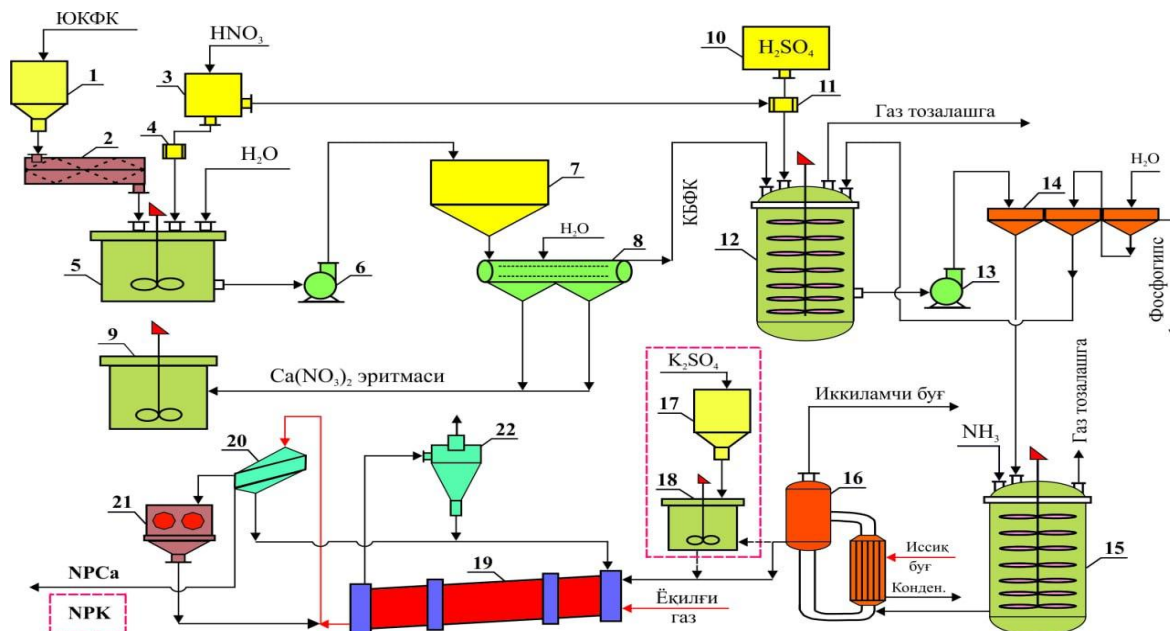
6-расм. NPK ўғити рентгенограммаси



7-расм. NPK ўғити ИҚ-спектри

Гигроскопик нуқталарни аниқлаш учун олинган ўғит намуналарини бошланғич намликлари қуйидагича бўлди, %: 1,09 - 3,37%; 1,06 - 1,17%. Макбул шароитларда олинган аралаш ўғитларининг гигроскопик нуқталари қуйидагича: NP-ўғити 52,78% дан 67% гача, NPK-ўғитида эса 56% дан 68 % гача бўлди. Бу қийматлардан кўриниб турибдики, олинган ўғит намуналари ўртача атмосфера намлигига мос келади, аммо улар кузги-қишки ва қишки-баҳорги даврларда сақлаш жараёнида намланади. Шу сабабли уларни полипропилен қоғларда сақлаш ва ташиш тавсия этилади. NP- ва NPK-ўғитлари доналарининг мустаҳкамлиги мос равишда 3,0 ва 3,5 мПа га тенг.

Лаборатория тадқиқотлари ва модел ускунасини ўрнатиш бўйича экспериментал ишлар маълумотлари NP- ва NPK-ўғитларини ишлаб чиқаришнинг асосий технологик схемасини ишлаб чиқишга имкон берди (8-расм).



**8-расм. ЮКФК ва КБФКларини нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаб NP- ва NPK-ўғитлари олишнинг мослашувчан технологик схемаси.**

Технологик жараённинг моҳияти дастлаб ЮКФКни нитрат кислотанинг паст меъёри билан кимёвий бойитиш орқали кальций нитрат эритмаси шаклида эркин CaOни ажратиб олиш ва кальций модулини камайтиришга қаратилган. КБФКни нитрат ва сульфат кислоталари ҳамда циклик айланма эритма иштирокида парчалашдан иборат. Сульфат ва нитрат кислоталарнинг турли меъёри ва нисбатларида парчалаш 50°C ҳароратда, 45-60 дақиқа давомида K:C=1:3,0÷3,5 шароитида амалга оширилди. Кейин олинган бўтқа рН қиймати 3,0 - 3,5 гача аммонизацияланди, NPK-ўғит олиш учун эса таркибида калийли компонент – калий сульфат қўшилади.

ЮКФКни ҳамда уни паст меъёрларда нитрат кислота билан бойитиб олинган КБФКни мақбул H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub> меъёри ва нисбатларида парчалашда ҳосил бўлган азот-фосфор-кальцийли эритмаларни донатор NP- ва NPK-ўғитларга қайта ишлаш технологиялари “Электрокимёзавод” ҚК-АЖ тажриба-саноат шароитида синовдан ўтказилди.

Техник-иқтисодий ҳисоблар КБФКни сульфат ва нитрат кислотаси билан бойитиш ва улар асосида турли ўғитлар олиш технологияси юқори самарадорлигини кўрсатади. Шунингдек, ЭФК ишлаб чиқаришнинг анъанавий усули билан солиштирилганда фосфогипс чиқиндиси нисбатан кам ҳосил бўлиши, ишлаб чиқаришнинг кам чиқиндилари ва ресурстежамкор технологияларини амалиётга жорий этиш бўйича экология йўналишидаги давлат дастурларига мос келади.

## ХУЛОСА

1. МҚ БФХ ва ЮКФКни H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ва HNO<sub>3</sub> турли меъёрий нисбатларида парчалаш жараёнлари ўрганилган: БФХ учун H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>=80:30 нисбатда парчаланиш даражаси 99,3%, 60:50 - 98,6%, 50:50 - 97,9%, 30:70 - 98,0% ва 10:90 - 98,1%, ЮКФК учун H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>=50:50 нисбатда парчаланиш

даражаси 94,8%, 60:40 - 95,4%, 70:30 - 95,6%, 55:55 - 98,7%, 65:45 98,8% ва 75:35 - 99,0% га тенг бўлиши исботланган.

2. МҚ фосфоритларини  $H_2SO_4$  ва  $HNO_3$  иштирокида парчалаб олинган NPSCa кислотали бўтқасини газсимон аммиак билан рН муҳити 3-4 гача нейтраллашда,  $P_2O_5$  ўзл./ $P_2O_5$  умум. нисбати бўйича миқдори БФХ учун 96,99 - 99,51% ва ЮКФК учун эса 92,10-94,92% ни ташкил этади.  $P_2O_5$  сув миқдори ўғитларнинг рН қиймати ошиши билан рН = 3 да 74,21 - 79,32% дан рН = 4 да 65,01 - 70,23% гача камайиши аниқланган.

3. БФХ ва ЮКФКни сульфат ва нитрат кислоталар асосида парчалаб олинган NPSCa ўғитларнинг гигроскопик нуқталари кислоталар нисбати  $H_2SO_4:HNO_3$  30:70; 50:55 ва 80:30 бўлганда мос равишда 33,73%, 52% ва 57%, мустаҳкамлиги эса 2,24, 2,80 ва 3,5 МПа ни ташкил этиши исботланган.

4. МҚ ЮКФК ва КБФКни нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаш жараёнига таъсир этувчи мақбул шароитлар: кислоталар меъёрий нисбатлари -  $H_2SO_4:HNO_3=70:35$ , қаттиқ:суюқ нисбати - Қ:С=1:3÷3,5, жараён ҳарорати - 50°C ва давомийлиги - 60-80 дақиқада МҚ фосфоритларидан олинган азот-фосфор-олитингургурт-кальцийли бўтқанинг 1565-2065 кг/м<sup>2</sup>·соат филтрланиш тезлигига эришиш мумкинлиги аниқланган.

5. МҚ КБФКни сульфат ва нитрат кислоталари иштирокида қайта ишланганда, стандарт ЭФК ва унинг асосида фосфорли ўғитлар ишлаб чиқариш билан таққосланганда сульфат кислота сарф меъёрини 27% гача, фосфогипс чиқиндиларини 1,5-2 бараборгача камайтиришга имкон берган.

6. Таркибида N: $P_2O_5$  га нисбати 0,412:1 дан 0,45:1 гача, CaO: $P_2O_5$  га нисбати 0,346:1 дан 0,473:1 гача бўлган 36,46-44,75% озуқа моддаси сақловчи NP ўғитлар олинган. Шунингдек, N: $P_2O_5$ :K<sub>2</sub>O га нисбати 0,5:1:07 дан 0,5:1:1 гача бўлган 42,81-48,31% озуқа моддаси сақловчи азот-фосфор-калийли ўғитлар олинган. Олинган NP ва NPK ўғитлари таркибидаги  $P_2O_5$  нинг ўзлашувчан ва сувда эрувчан шакллари ҳам 94-96 ва 82-86% ни ташкил этган.

7. МҚ фосфоритларини нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаб, ажратиб олинган фосфогипс ҳамда донадорланган NP ва NPK ўғитлар намуналари рентген, ИҚ спектроскопия ва трансмиссион электрон микроскопия таҳлил усулларида фойдаланиб чиқинди ва маҳсулотларнинг тузли таркиби ва физик-кимёвий тавсифлари тадқиқ қилинган.

8. ЮКФК ва КБФК ни сульфат ва нитрат кислоталар асосида парчалаб олинган NP ва NPK ўғитларнинг гигроскопик нуқталари кислоталар нисбати  $H_2SO_4:HNO_3$  50:55 ва 70:35 бўлганда мос равишда NP ўғити 52,78% дан 67% гача, NPK ўғитида эса 56% дан 68% гача бўлиши, мустаҳкамлиги эса мос равишда 3 ва 3,5 МПа га тенг эканлиги аниқланган.

9. МҚ фосфоритларини нитрат ва сульфат кислоталари иштирокида қайта ишлаб NP ва NPK ўғитлари олишнинг технологик схемалари, моддий баланслари ишлаб чиқилган, тажриба-саноат шароитида синовдан ўтказилган. Техник-иктисодий ҳисоблар БФХ ва ЮКФКни сульфат ва нитрат кислоталар иштироки қайта ишлаб фосфогипсни ажратмасдан NPSCa-ли ўғитлар олишда мос равишда 31,9 ва 68,1 млрд. сўмни, мос равишда ЮКФК ва КБФКни қайта ишлаб фосфогипсни ажратиб олинган NPCa- ва NPK ўғитлари олишда эса 39,9 ва 30,0 млрд. сўм (ЮКФК) ҳамда 129,2 ва 51,0 млрд. сўмни (КБФК) ташкил этган ва таклиф этилган технологиянинг юқори иқтисодий самарадорлигини кўрсатган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ  
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**ЗИКИРОВ ХУСАН АЛИКУЛОВИЧ**

**ПЕРЕРАБОТКА ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ  
СЕРНОЙ И АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ НА КОМПЛЕКСНЫЕ  
АЗОТФОСФОР- И АЗОТОФОСФОРКАЛИЙСОДЕРЖАЩИЕ  
УДОБРЕНИЯ**

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

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

**Ташкент – 2025**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2024.3.PhD/T4829.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного семинара ([www.ionx.uz](http://www.ionx.uz)) и Информационно-образовательном портале «Ziyounet» ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)).

**Научный руководитель:** **Мирзакулов Холтура Чориевич**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Сейтназаров Атаназар Рейпназарович**  
доктор технических наук, профессор

**Шамшидинов Исраилжон Тургунович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:** **Ферганский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится «21» август 2025 г. в 14<sup>00</sup>- часов на заседании Научного совета DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz).

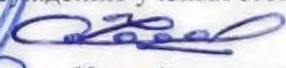
Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 84, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.


Автореферат диссертации разослан «07» август 2025 года.

(реестр протокола рассылки №84 от «07» август 2025 год.



  
**Н.Х. Усанбаев**  
Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., проф.

  
**Ж.С. Шукуров**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению учёной степени, д.т.н., проф.

  
**Ш.С. Намазов**  
Председатель научного семинара при Научном  
совете по присуждению учёной степени,  
д.т.н., профессор, академик.

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время, поскольку население планеты стремительно увеличивается, задача обеспечения его продовольствием становится все более актуальной. Решение этой проблемы требует эффективного использования химических продуктов, особенно неорганических удобрений, используемых для получения высококачественного урожая сельскохозяйственных культур. Для повышения урожайности важное значение имеет полное обеспечение сельскохозяйственных культур удобрениями с высоким содержанием питательных веществ и расширение их ассортимента, то есть разработку технологии производства комплексно фосфорных - NPSCa и NPK-содержащих удобрений из различного фосфатного сырья.

Во всех развитых странах мира проводятся научные исследования по поиску запасов фосфоритного сырья, изучению его физико-химических свойств, поиску запасов замещающего сырья, кислотной комплексной переработке. В эти исследования входят такие задачи, как: совершенствование процессов производства различных азотных, фосфорных, калийных удобрений на основе фосфорита и азотной кислоты; создание технологии получения NPSCa- и NPK-удобрений различного состава путем комплексной переработки низкосортного необогащенного фосфоритного сырья (НФС) и мытого обожженного фосконцентрата (МОФК); определение состава, реологических свойств и некоторых физико-химических свойств фосфорных удобрений, полученных на основе МОФК (плотность, вязкость, скорость фильтрации, коэффициент разложения, соотношение Т:Ж, соотношение азотной и серной кислот и влияние их норм на реологические свойства и коэффициент разложения); определение товарных свойств и содержания солей продукта; получения NPSCa- и NPK удобрений на основе растворов нитросульфофосфатов, полученных из фосфоритов.

В республике достигаются важные научные и практические результаты в производстве простых и сложных фосфорных удобрений и солей фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов (ЦК). В третьем направлении Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены актуальные задачи на «...продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и увеличение объёмов промышленного производства в 1,4 раза...»<sup>1</sup>. В связи с этим большое значение имеют научные исследования по созданию комплексных ресурсосберегающих технологий производства импортозамещающих и предназначенных для экспорта NPSCa- и NPK удобрений, содержащих различные замедленно действующие, водорастворимые фосфорные и жидкие азотно-кальциевые удобрения

---

<sup>1</sup> Указами Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

(ЖАКУ) путем разложения фосфоритов ЦК азотной кислотой.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению вышеуказанных стратегических задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-169 от 12.10.2023 г. «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности и ее базовых отраслей», Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №ПП-91 от 01.03.2022 г. «Об утверждении технического регламента о безопасности минеральных удобрений», Постановлении № ПП-753 от 15.12.2021 г. «О мерах по созданию инновационного химического научно-производственного и образовательного кластера для химической промышленности» и в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** По переработки различного фосфатного сырья, в том числе богатых на  $P_2O_5$  апатитов и различных типов фосфоритов, различающихся по химическому и минералогическому составу с минеральными кислотами на фосфорсодержащих удобрениях имеется обширный материал в научно-технической литературе и большой вклад внесли такие известные ученые, как: М.Е.Позин, В.Ф.Кармышов, Б.А.Дмитревский, С.П.Кочетков, И.А.Петропавловский (Россия), М.Т.Молдабеков (Казахстан), Б.М.Гришин, К.Горазда, М.Банач (Польша), Zhenyi Liu (Китай), Давид Ж.В., Грант (Англия), М.Н.Набиев, Б.М.Беглов, Ш.С.Намазов, С.Тўхтаев, С.М.Тожиев, А.У.Эркаев, Х.Ч.Мирзакулов, И.Т.Шамшидинов, А.Р.Сейтназаров, А.М.Реймов, Т.И.Нурмуродов, Н.В.Волынскова, У.К.Алимов (Узбекистон) и другими.

Эти исследования в основном направлены на получение ЭФК, простых и комплексных фосфорных удобрений, чистых солей фосфорной кислоты путем разложения фосфоритов различными минеральными кислотами. Мало сведений о получении водорастворимых фосфорных и жидких азотно-кальциевых удобрений (ЖАКУ) импортозамещающих и предназначенных для экспорта NP- и NPK- удобрений, путем отделения содержащегося в них фосфогипса и разложением МОФК ЦК в присутствии азотной и серной кислот.

Кроме этого, стоит отметить отсутствие научно-исследовательских работ по разработке ресурсосберегающей технологии получения NPSCa и NPK- комплексных фосфорных удобрений путем переработки низкокачественной фосфоритной муки и МОФК ЦК в присутствии азотной и серной кислот, отделением и без отделения содержащегося в них фосфогипса.

**Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских работ.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-

исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института инновационного проекта ИЗ-20170929716 «Опытно-промышленное освоение технологии обогащения, мытого обожженного фосконцентрата Центральных Кызылкумов» (2018-2019 гг.).

**Целью исследования** является разработка комплексной, ресурсосберегающей технологии переработки в гранулированные NP- и NPK-удобрений и ЖАКУ путем разложения фосфоритов ЦК в присутствии азотной и серной кислоты.

**Задачи исследования:**

определение процесса получения нитросульфосфатных пульп путем разложения фосфоритов ЦК в присутствии азотной и серной кислот, установление оптимальных технологических параметров;

исследование химического состава кислой пульпы, реологических свойств пульпы, процесса аммонизации кислой пульпы газообразным аммиаком;

определение химического состава и реологических свойств аммонизированной пульпы;

определение физико-химических и товарных свойств нитросульфосфатных удобрений,

изучение оптимальных технологических параметров процесса разложения МОФК, НФС ЦК с присутствием азотной и серной кислот, в различных соотношениях кислот;

изучение влияния технологических параметров на скорость фильтрации при отделении фосфогипса из кислых пульп;

определение химического состава, реологических свойств отделенного азотно-фосфорного раствора (АФР), а также изучение процесса аммонизации газообразным аммиаком;

определение оптимальных технологических параметров получения гранулированных NP- и NPK-удобрений из отделенного АФР;

составление материального баланса и разработка принципиальной технологической схемы получения гранулированных NP и NPK-удобрений и ЖАКУ путем разложения НФС, МОФК и ХОФК ЦК в присутствии азотной и серной кислот;

обоснование технико-экономической эффективности NP и NPK-удобрений, полученных на основе разработанной технологии.

**Объектом исследования** являются НФС, МОФК и ХОФК ЦК, азотная, серная кислоты, газообразный аммиак, хлористый калий, сульфаты, удобрения NPSCa, NP, NPK и ЖАКУ.

**Предметом исследования** является комплексная технология переработки гранулированных NPSCa- и NPK-содержащих удобрений, а также жидкие азот-кальцийные удобрения путем разложения фосфориты ЦК в присутствии азотной и серной кислот.

**Методы исследований.** В диссертационной работе использованы химические и физико-химические (рентгенофазовый, ИК-

спектроскопический, трансмиссионный электронно-микроскопическое сканирование) методы анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

доказаны оптимальные условия процессов разложения НФС и МОФК ЦК в присутствии азотной и серной кислот и закономерности взаимодействия технологических факторов, а также коэффициенты разложения этих фосфоритов в оптимальных условиях составляют 96,3-97,2% и 99,3-99,8% соответственно;

определены оптимальные технологические параметры процесса получения NPSCa- и NPK-удобрений из кислых пульп, нейтрализованных газообразным аммиаком в диапазоне pH=3-3,5, путем разложения МОФК и НФС ЦК азотной и серной кислотами в различных соотношениях и нормах;

впервые определены закономерности взаимодействия и оптимальные условия технологических факторов, влияющих на процессы разложения МОФК ЦК и его химически обогащенного ХОФК азотной и серной кислотами, а также реологические свойства кислых пульп;

впервые изучено влияние различных технологических факторов на процесс фильтрации твердой фазы – фосфогипса из кислых пульп, установлены оптимальные условия, также доказано, что скорость фильтрации пульпы зависит от соотношения  $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4$ , причем скорость фильтрации пульпы увеличивается с увеличением количества  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

определены оптимальные условия технологических факторов процессов нейтрализации газообразным аммиаком кислых пульп, отдаленных от фосфогипса и переработки их в гранулированные NPCa- и NPK-удобрения;

составлены материальные балансы, разработаны принципиальные технологические схемы, изготовлены образцы продукции на опытно-экспериментальной установке, определены их химические и содесодержащие составы, а также товарные свойства получения методами отделения и неотделения, содержащегося в них фосфогипса NP(S)Ca- и NPK-удобрений путем переработки НФС, МОФК и ХОФК ЦК азотной и серной кислотами.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана технология получения NPSCa- и NPK-содержащих удобрений на основе комплексной переработки фосфориты ЦК с азотной и серной кислотами;

доказано, что при уменьшении соотношений N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> с 0,450:1 до 0,412:1, CaO:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> с 0,473:1 до 0,346:1 усвояемая и водорастворимая формы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в составе NP- и NPK-удобрений составляют 94-96 и 82-86% соответственно.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается результатами химического и физико-химического анализа, разработанные технологии подтверждены испытаниями на модельных установках СП-АО «Электрохимзавод».

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке научно-обоснованной технологии получения важной для экономики страны

гранулированных NPSCa- и NPK-удобрений путем переработки НФС, МОФК и ХОФК ЦК азотной и серной кислотами, использованием малоотходной технологии. Медленно действующие и водорастворимые формы фосфоритов являются основой для получения NPSCa- и NPK-содержащих удобрений с различными соотношениями компонентов.

Практическое значение результатов исследования заключается в разработке технологии получения медленно действующих и растворимых в воде фосфоросодержащих гранулированных NPSCa- и NPK-удобрений путем малоотходной переработки фосфоритов ЦК, что способствует удовлетворению потребностей в ценных минеральных удобрениях, пригодных для использования на любых типах почв страны и вегетационных периодах.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке ресурсосберегающих и малоотходных технологий получения гранулированных NPSCa- и NPK-содержащих удобрений путем разложения фосфоритов ЦК в присутствии азотной и серной кислотами:

технология получения NPSCa- и NPK-удобрений путем разложения фосфоритов ЦК в различных нормах и соотношениях азотной и серной кислотами, включена в «Перечень перспективных разработок для внедрения в практику в 2026-2027 годах» СП-АО «Электрохимзавод» (Справка СП-АО «Электрохимзавод» от 06.01.2025 года, № 04). В результате чего получены гранулированные NPSCa- и NPK-содержащие удобрения;

ресурсосберегающая технология получения концентрированных NP и бесхлорных NPK-удобрений из раствора, полученного за счет сокращения расхода серной кислоты и отходов фосфогипса при переработке химически обогащенного фосконцентрата (ХОФК) с присутствием серной и азотной кислот, включена в «Перечень перспективных разработок, внедряемых в практику в 2026-2027 гг. АО «Электрохимзавод» (справка АО «Электрохимзавод» № 04 от 6 января 2025 г.). В результате разработана возможность производства водорастворимых форм фосфорных, гранулированных NP- и бесхлорных NPK-содержащих удобрений, соответствующих различным типам почв и вегетационным периодам растений.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 2 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 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 (PhD) диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность и необходимость проведения исследования, сформулированы цели и задачи исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практическое значение результатов исследования, раскрыто научное и практическое значение полученных результатов, приведены сведения о внедрении научных результатов в практику, структуре диссертации и опубликованных научных работах.

**В первой главе** диссертации под названием «**Состояние исследования особенностей и технологий комплексной переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов в комплексные удобрения**», рассматриваются базы фосфоритных ресурсов, их переработка в присутствии минеральных кислот и область их применения, физико-химические основы получения фосфорных удобрений при переработке фосфоритов в присутствии серной и азотной кислот, а также при изучении технологических решений в области получения NPSCa-, NPCa- и NPK-удобрений, осуществлен научно-литературный обзор патентов на изобретения и научно-технических решений. На основе анализа научной литературы сформулированы цели и задачи исследования.

**Вторая глава** диссертации под наименованием «**Характеристики исходных и промежуточных продуктов и физико-химические методы исследования**» содержит описание характеристик применяемых материалов, химических анализов, а также методов определения физических характеристик, проведения физико-химических исследований и экспериментов.

**Третья глава** диссертации «**Исследование процесса переработки Центральных Кызылкумских фосфоритов путем разложения их в азотно-фосфорные удобрения в присутствии серной и азотной кислот**» посвящена разработке технологии получения комплексных удобрений в виде NP и NPK из растворов NPSCa, образующихся без отделения фосфогипса, содержащегося в пульпах, разложенных НФС и МОФК ЦК в различных нормах и соотношениях серной и азотной кислот.

С целью определения оптимальных технологических показателей переработки НФС ЦК в комплексные азотно-фосфорные удобрения были проведены исследования по влиянию соотношения серной и азотной кислот на степень разложения фосфоритов. В исследовании использован  $H_2SO_4$  с концентрацией 92,5%,  $HNO_3$  с концентрацией 56%, соотношение фаз Т:Ж – 1:3, общее соотношение  $H_2SO_4:HNO_3$  поддерживали на уровне 100-110% от стехиометрии разложения сырья. NPSCa-пульпа интенсивно перемешивалась при температуре 50°C в течении 30 минут (табл. 1).

Степень разложения НФС при 25°C в соотношении  $H_2SO_4:HNO_3=80:30$  составляет 99,3%, в соотношении 60:50 - 98,6%, в соотношении 50:50 – 97,9%, в соотношении 30:70 – 98,0% и в соотношении 10:90 – 98,1%. Полученную после опытов кислую пульпу нейтрализовали газообразным аммиаком до pH 3,0-3,5 и пульпу сушили в термостате при температуре 95-100°C (табл. 2).

Таблица 1

**Влияние нормы и соотношения кислот на степень разложения, на химический состав и на показатель рН NPSCa-содержащих пульп при разложении НФС с серной и азотной кислот**

№	Нормы соотнош-я кислот, %		рН	Количество компонентов, масс. %				Скорость разложения, %
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв.	N <sub>общ.</sub>	CaO	
1	80	30	-0,28	4,91	4,88	1,90	9,324	99,3
2	60	50	- 0,51	4,82	4,76	2,51	12,69	98,6
3	50	50	-0,70	4,73	4,63	3,02	16,07	97,9
4	30	70	-0,76	4,75	4,65	4,25	16,15	98,0
5	10	90	-0,82	4,77	4,67	5,49	16,24	98,1

Таблица 2

**Влияние соотношений и норм кислот и величины рН на химический состав нитросульфатных удобрений**

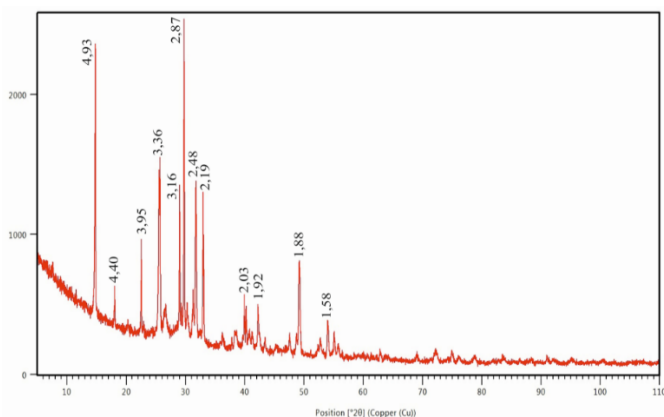
Нормы соотнош-я H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :HNO <sub>3</sub>	рН ПУЛЬПЫ	Химический состав, масс., %						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> водн.
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> вод.	N	SO <sub>3</sub>	CaO	—%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	—%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.
80:30	3,0	12,21	11,59	9,06	8,78	21,73	26,04	94,92	74,21
	3,5	11,91	11,25	8,39	8,96	21,52	25,95	94,45	70,47
60:50	3,0	11,00	10,56	7,22	10,53	15,73	27,81	96,00	65,71
	3,5	11,92	11,43	6,95	10,84	15,53	27,59	95,88	58,33
50:50	3,0	12,41	11,43	3,98	12,31	9,74	29,98	92,10	32,13
	3,5	12,11	11,26	3,65	12,59	9,55	29,56	92,98	30,15
30:70	3,0	10,83	10,06	2,05	13,05	4,98	29,25	92,97	18,92
	3,5	10,77	10,01	1,84	13,39	4,88	29,09	92,86	17,16
10:90	3,0	8,96	8,29	0,93	12,63	0,22	24,19	92,85	10,45
	3,5	8,91	8,26	0,83	12,98	0,21	24,06	92,80	9,30

Был проанализирован химический состав удобрений, полученных при сушке аммонизированной пульпы в соотношениях норм H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>. При изменении соотношения H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>=80:30 на 10:90 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. снизился с 12,21% до 8,91%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>усв. снизился с 11,59% до 8,26%, а P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>вод./P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. снизился с 74,21% до 9,30%. Количество N варьируется от 8,78% до 12,98%, SO<sub>3</sub> от 21,73% до 0,21%, CaO от 26,04% до 24,06%. Для определения солевого состава и анионной структуры полученные NPSCa - удобрения были исследованы методами рентгенографии и ИК-спектроскопии (рис. 1 и 2).

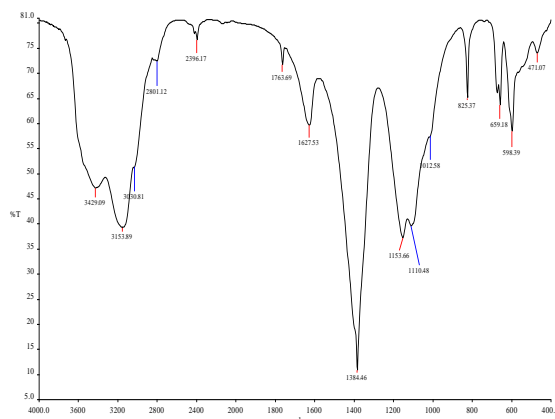
На рентгенограмме NPSCa-удобрений 1,92; 2,03; 2,19; 3,36; 3,60; 4,40; d.Å- Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 1,58; 1,88; 2,07; 2,48; 2,87; 3,06 d.Å CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 2,96; 3,34; 4,93 d.Å Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 2,26; 2,40; 4,72 d.Å- CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 2,38; 3,95 d.Å NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 3,07; 5,32 d.Å NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, имеются также пики, соответствующие 3,16 d.Å FeAlF<sub>5</sub> и 2,65 d.Å MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O.

В ИК-спектрах удобрения NPSCa, полученного в соотношении норм H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>=80:30, помимо характерных колебаний поглощения Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O (850; 1365; 1388; 1607; 1647 см<sup>-1</sup>), присутствуют колебания

поглощений при 1010, 1150, 1400, 1630, 3434 см<sup>-1</sup>, что указывает на наличие CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, соответствующие Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O и CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O.



**Рис. 1. Рентгенограммы сложного удобрения NPSCa, полученного при соотношении H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>= 80:30.**



**Рис. 2. ИК-спектры сложного удобрения NPSCa, полученного при соотношении H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>= 80:30.**

Определено, что при разложении МОФК ЦК в присутствии HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в различных соотношениях, по отношению к CaO при нормах 100 и 110%, твердыми:жидкими фазами в соотношении 1:3÷1:5 и при температуре 50°C коэффициент разложения K<sub>разл.</sub> увеличивался с 94,4 до 9,60 % и с 98,2 до 99,00%, реологические свойства кислой пульпы при 20°C меняются до: плотность ρ=1,594÷1,572 и 1,520÷1,651 г/см<sup>3</sup>, вязкость η=8,596÷9,346 и 8,622÷2,631 сПз. Химические анализы гранулированного NPSCa-удобрения, полученного в лабораторных условиях путем сушки при 105°C аммонизированной кислой пульпы разложением МОФК ЦК, представлены в таблице 3 и по результатам химического и физико-химического анализа были отобраны наиболее оптимальные образцы.

**Таблица 3**

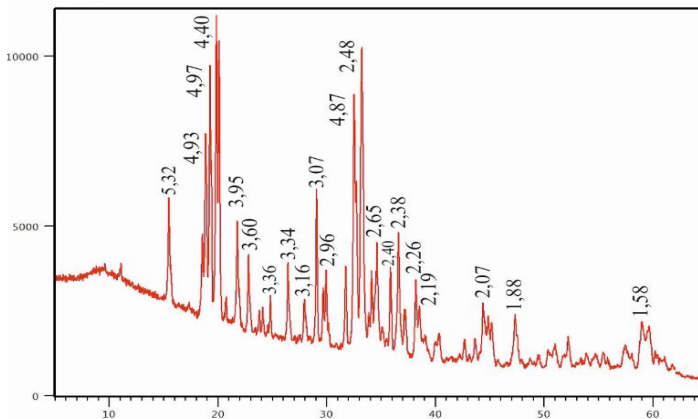
**Химический состав гранулированных образцов NPSCa-удобрений, полученных на основе аммонизации кислой пульпы МОФК аммиаком**

Нормы соотношения H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :HNO <sub>3</sub>	рН пульпы	Химический состав, масс., %						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усл.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> вод.
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усл.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> вод.	N	SO <sub>3</sub>	CaO	—% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	—% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ..
80:30	3,08	15,30	14,68	11,49	7,67	37,99	30,93	95,97	75,15
	3,59	15,21	14,60	10,67	7,76	37,52	30,55	95,99	70,20
60:50	3,00	15,00	14,39	9,40	10,53	31,19	27,81	95,98	62,71
	3,50	14,92	14,30	8,33	10,84	30,83	27,59	95,90	55,33
50:50	3,00	15,90	14,91	4,43	12,31	24,40	27,70	93,78	32,36
	3,58	15,82	14,86	4,10	12,59	24,15	27,56	93,96	30,20
40:60	3,05	15,83	14,72	3,69	12,63	19,08	28,25	92,98	23,32
	3,51	15,77	14,75	3,60	12,98	18,91	28,09	93,53	22,86
30:70	3,01	16,05	15,08	3,03	12,63	14,91	24,19	93,95	18,92
	3,53	15,91	15,11	2,73	13,39	14,81	24,06	94,97	17,16

Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в химическом составе образцов гранулированного NPSCa-содержащего удобрения, полученного на основе переработки МОФК ЦК в присутствии азотно-серной кислоты в разных соотношениях в количестве 100 и 110%, соответственно: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ - 15,77-15,91% и 14,92-15,3%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>усл. - 12,64-

15,11% и 12,29-12,05%,  $P_2O_{5\text{вода}}$  - 2,73-4,43% и 8,33-11,49%. Установлено, что общее содержание  $CaO$  снижается до 21,83-25,20% и 21,89-25,13%, общее содержание азота до 12,31-13,39% и 7,67-10,84%,  $SO_3$  - до 24,40-14,81% и 37,99-30,83%.

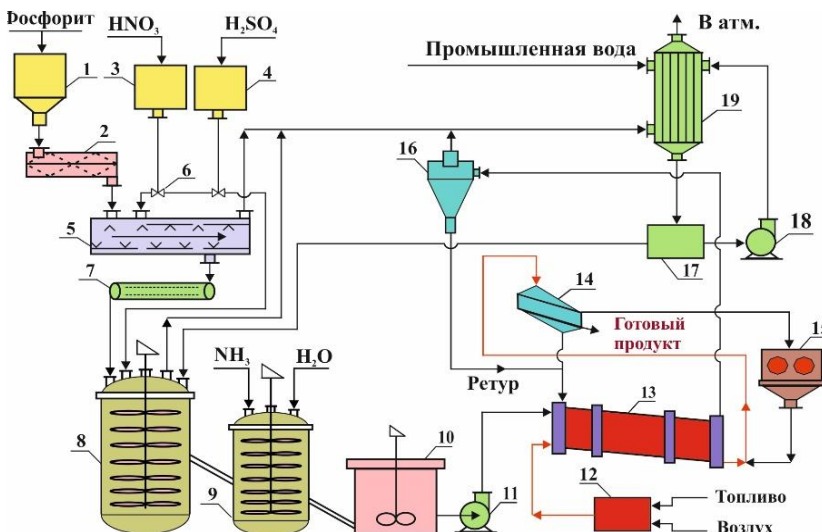
По результатам рентгенофазового анализа образцов NPSCa-содержащих удобрений, они в основном состоят из  $Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $NH_4H_2PO_4$  и небольшое количество дополнительных компонентов, таких как  $FeAlF_5$ ,  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  (рис. 3).



**Рис. 3. Рентгенограмма гранулированного NPSCa-содержащего удобрения**

Рентгеноструктурный анализ NPSCa - удобрения показывает, что пики при 2,19, 3,36, 3,60, 4,40 d.Å характерны для  $Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ ; 1,58, 1,88, 2,07, 2,48, 2,87 d.Å  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ; 2,38, 3,95 d.Å  $NH_4NO_3$ ; 2,26, 2,40, 4,72 d.Å  $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ ; 2,96, 3,34, 4,93 d.Å  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ; 3,07, 5,32 d.Å  $NH_4H_2PO_4$ ; показали, что 3,16 d.Å  $FeAlF_5$  и 2,65 d.Å характерны для  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ .

Гигроскопические точки образцов NPSCa-удобрения, полученных при разложении фосфоритов ЦК на основе  $H_2SO_4:HNO_3$ , при соотношении кислот 30:70; 50:55 и 80:30, составляют 33,73%; 52,0% и 57,0%, их прочность составляет 2,24; 2,80 и 3,5 Мпа, соответственно.



**Рис. 4. Принципиальная технологическая схема получения NPSCa - удобрений.**

Результаты исследования позволили разработать основную технологическую схему производства NPSCa-удобрений. В технологическом процессе разложение НФС осуществляется в два этапа. На 1-м этапе в шнековом реакторе предварительно НФС декарбонизируется с  $H_2SO_4$ . Это в основном устраняет интенсивное

пенообразование. Затем, частично разложившийся и декорбонизированный влажный полупродукт подается на вторую стадию, т.е. в основной реактор для доразложения с оставшимся количеством  $H_2SO_4:HNO_3$ . Затем кислую пульпу нейтрализуют аммиаком до значения pH 3,0-3,5, затем гранулируют и сушат. Оптимальные условия технологических параметров производства NPSCa-содержащих удобрений путем разложения НФС и МОФК в присутствии

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и HNO<sub>3</sub> составляет: соотношение кислот H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub> - 50:50÷80:30; общая норма кислот - 100-110%; t - 40-50°C; Т:Ж=1:3,0÷3,5; τ<sub>разл.</sub> - 45-60 мин.

**Четвертая глава** диссертации под названием «**Исследование процесса переработки сложных NP- и NPK- удобрений с отделением фосфогипса из нитросульфатных пульп, полученных при разложении фосфоритов азотной и сульфатной кислот**» посвящена получению сложных NP- и NPK-содержащих удобрений из образующегося раствора NPCa при разделении фосфогипса из пульпы, полученного путем разложения МОФК и при низкой норме азотной кислоты ХОФК ЦК в присутствии азотной и серной кислот. Приведены химические составы (табл. 4) образцов фильтрата, разложенного МОФК ЦК в присутствии H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub> в нормах 50:55 и 70:35 и соотношениях Т:Ж=1:3,5÷5,0 при температурах 45-60°C.

**Таблица 4.**

**Влияние различных технологических параметров на процессы разложения МОФК в присутствии серной и азотной кислот**

№	Т:Ж	Т, °С	Химический состав азотно-фосфорного раствора, масс. %						
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub> = 50 : 55, маточный раствор 3,83% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>									
1	1:4,5	45	10,90	5,23	13,01	0,46	0,16	0,14	0,63
2		50	10,94	5,19	13,06	0,48	0,16	0,15	0,65
3		60	10,96	5,17	13,08	0,48	0,17	0,15	0,66
4	1:5	45	9,14	4,41	10,96	0,43	0,13	0,12	0,59
5		50	9,17	4,39	11,00	0,45	0,15	0,14	0,62
6		60	9,19	4,38	11,02	0,46	0,16	0,14	0,63
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub> = 70 : 35, маточный раствор 3,24% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>									
7	1:3,5	45	10,54	3,00	5,98	0,26	0,11	0,09	0,45
8		50	10,58	2,97	5,00	0,28	0,13	0,10	0,43
9		60	10,59	2,95	5,01	0,29	0,13	0,10	0,42
10	1:4	45	8,52	2,47	4,00	0,21	0,10	0,07	0,38
11		50	8,55	2,45	4,03	0,23	0,11	0,08	0,36
12		60	8,56	2,44	4,04	0,24	0,12	0,08	0,35

При H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HNO<sub>3</sub> = 50 : 55 в маточном растворе составом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 3,83% при соотношении Т : Ж = 1 : 4,5 и при температурах 45, 50 и 60°C количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 10,90%, 10,94% и 10,96%, количество N и CaO составляют 5,17-5,23% и 13,01-13,08%, соответственно. В этих условиях при соотношении Т : Ж = 1 : 5 также наблюдалась вышеуказанная тенденция, т.е. установлено, что при температурах 45-55°C составляет P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 9,14 - 9,19%; N - 4,38-4,41% и CaO - 10,96-11,02%.

При нормах кислот H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HNO<sub>3</sub> = 70:35 в маточном растворе составом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-3,24% при соотношении Т:Ж=1:3,5 и при температурах 45, 50 и 60°C количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-10,54%, 10,58% и 10,59%, количество N и CaO составляют 2,95-3,00% и 4,00-4,04%, соответственно. В процессе разложения было замечено, что по мере увеличения соотношений фаз Т : Ж от 1 : 3,5 до 1 : 4 количество компонентов в азотно-фосфорном растворе уменьшается в соответствии с той же тенденцией. В соотношении Т : Ж = 1 : 4 при температурах 45-60°C количество

составляет  $P_2O_5$  - 8,52-8,56%; N - 2,44-2,47%; CaO - 4,00-4,04%, соответственно. Общая норма МОФК  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$  составляет 105%,  $HNO_3 : H_2SO_4 = 75 : 30$ ; T : Ж = 1 : 4 ÷ 1 : 3,5; в эксперименте было установлено, что фильтрация кислых пульп, разложенных при температуре процесса 40÷60°C и продолжительностью 40-80 минут, не идет. В соотношении  $HNO_3:H_2SO_4=65:40$  при повышении температуры с 40°C до 60°C скорость фильтрации кислой пульпы составляет 43,05-140,79 кг/м<sup>2</sup>·ч, в соотношении  $HNO_3:H_2SO_4=55:50$  скорость фильтрации 402,25-315,28 кг/м<sup>2</sup>·ч, в соотношении  $HNO_3:H_2SO_4 = 45:60$  скорость фильтрации 413,99-906,16 кг/м<sup>2</sup>·ч и при нормах соотношений  $HNO_3:H_2SO_4=35:70$  скорость фильтрации увеличивается до 1484,79-2411,72 кг/м<sup>2</sup>·ч. Как видно из других проведенных технологических показателей, скорость фильтрации по всей пульпе, фильтрату и твердой фазе повышается с увеличением соотношений норм серной кислоты и соотношений T:Ж. Путем первоначального разложения МОФК с  $HNO_3$  по отношению CaO в МОФК 12 и 15%-ную  $HNO_3$  подвергли воздействию в нормах 24÷30% и фильтрацией отделили жидкую фазу. Проанализирован состав образующейся при фильтрации твердой фазы - ХОФК. При воздействии МОФК с 12%-ным  $HNO_3$  по отношению CaO в норме 24% содержание твердой фазы составляет CaO-35,23%,  $P_2O_5$ -22,82%, КМ=1,544, с 12%-ным  $HNO_3$  в норме 25% CaO-34,91%,  $P_2O_5$ -22,73%, КМ=1,536, с 12%-ным  $HNO_3$  в норме 27% CaO-34,19%,  $P_2O_5$ -22,51%, КМ=1,519, с 15%-ным  $HNO_3$  в норме 30% CaO-31,44%,  $P_2O_5$ -21,02%, КМ=1,488. Исследованы процессы разложения ХОФК с участием серной и азотной кислот, полученного обогащением МОФК при низких нормах  $HNO_3$  (табл. 5).

**Таблица 5.**

**Влияние различных технологических показателей на процессы разложения ХОФК в присутствии серной и азотной кислот**

№	Т:Ж	Т, °С	Химический состав азотно-фосфорного раствора, масс. %						
			$P_2O_5$	N	CaO	MgO	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	F
$H_2SO_4 : HNO_3 = 50 : 55$ , маточный раствор 4,7% $P_2O_5$									
1	1:4,5	45	10,32	4,44	7,81	0,54	0,18	0,17	0,65
2		50	10,36	4,41	7,84	0,56	0,18	0,17	0,67
3		55	10,37	4,39	7,85	0,56	0,19	0,17	0,67
4	1:5,0	45	9,18	3,97	6,91	0,52	0,17	0,15	0,61
5		50	9,21	3,95	6,95	0,53	0,18	0,16	0,64
6		55	9,22	3,94	6,97	0,53	0,18	0,16	0,65
$H_2SO_4 : HNO_3 = 70 : 35$ , маточный раствор 5,1% $P_2O_5$									
7	1:3,0	45	12,90	3,52	5,52	0,33	0,13	0,12	0,50
8		50	12,94	3,50	5,54	0,35	0,15	0,13	0,53
9		55	12,96	3,49	5,55	0,36	0,16	0,14	0,52
10	1:3,5	45	10,58	2,89	4,53	0,29	0,12	0,10	0,47
11		50	10,62	2,87	4,55	0,30	0,14	0,11	0,46
12		55	10,64	2,86	4,56	0,30	0,15	0,11	0,44
13	1:4,0	45	8,95	2,45	3,82	0,24	0,11	0,07	0,41
14		50	8,99	2,43	3,85	0,26	0,13	0,09	0,39
15		55	9,00	2,42	3,87	0,27	0,13	0,09	0,38

Процесс разложения ХОФК с  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$  проводили в присутствии маточного NP раствора при температурах 45; 50 и 60°C, в соотношениях T:Ж=1:3,0÷5,0 в течении 60 мин.

$H_2SO_4:HNO_3=70:35$ , концентрация  $P_2O_5$  в маточном растворе составляет 5,1%, при соотношении Т:Ж=1:3,0 при температурах 45; 50 и 60°C  $P_2O_5$  составляет 12,90%, 12,94% и 12,96% соответственно, а количество N и CaO составляет 3,49-3,52% и 5,52-5,55%, соответственно. Вышеуказанная тенденция наблюдалась и при соотношении Т:Ж=1:3,5, т.е. при температурах 45-60°C содержание  $P_2O_5$  - 10,58-10,64%; N - 2,86-2,89%; CaO - 4,53-4,56% и при соотношении Т:Ж=1:4  $P_2O_5$  - 8,95-9,00%; N - 2,42-2,45%; CaO - 3,82-3,87%, соответственно.

Технологические показатели переработки ХОФК в присутствии  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$  эффективны по сравнению с процессами получения NP-содержащего раствора из исходного МОФК. Количество образующегося фосфогипса относительно меньше, а также количество питательных компонентов в полученных растворах больше. Показан состав NP-содержащего раствора, плотность пульпы и фильтрата, полученного при процессе разложения ХОФК в присутствии  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$  продолжительностью в интервале от 30 до 240 минут (табл. 6).

**Таблица 6**

**Влияние времени разложения, а также норм и соотношений (Т:Ж=1:3) кислот на плотность пульпы и фильтрата, на химический состав NP-содержащего раствора, полученного при переработке ХОФК в присутствии  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$**

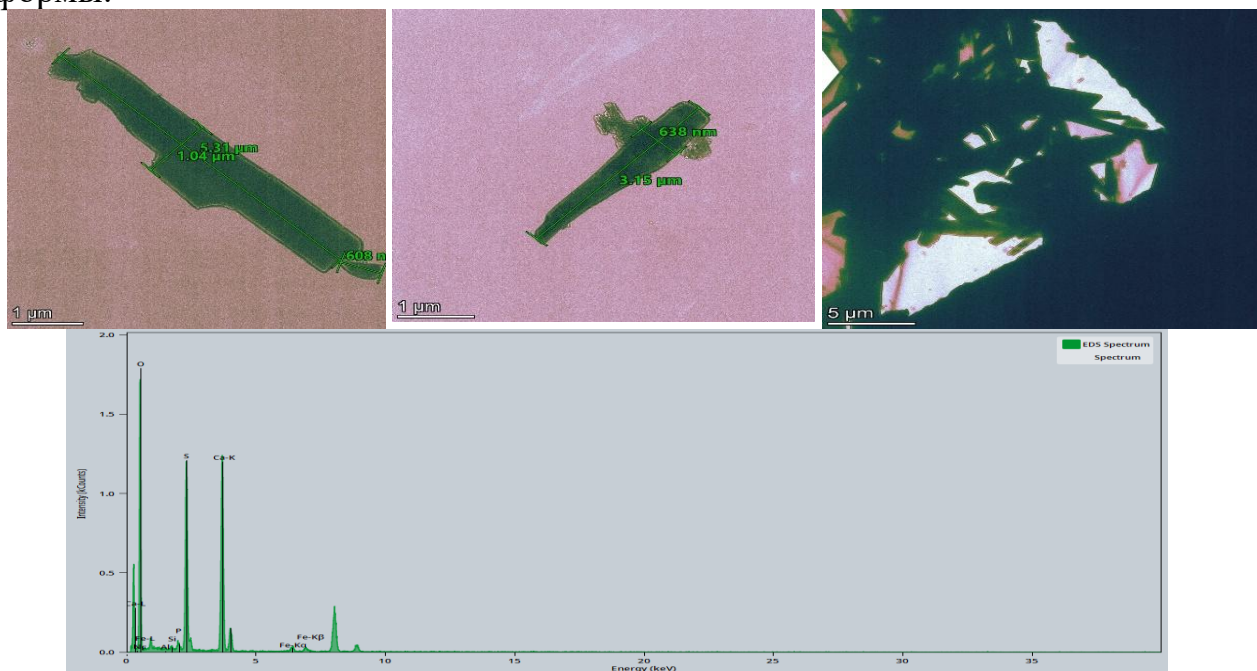
Время, мин.	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Количество компонентов, масс. %		
	Пульпа	Фильтрат	$P_2O_5$	CaO	N
$H_2SO_4 : HNO_3 = 50 : 55$ , маточный раствор - 4,7 % $P_2O_5$					
30	1,441	1,232	10,31	7,79	4,37
60	1,454	1,239	10,36	7,84	4,41
120	1,461	1,245	10,38	7,86	4,43
180	1,468	1,252	10,41	7,87	4,45
240	1,475	1,255	10,42	7,88	4,46
$H_2SO_4 : HNO_3 = 70 : 35$ , маточный раствор - 5,1 % $P_2O_5$					
30	1,481	1,243	12,69	5,49	3,48
60	1,498	1,248	12,94	5,54	3,50
120	1,505	1,254	12,99	5,57	3,52
180	1,545	1,259	13,05	5,59	3,53
240	1,522	1,262	13,12	5,60	3,54

Установлено, что при соотношении норм  $H_2SO_4:HNO_3 = 70:35$  в составе NP-ного раствора содержание  $P_2O_5$  увеличивается от 12,69% до 13,12%, N – от 3,48% до 3,54%, CaO – от 5,49% до 5,60%,  $\rho$  раствора от 1,481 до 1,522 г/см<sup>3</sup>, а  $\rho$  NP-ного фильтрата увеличивается от 1,243 до 1,262 г/см<sup>3</sup>.

В общем материальном балансе для обогащения 1000 кг МОФК было использовано 605,66 кг 56%-ной  $HNO_3$  и 2220,73 кг воды при соотношении Т:Ж=1:2,8. При этом, образовалось 1200 кг ХОФК ( $P_2O_5$ -22,51%; CaO-34,192%) и 2600 кг азотно-кальциевого раствора ( $P_2O_5$ -0,23%; CaO-5,69%, N-2,84%). На переработку 1200 кг ХОФК расходуется 576,98 кг 56%-ной  $HNO_3$  и 540,45 кг 93%-ной  $H_2SO_4$ , при этом образуется 2002,5 кг азотно-фосфорного раствора ( $P_2O_5$ -12,94%; CaO-5,54%, N-3,50%).

С увеличением  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=50:55$  и Т:Ж от 1:4,5 до 1:5 при 20°C  $\rho$  кислых пульп уменьшилась от 1,461 до 1,452 г/см<sup>3</sup>, вязкость от 3,844 до 3,178 сПз, при 60°C  $\rho$  уменьшалась от 1,454 до 1,443 г/см<sup>3</sup>, а вязкость снизилась от 1,685 до 1,465 сПз. При увеличении  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=70:35$  и Т:Ж от 1:3 до 1:4 при 20°C  $\rho$  кислой пульпы уменьшалась от 1,508 до 1,486 г/см<sup>3</sup>, а вязкость от 11,860 до 8,227 сПз, при 60°C  $\rho$  уменьшалась от 1,498 до 1,475 г/см<sup>3</sup>, вязкость же от 4,753 до 2,866 сПз.

Фосфогипс во влажном состоянии, полученный при переработке ХОФК в соотношении  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=70:35$ , был проанализирован на аппарате трансмиссионной электронной микроскопии (HR-TEM Talos-F200i). Здесь можно увидеть, что фосфогипс, выделенный при норме и соотношении  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=75:30$ , образует хорошо отфильтрованные кристаллы игольчатой формы.



**Рис. 5. Анализ трансмиссионной электронной микроскопии фосфогипса ( $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=70:35$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  отделенный образец)**

Для анализа исследован состав питательных компонентов образцов NP- и NPK-содержащих удобрений, полученных в результате исследований. Произведен образцы бесхлорных NPK-удобрений, полученный при добавлении NP-удобрения и сульфат калия в кислый NPCa-содержащий раствор, нейтрализованный газообразным аммиаком в диапазоне pH значений 3,02 – 3,11, полученный при переработке МОФК ( $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=50:55$ , образец №1 и  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3=75:30$ , образец №2) и ХОФК ( $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3 = 75:30$ , образец №3) в различных технологических параметрах в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HNO}_3$ . Их химический состав приведен в таблице 7.

На рентгенограмме NPK-содержащих удобрений показаны пики со следующими характеристиками (рис. 6): 11,75; 5,70 Å -  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 5,32 Å -  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , 5,1; 3,72; 2,00 Å -  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 3,30 Å -  $\text{K}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ , 5,0; 4,19 Å -  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 3,95; 3,06; 2,86; 2,38 Å -  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 3,16 Å -  $\text{FeAlF}_5$ , 2,77; 2,66 Å -  $\text{KNO}_3$ ;

2,65 Å -  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ , 2,34, 2,08 Å -  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ , 2,48; 2,22; 1,79 Å -  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  ва 1,60 Å -  $CaHPO_4$ .

Таблица 7

**Химический состав полученных NP- и NPK-удобрений**

№	рН	N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Химический состав, масс. %						CaO:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> вод.	K <sub>2</sub> O	CaO	
Химический состав NP									
1	3,11	0,481:1:0	11,98	24,90	23,68	7,75	-	24,65	1,0:1,0
2	3,02	0,425:1:0	10,88	25,58	24,37	18,17	-	12,10	0,473:1
3	3,10	0,412:1:0	27,32	27,32	26,16	23,24	-	11,74	0,429:1
Химический состав NPK									
1	3,11	0,8:1:1	14,11	17,64	16,75	5,54	17,50	17,66	1,0:1,0
2	3,02	0,5:1:0,7	9,08	17,10	16,25	14,62	17,00	8,01	0,428:1
3	3,10	0,5:1:1	8,40	18,35	17,66	15,80	18,48	7,85	0,428:1

Результаты ИК-спектроскопических исследований показали (рис.7), что в диапазоне 1650-1590 см<sup>-1</sup> NPK удобрений и их соединений наблюдаются колебания, характерные для плоских частот колебаний групп N-H и NH<sub>2</sub>, а в диапазоне 1600-1400 см<sup>-1</sup> соответствуют частотам колебаний NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, NH<sub>2</sub><sup>+</sup>, NH<sup>+</sup>. ИК-спектр NPK удобрений 876,33-1058,27 см<sup>-1</sup> содержит широкий диапазон частот колебаний PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, а частоты колебаний, характерные для сульфат-ионов, появляются при 1634,07 см<sup>-1</sup>. Линии поглощения при 2859,76-3223,20 см<sup>-1</sup> соответствуют кристаллизованной воде.

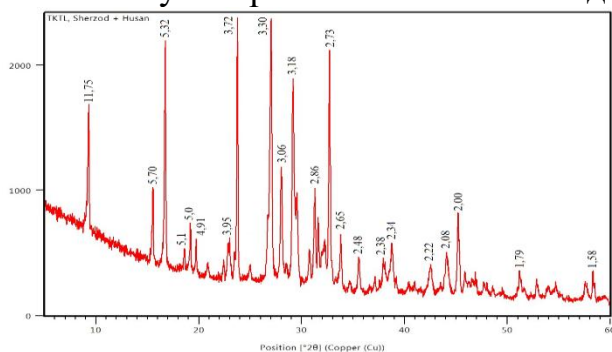


Рис. 6. Рентгенограмма NPK-удобрения

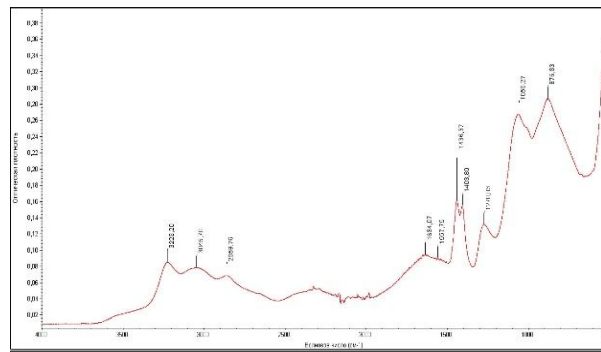
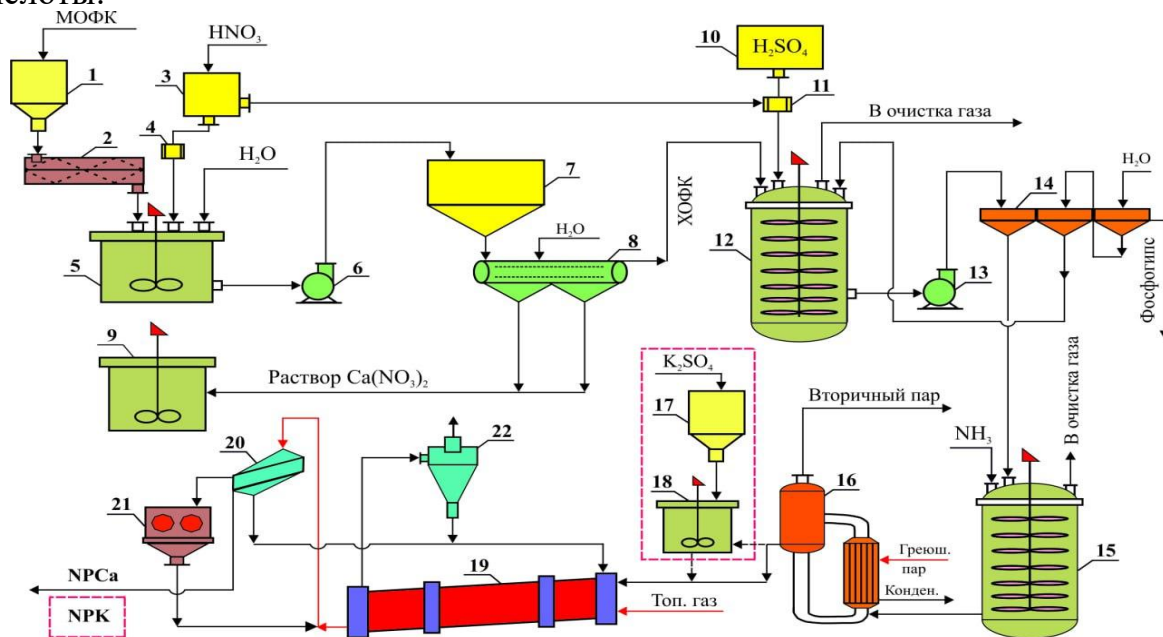


Рис. 7. ИК-спектр NPK-удобрения

Исходная влажность образцов удобрений, взятых для определения гигроскопических точек, была следующей, %: 1,09 – 3,37%; 1,06 – 1,17%. Гигроскопические точки смешанных удобрений, полученных в оптимальных условиях, следующие: в NP-удобрении от 52,78% до 67%, а в NPK-удобрении от 56% до 68%. Из этих значений видно, что полученные образцы удобрений соответствуют средней влажности атмосферы, но при хранении в осенне-зимние и зимне-весенние периоды они увлажняются. Поэтому их рекомендуется хранить и транспортировать в полипропиленовых мешках. Прочность гранул NP- и NPK- удобрений составляет 3,0 и 3,5 мПа, соответственно.

Данные лабораторных исследований и экспериментальных работ по установке модельного оборудования позволили разработать технологическую схему производства NP- и NPK-содержащих удобрений (рис. 8). Сущность технологического процесса направлена на извлечение свободного CaO в виде

раствора нитрата кальция и на снижение модуля кальция путем предварительного химического обогащения МОФК низкой нормой азотной кислоты.



**Рис. 8. Гибкая технологическая схема получения NP и NPK-удобрений разложением МОФК и ХОФК в присутствии азотной и серной кислот.**

Он заключается в разложении ХОФК в присутствии азотной и серной кислот и циклического маточного раствора. Разложение серной и азотной кислот в различных нормах и соотношениях проводилось при температуре 50°C в течении 45-60 минут в условиях Т:Ж=1:3,0÷3,5. Затем полученную пульпу аммонизировали до значения рН 3,0-3,5 и для получения бесхлорного NPK-содержащего удобрения добавляют компонент, содержащий калий – сульфат калия.

Технологии переработки азотно-фосфорно-кальциевых растворов, образующихся при разложении МОФК, а также обогащая его азотной кислотой в низких нормах полученный ХОФК в присутствии H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub> при оптимальных нормах и соотношениях, на гранулированные NP- и NPK-удобрения, были апробированы в опытно-промышленных условиях СП-АО «Электрохимзавод».

Технико-экономические расчеты показывают высокую эффективность технологии обогащения ХОФК серной и азотной кислотами и получению на их основе различных удобрений. Также, по сравнению с традиционным способом производства ЭФК, относительно низкое образование отходов фосфогипса, соответствует государственным экологическим программам по внедрению малоотходных и ресурсосберегающих технологий производства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучены процессы разложения НФС и МОФК ЦК в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и HNO<sub>3</sub> при различных нормах и соотношениях: для НФС степень разложения при H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>=80:30 составляет 99,3%, при 60:50 – 98,6%, при 50:50 – 97,9%, при 30:70 – 98,0% и при 10:90 – 98,1%, для МОФК степень разложения при H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>=50:50 достигает 94,8%, при 60:40 – 95,4%, при 70:30 – 95,6%, при 55:55 – 98,7%, при 65:45 – 98,8% и при 75:35 – 99,0%.

2. Количество по соотношению  $P_2O_{5\text{убв.}}/P_2O_{5\text{общ.}}$  составляет 96,99-99,51% для НФС и 92,10-94,92% для МОФК в составе удобрений, полученных нейтрализацией газообразным аммиаком до рН среды 3-4 NPSCa-содержащей кислой пульпы, полученный разложением фосфоритов ЦК в присутствии  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$ . Установлено, что процент относительного количество  $P_2O_{5\text{вод.}}/P_2O_{5\text{общ.}}$  снижается с увеличением рН значения удобрений, т.е. при рН = 3 от 74,21 - 79,32% при рН = 4 до 65,01 - 70,23%.

3. Гигроскопические точки NPSCa-содержащих удобрений, полученных путем разложения НФС и МОФК на основе серной и азотной кислот, при соотношении кислот  $H_2SO_4:HNO_3$  30:70, 50:55 и 80:30 составляют 33,73%, 52% и 57% соответственно, а их прочность – 2,24, 2,80 и 3,5 МПа.

4. Исследованы оптимальные условия, влияющие на процесс отделение фосфогипса из состава разложенного МОФК и ХОФК ЦК в присутствии азотной и серной кислот: кислотные нормы и соотношения  $H_2SO_4:HNO_3$  = 70:35, соотношение твердых веществ к жидким - Т:Ж = 1:3÷3,5, температура процесса - 50°C, продолжительность - 60-80 минут, при котором можно достичь скорости фильтрации 1565-2065 кг/м<sup>2</sup>·ч.

5. Переработка ХОФК ЦК в присутствии серной и азотной кислот позволяет снизить норму расхода серной кислоты до 27% и сократить объем отходов фосфогипса в 1,5-2 раза по сравнению с производством по стандартной технологии ЭФК и фосфорных удобрений на ее основе.

6. Получены NP-удобрения, содержащие 36,46-44,75% питательных веществ, с соотношением N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от 0,412:1 до 0,45:1 и соотношением CaO:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от 0,346:1 до 0,473:1. А также получены азотно-фосфорно-калийные удобрения, содержащие 42,81-48,31% питательных веществ, при соотношении N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O от 0,5:1:0,7 до 0,5:1:1. Достигнутые результаты показали, что усвояемые и водорастворимые формы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в составе полученных NP- и NPK-удобрений также составляют 94-96 и 82-86%, соответственно.

7. Исследованы солевой состав и физико-химические характеристики отходов и продуктов с использованием методов рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии и трансмиссионной электронной микроскопии образцов фосфогипсов и гранулированных NP- и NPK-удобрений, полученных путем разложения фосфоритов ЦК в присутствии азотной и серной кислот.

8. Точки гигроскопичности NP- и NPK-удобрений, полученных разложением МОФК и ХОФК на основе серной и азотной кислот, при соотношении кислот  $H_2SO_4:HNO_3$  50:55 и 70:35, NP-удобрения от 52,78% до 67%, NPK-удобрения от 56% до 68%, соответственно и прочность равен 3 и 3,5 МПа, соответственно.

9. Разработаны и испытаны опытно-промышленных условиях технологические схемы и материальные балансы получения NP- и NPK-удобрений переработки фосфоритов ЦК азотной и серной кислотами. Техничко-экономические расчеты показали при получении NPSCa-содержащих удобрений путем переработки НФС и МОФК азотной и серной кислотами не отделяя фосфогипса составляет в соответствии 31,9 ва 68,1 млрд. сумов, при получении NPCa и NPK-содержащих удобрений путем переработки МОФК и ХОФК отделяя фосфогипса составляет в соответствии 39,9 и 30,0 млрд. сумов (МОФК), а также 129,2 и 51,0 млрд. сумов (ХОФК) и высокую экономическую эффективность предлагаемой технологии.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 AT INSTITUTE OF  
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

---

**TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**ZIKIROV HUSAN**

**PROCESSING OF CENTRAL KYZYLKUM PHOSPHORITES WITH  
SULFURIC AND NITRIC ACIDS INTO COMPLEX FERTILIZERS WITH  
AZOTFOSPHORUS AND AZOTFOSPHORCALY**

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

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

**Tashkent – 2025**

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2024.3.PhD/T4829.

Dissertation was carried out at Tashkent Chemical-Technological Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and on the website of "Ziyonet" Information and educational portal [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz).

**Research supervisors:**

**Mirzakulov Kholtura**  
doctor of technical science, professor

**Official opponents:**

**Seitnazarov Atanazar**  
doctor of technical sciences, professor

**Shamshidinov Israiljon**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**


**Fergana State Technical University**


The defense will take place "21" august 2025 at 14<sup>00</sup> o'clock at the meeting of scientific council No. DSc. 02/05.05.2023.K/T.35.02 at institute of General and Inorganic Chemistry (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60, fax: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).


The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under №84). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulugbek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

The abstract of the dissertation was sent out "07" august 2025 year.  
(registru of the mailing protokol № 84 dated "07" august 2025 year).



  
**N. Usanbaev**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees, doctor  
of technical sciences, professor

  
**J. Shukurov**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees, doctor  
of technical sciences, professor

  
**Sh. Namazov**  
Chairman of scientific seminar at scientific council  
on awarding of scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor, academician

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research:** The project involves developing a comprehensive, resource-efficient technology for processing CK phosphorites into granular complex NPSCa and NPK fertilizers by breaking them down in the presence of nitric and sulfuric acid and separating phosphogypsum.

**The objects of research:** Study were CK UPRM Material and WBPC, nitric acid, sulfuric acid, ammonia gas, potassium chloride, nitrate, sulfates, NPSCa and NPK fertilizers, and Liquid Nitrogen Calcium fertilizers.

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

The optimal conditions and the regularities of interaction of technological factors in the decomposition processes of CK UPRM Materials and WBPC with the participation of nitric and sulfuric acids, and the decomposition coefficients of these phosphorites under the established optimal conditions are 96.3-97.2% and 99.3-99.8%, respectively;

The optimal technological factors of the processes of obtaining NPSCa and NPK fertilizers from the decomposed sour mash of CK UPRM and WBPC with different ratios and norms of nitric and sulfuric acids by neutralizing them with gaseous ammonia in the range of pH=3.0-3.5 were determined;

For the first time, the regularities of interaction of technological factors and the optimal conditions affecting the decomposition processes of CK WBPC and its chemically enriched ChEPC with nitric and sulfuric acids, as well as the rheological properties of sour mash, have been determined;

For the first time, the influence of various technological factors on the process of filtering solid phase - phosphogypsum from sour mash, optimal conditions and the dependence of the mash filtration rate on the  $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4$  ratio, and the increase in the mash filtration rate with an increase in the  $\text{H}_2\text{SO}_4$  content were proven;

The optimal conditions of the technological factors of the processes of neutralizing sour mash from which phosphogypsum was separated with gaseous ammonia and processing them into granular NPCa- and NPK-containing fertilizers were determined;

Material balances were compiled for the processing of CK UPRM, WBPC and chemically enriched phosphorus concentrate (ChEPC) with nitric and sulfuric acids to obtain NP(S)Ca- and NPK-containing fertilizers in methods with and without separation of phosphogypsum in their composition, principle technological schemes were developed, product samples were produced in an experimental and test facility, their chemical and salt compositions and commercial properties were determined.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific results on the development of resource-saving and low-waste technologies for the production of granulated NPSCa- and NPK-containing fertilizers by decomposing CK phosphorites in the presence of nitric and sulfuric acids:

the technology for obtaining NPSCa and NPK fertilizers by decomposing UPRM and WBPC CK with nitric and sulfuric acids is included in the “List of promising developments for implementation in practice in 2026-2027” of JV-JSC “Elektrokimyozavod” (Reference of JV-JSC “Elektrokimyozavod” dated 06.01.2025, no. 04). As a result, granulated NPSCa- and NPK-containing fertilizers were obtained;

the resource-saving technology for obtaining concentrated NP and chlorine-free NPK fertilizers from a solution obtained by reducing the consumption of sulfuric acid and phosphogypsum waste during the processing of chemically enriched phosconcentrate (ChEPC) with the presence of sulfuric and nitric acids is included in the “List of promising developments for implementation in practice in 2026-2027” of JV-JSC “Elektrokimyozavod” (Reference of JV-JSC “Elektrokimyozavod” dated 06.01.2025, no. 04). As a result, it was possible to produce water-soluble forms of phosphorus, granulated NP and chlorine-free NPK fertilizers corresponding to various types of soils and vegetation periods of plants.

**Structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and an appendix. The volume of the dissertation is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИЛМИЙ ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКАВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим; (I часть; part I)**

1. Зикиров Ҳ.А., Мирзакулов Х.Ч., Ёрбобоев Р.Ч., Меликулова Г.Э. Марказий Қизилқум фосфоритларидан нитрат ва сульфат кислотали қайта ишлаш асосида NPKCa ўғитини олиш жараёни тадқиқоти. Ўзбекистон «Композицион материаллар» илмий-техникавий ва амалий журнали. Тошкент, №1. 2024. 227-231 б. (02.00.00, №4).

2. Зикиров Х.А., Мирзакулов Х.Ч., Ёрбобаев Р.Ч., Каршиев Б.Н. Обработка технологических параметров процесса получения нитрофосфатных и нитросульфатных удобрений на модельной установке. Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2024, 10(127). URL:<https://7universum.com/ru/tech/archive/item/18347>. - С. 6-10. (02.00.00. №1).

3. Зикиров Ҳ.А., Мирзакулов Х.Ч., Ёрбобоев Р.Ч., Арифджанова К.С. Марказий Қизилқим ювиб куйдирилган фосконцентратини нитрат ва сульфат кислоталар иштирокида парчалаб филтрация жараёни тадқиқоти. “ЎЗМУ хабарлари”, Ташкент, №3/2/1, 2024. 360-362 б. (02.00.00. №12).

4. Zikirov H.A., Mirzakulov Kh.Ch., Khujamberdiev Sh.M. Researching of the Processes of Obtaining NP and NPK Fertilizers by Processing Phosphorite of Central Kyzylkum With the Participation of Sulfuric and Nitric Acids. I International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 11, Issue 12, December 2024. SSN: 2350-0328. Pp. 41-45. (05.00.00, №8).

5. Зикиров Х.А., Мирзакулов Х.Ч., Ёрбобаев Р.Ч. Исследование процесса разложения необогащенного фосфатного сырья Центральных Кызылкумов азотной и серной кислотами. Журнал «Химии и химической технологии». Ташкент. 4/2024. с. 3-13. (02.00.00, №3).

**II бўлим; (II часть; part II)**

6. Зикиров Х.А., Бобоев А.Х., Мирзакулов Х.Ч., Турсунов С.А., Холиёрова У.Ж. Технология получения бесхлорных NPK удобрения для хлорофобных растений. Сборник материалов республиканской научно-технической «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефтегазоперерабатывающей и пищевой промышленности». Ташкент, 25 ноябрь, 2022 г., с. 71-74.

7. Зикиров.Ҳ.А., Мирзакулов Х.Ч., Ёрбобаев Р.Ч. Марказий Қизилқум бойитилмаган фосфат хомашёсини азот кислотали парчалаш жараёнини тадқиқоти. ЎЗР ФА Умумий ва ноорганик кимё институтини "Оддий, мураккаб ва органоминерал ўғитлар ишлаб чиқаришнинг инновацион технологиялари" мавзусидаги чет эллик олимлар иштирокидаги Республика илмий-амалий конференцияси ҳамда ЎЗР ФА академиги, техника фанлари

доктори, профессор, Ўзбекистон Республикасида хизмат кўрсатган ихтирочи ва рационализатор Намазов Шафаат Сатторовичнинг 80 йиллигига бағишланган конференция материаллари. 13–14 декабрь 2022 йил. Тошкент шаҳри, 63-64-бетлар.

8. Зикиров Ҳ.А., Мирзақулов Х.Ч., Ёрбобаев Р.Ч., Мансуров О.А. Марказий Қизилқум бойитилмаган фосфат хомашёсини нитрат кислотали парчалаш жараёнини тадқиқоти. Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти “Кимё ва кимёвий технология соҳасидаги инновацион ишланмаларни амалда жорий этиш муаммолари, ечимлари ва истиқболлари” мавзусидаги республика миқёсидаги илмий-амалий анжумани мақолалари тўплами. 2023 йил 26-27 апрель, Қарши-2023. 81-82-бетлар.

9. Зикиров Ҳ.А., Мирзақулов Х.Ч., Ёрбобаев Р.Ч. Марказий Қизилқум ювиб куйдирилган фосконцентратини нитрат ва сульфат кислотали қайта ишлаш асосида НРКСа ўғитини олиш жараёни тадқиқоти. Тошкент кимё-технология институтининг “Глобаллашув шароитида ноорганик моддалар ва материаллар ишлаб чиқаришда инновацион технологияларни ривожлантириш истиқболлари” мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси мақолалар тўплами (чет эл олимлари иштирокида). 9-10 ноябрь 2023 йил. 37-38-бетлар.

10. Зикиров Ҳ.А., Мирзақулов Х.Ч., Ёрбобаев Р.Ч. Марказий Қизилқум ювиб куйдирилган фосконцентратини нитрат ва сульфат кислотали қайта ишлаш асосида НРКСа ўғитини олиш жараёни тадқиқоти. “Ўзбекистон минерал-хомашё ресурсларини қайта ишлашнинг илғор технологияларини яратиш ва қўллаш бўйича долзарб муаммолар” мавзусидаги ЎзР ФА ҳузуридаги Умумий ва ноорганик кимё институти ташкил этилганлигининг 90 йиллиги ҳамда ЎзР ФАнинг ташкил топганлигининг 80 йиллигига бағишланган халқаро илмий-техник конференция материаллари. 2023 йил 16–17 ноябрь. Тошкент – 2023. 76-77-бетлар.

11. Зикиров Х.А., Мирзақулов Х.Ч., Ёрбобаев Р.Ч. Сульфат и азотной кислотное разложение мытого обожженного фосконцентрата Центральных Кызылкумов. Химическая технология и техника. Материалы докладов 88-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава научных сотрудников и аспирантов. 16 февраля 2024 года. Минск. - 2024. - С. 111-113.

12. Зикиров Ҳ.А., Мирзақулов Х.Ч., Ёрбобоев Р.Ч., Жўраева К.Т. Марказий Қизилқум фосконцентратини нитрат ва сульфат кислоталар билан парчалаб олинган бўтқанинг реологик хоссалари. Академик М.Н. Набиев таваллудининг 111 йиллигига бағишланган «Глобализация шароитида ноорганик моддалар ва материаллар ишлаб чиқаришнинг инновацион технологияларини ривожлантириш истиқболлари» мавзусидаги халқаро илмий-техник конференциясининг материаллари тўплами. 2024 йил 23–24 май, Тошкент. 166-167-бетлар.

13. Зикиров Х.А., Мирзақулов Х.Ч., Ёрбобаев Р.Ч., Хужамбердиев Ш.М. Нитросульфатфосфатных удобрений на основе низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов. Актуальные вопросы современной науки сборник

статей XV-Международной научно-практической конференции, состоявшейся 15 августа 2024 г. в г. Пенза. МЦНС «Наука и просвещение», 2024». УДК 001.1 ББК 60 А43 ISBN 978-5-00236-474-9. - С.19-21.

Авореферат «Ўзбекистон кимё журнали » тахририяида тахрирдан  
ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро  
мувофиқлаштирилди.

**Босмахона лицензияси:**



**9338**

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табоғи: 3. Адади 100 дона. Буюртма № 29/25.

Гувоҳнома № 851684.

«Тирографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.