

**ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.03/30.04.2021.Т.106.04 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**  

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**НУЪМОНОВ БАХТИЁРЖОН ОМОНЖОНОВИЧ**

**ФОСФОГИПС КОНВЕРСИЯСИ АСОСИДА БИРЛАМЧИ ФОСФОРЛИ**  
**ВА КОМПЛЕКС ЎҒИТЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

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

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

**Фарғона – 2021**

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

**Нуъмонов Бахтиёржон Омонжонович**

Фосфогипс конверсияси асосида бирламчи фосфорли ва комплекс  
ўғитлар олиш технологияси..... 3

**Нуъмонов Бахтиёржон Омонжонович**

Технология получения одинарных фосфорных и комплексных  
удобрений на основе конверсии фосфогипса..... 21

**Numonov Bakhtiyorjon Omonjonovich**

Technology for obtaining single and complex fertilizers based on the  
conversion of phosphogypsum..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

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

**ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМӢЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.03/30.04.2021.Т.106.04 РАҚАМЛИ ИЛМӢЙ КЕНГАШ**  

---

**УМУМӢЙ ВА НООРГАНИК КИМӢ ИНСТИТУТИ**

**НУЪМОНОВ БАХТИЁРЖОН ОМОНЖОНОВИЧ**

**ФОСФОГИПС КОНВЕРСИЯСИ АСОСИДА БИРЛАМЧИ ФОСФОРЛИ**  
**ВА КОМПЛЕКС ЎҒИТЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

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

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

**Фарғона – 2021**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.2.PhD/T2237 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

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

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Намазов Шафоат Саттарович</b> техника фанлари доктори, профессор, академик
<b>Расмий оponentлар:</b>	<b>Дехканов Зулфикахар Кирғизбаевич</b> техника фанлари доктори
	<b>Кучаров Баҳром Хайриевич</b> техника фанлари доктори, катта илмий ходим
<b>Етакчи ташкилот</b>	<b>Навоий Давлат кончилиқ институти</b>

Диссертация ҳимояси Фарғона политехника институти ҳузуридаги DSc.03/30.04.2021.T.106.04 рақамли Илмий кенгашнинг «29» декабрь 2021 йил соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 150107, Фарғона шаҳри, Фарғона кўчаси, 86. Тел.: (+99873) 241-12-06; факс: (+99873) 241-12-06; e-mail: [ferpi\\_info@edu.uz](mailto:ferpi_info@edu.uz)).

Диссертация билан Фарғона политехника институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (1-рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 150107, Фарғона шаҳри, Фарғона кўчаси, 86. Тел.: (+99873) 241-12-06; факс: (+99873) 241-12-06; e-mail: [ferpi\\_info@edu.uz](mailto:ferpi_info@edu.uz).

Диссертация автореферати 2021 йил 17 декабрь куни тарқатилади.

(2021 йил 17 декабрдаги 1- рақамли реестр баённомаси).



**Хамдамова Ш.Ш.**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси,  
техника фанлари доктори, доцент

**Назирова Р.М.**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби,  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Тожиёв Р.Р.**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги  
илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, доцент

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда қишлоқ хўжалиги маҳсулдорлигини ошириш йил сайин аҳоли жон бошига камайиб кетаётган экин майдонларини кенгайтириш эвазига эмас, балки экинлар ҳосилдорлигини ошириш орқали амалга оширилмоқда. Бунга эса минерал ўғитлар ва кимёвий воситаларни экин майдонларида кенг қўллаш эвазига эришилади. Бу борада ҳар хил агрокимёвий қўллаш муддатларига мўлжалланган бирламчи фосфорли, комплекс ва суюқ ўғитлар ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш муҳим ҳисобланади.

Жаҳон миқёсида аммофос ишлаб чиқариш чиқиндиси – фосфогипсга (ФГ) термик ишлов бериш орқали сульфат кислотаси ва қурилиш материаллари олиш, уларни мелиорант сифатида экинларда қўллаш, аммиакли конверсиялаш йўли билан аммоний сульфатга қайта ишлаш юзасидан илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, фосфогипсни қайта ишлашнинг конверсион усулини ишлаб чиқиш, гипсининг фосфор кислотатада ёки диаммофос бўтқасида аммиакли конверсияси мақбул шароитларини топиш; фосфоркислотали гипсли бўтқани (ФКГБ) аммиакли конверсия йўли билан кенг ассортиментдаги фосфорли, комплекс ва суюқ ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда кенг миқёсда амалга оширилган чора-тадбирлар ва инновацион ишланмалар натижасида бирламчи фосфорли, азотфосфорли ва азотфосфоркалийли, ундан ташқари суюқ комплекс ўғитлар олиш бўйича муайян илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «...саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш...»<sup>1</sup> каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан барча қишлоқ хўжалиги экинларида кузги шудгорга мўлжалланган ўғитли преципитат, баҳорги экиш ва озиклантириш учун мувозанатлашган мураккаб ўғитлар, томчилаб суғориш учун суюқ ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш катта аҳамиятга эга ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича бешта йўналишдаги Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони, 2018 йил 07 майдаги ПҚ-3698 сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва соҳаларига инновацияларни жорий этиш механизмларини такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2020 йил 11 декабрдаги ПҚ-4919-сон «Қишлоқ хўжалигида сувни тежайдиган

---

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

технологияларни жорий этишни янада жадал ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари, шунингдек мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Илмий-техник адабиётларда сульфат кислотаси ва қурилиш материаллари олиш учун фосфогипсга термик ишлов бериш, фосфогипсни натрий, аммоний, калий сульфати, кальций гумати, преципитат ва мураккаб ўғитларга конверсия қилиш усулларини қўллаш орқали фосфогипсни ҳам фойдаланиш, ҳам унинг ҳосил бўлишини бартараф қилишга йўналтирилган кенг маълумотлар мавжуд (Манжина С.А., Таһер М.А., Shuang W., Ляшкевич И.М., Удалова Е.А., Левин Б.В., Колокольников В.А., Сизяков В.М., Гончарик И.И., Guppert U., Kurz F., Mulropol J., Кушербекова Г.Т., Жданов Ю.Ф., Запольский С.В., Ледовской В.И., Садыков Б.Б., Жуманова М.О., Усанбаев Н.Х.).

Колокольников В.А., Сизяков В.М., Гончарик И.И. ФГ ни натрий, аммоний карбонати, калий хлориди билан конверсия қилиш орқали натрий, аммоний, калий сульфати, карбонати ва кальций хлориди олишни ўрганишган. Mulropol J. ФГ нинг 5 %-ли натрий карбонати суспензияси билан ўзаро таъсирлаштириш жараёнини ўрганган. Аммо ФГ даги  $P_2O_5$  миқдорига қатъий талаб қўйилиши, кўп босқичлилиги ва паст фильтрация тезлиги ушбу усулларнинг камчиликлари ҳисобланади. Г.Т.Кушербекова, Ю.Ф.Жданов ва С.В. Запольский томонларидан Қоратоғ фосфорити ва апатитдан олинган ФГ ни паст бўлган  $pH=4,5$  аммофос бўтқаси ва сульфатли совун кўшимчали юқори меъёрадаги ФГ билан преципитат ва азотфосфорли ўғит олинган. Ишлаб чиқилган усулнинг камчилиги гипснинг паст даражадаги конверсияланиши ва қиммат бўлган СФМ ишлатилиши ҳисобланади.

Б.Б.Садыков томонидан ФКГБ ни  $pH=7,5$  кўрсаткичда аммиакли конверсиялаш асосида «Супрефос-NS» технологияси ишлаб чиқилган. Маҳсулот асосан аммоний сульфати, дикальцийфосфат ва аммоний фосфатлари аралашмасидан ташкил топган. Бунда хом ашёлар меъёрининг юқори сарфи, маҳсулотда озуқа компонентлар мувозанатлашмаган. Битта циклда ФКГБни аммоний нитрати ва калий хлориди иштирокида аммиак, диаммофос, аммофос бўтқаси билан конверсиялаш орқали ўғитли преципитат, суюқ комплексли ўғит (СКЎ), сульфоаммофос, мувозатлашган NP- ва NPK-ўғитлар олиш жараёни ҳеч ким томонидан ўрганилмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ПЗ-20170926269 рақамли «Марказий Қизилқум фосфоритлари минераллашган массаси ва ювиб қурилган концентрати асосида бирламчи ва мураккаб фосфорли ўғитлар олишнинг ресурстежамкор

ва юқори самарали технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** фосфогипсни аммиакли конверсияси асосида бирламчи фосфорли ва комплекс ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

экстракцион фосфор кислотаси (ЭФК) чиқиндиси – фосфогипснинг таркиб ва хоссаларини ўрганиш;

С : Қ нисбати, рН, ҳарорат ва аралаштириш давомийлигига боғлиқ равишда фосфоркислотали гипсли бўтқанинг аммиакли конверсиялаш жараёнини тадқиқ этиш;

С : Қ нисбати, ҳарорат ва аралаштириш давомийлигига боғлиқ равишда ФГни диаммофос бўтқаси (рН=7,5) билан конверсия жараёнини тадқиқ этиш;

аммофос бўтқасини аммоний сульфати эритмаси билан аралаштириш йўли билан сульфоаммофосли ўғит олиш жараёнини тадқиқ этиш;

нитрат кислотаси ва калий хлориди иштирокида фосфоркислотали гипсли бўтқани аммиакли конверсиялаш йўли билан мувозанатлашган NP- ва NPK-ўғитлар олиш жараёнини ўрганиш;

ўғитли преципитат, сульфоаммофос, мувозанатлашган NP- ва NPK-ўғитлар ишлаб чиқаришнинг технологик тизимини ишлаб чиқиш, моддий баланс ва техник-иқтисодий кўрсаткичларини ҳисоблаш;

тажриба ускунасида ўғитли преципитат, СКЎ, сульфоаммофос технологияларининг технологик параметрларини синовдан ўтказиш орқали маҳсулотларнинг тажриба партияларини ишлаб чиқариш;

ўғитли преципитатнинг пахта экини ҳосидорлигига агрокимёвий самарадорлигини баҳолаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида ФКГБ, ювилган ФГ, аммиакли сув, газсимон аммиак, диаммофос бўтқаси, нитрат кислотаси, калий хлориди, ўғитли преципитат, аммоний сульфати эритмаси, сульфоаммофос, мувозанатлашган NP- ва NPK-ўғитлари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** ФКГБ ва ювилган ФГни аммиак ва диаммофос бўтқаси билан конверсия қилиш кейинчалик бўтқани суюқ ва қаттиқ фазаларга ажратиш, сульфоаммофос олиш, ФКГБни нитрат кислотаси ва калий хлориди иштирокида аммиакли конверсиялаш орқали NP- ва NPK-ўғитлар олиш жараёнлари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Кимёвий, физик-механик (эксикаторли, пикнометрли, капиллярли усуллар) ва рентгенографик таҳлил усуллари, ундан ташқари агрокимёвий синовлардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

фосфогипснинг фосфор кислотасидаги аммиакли конверсиялашнинг мақбул шароитларида (С:Қ = 2,5:1, рН=7,5, t = 50°C, τ = 120 дақиқа) кальций сульфатнинг 99-99,5% конверсияланиш даражаси аниқланган;

фосфоркислотали гипсли бўтқани чуқур аммонийлаштиришда ди- ва трикальцийфосфат, магний фосфати, учламчи оксидлар ва комплекс тузлардан ташкил топган преципитатнинг тузли таркиби аниқланган;

аммоний нитрати ва калий хлориди иштирокида фосфоркислотали гипсли бўтқани  $pH=5,25$  кўрсаткичда аммиакли конверсиялаш йўли билан NP- ва NPK-ўғитларнинг таркибини ишлаб чиқишда гипсни тўлиқ конверсияси (99,6%) исботланган;

фосфогипс ҳажмини камайтириш ҳамда ўғитли преципитат, СКЎ, мувозанатлашган NP- ва NPK-ўғитлар каби минерал ўғитлар олишга имкон берадиган технологиялар ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

ФКГБни аммиакли конверсиялаш, кейинчалик супрефос бўтқасини суюқ ва қаттиқ фазаларга ажратиш йўли билан преципитат ҳамда аммоний сульфати ва фосфати эритмасини олиш технологияси ишлаб чиқилган;

фосфогипсни диааммофос бўтқаси билан конверсиялаш, кейинчалик супрефос бўтқасини суюқ ва қаттиқ фазаларга ажратиш йўли билан преципитат ҳамда сульфоаммофос олиш технологияси ишлаб чиқилган;

ФКГБни нитрат кислотаси ва калий хлориди иштирокида аммиакли конверсиялаш йўли билан  $N : P_2O_5 = 1 : 1$  ва  $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 1 : 1$  мувозанатлашган ўғитларнинг таркиби ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Кимёвий ва физик-кимёвий таҳлил натижалари лаборатория тажрибалари, агрокимёвий ва тажриба-саноат синовлари билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шу билан белгиланадики, улар фосфоркислотали гипсли бўтқани аммиакли конверсиялаш, фосфогипсни чуқур аммонийлаштирилган аммофос бўтқасида қайта ишлаш, аммоний нитрати ва калий хлориди қўллаш орқали кенг ассортиментдаги ўғитли преципитат, СКЎ, сульфоаммофос, мувозанатлашган NP- ва NPK-ўғитлар олиш усулини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, ишлаб чиқилган технологиялар фосфогипс ҳажмини қисқартиради ҳамда қишлоқ хўжалигида кузги шудгорда солинадиган бирламчи фосфорли ўғитлар, томчилатиб суғориш учун суюқ ўғитлар, ундан ташқари барча турдаги қишлоқ хўжалиги экинларини экиш ва озиклантириш учун комплекс ўғитлар билан таъминлашга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Чиқинди фосфогипсдан ўғитли преципитат, СКЎ ва сульфоаммофос олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

фосфоркислотали гипсли бўтқани аммиакли конверсиялаш йўли билан ўғитли преципитат ва суюқ ўғит олиш технологияси «Электрокимё завод» ҚК-АЖнинг амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхатига киритилган («Электрокимё завод» ҚК-АЖда 2021 йил 10 сентябрдаги 88-сон маълумотномаси). Натижада бир вақтнинг ўзида фосфогипс ҳажмини камайтириш орқали сульфат кислотаси сарфи меъёрини 30% га камайтириш имконини берган;

фосфогипсни диааммофос бўтқаси билан конверсиялаш асосида ўғитли преципитат ва сульфоаммофос олиш технологияси «Электрокимё завод» ҚК-

АЖнинг амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхатига киритилган («Электрокимё завод» ҚК-АЖда 2021 йил 10 сентябрдаги 88-сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқарилаётган комплекс ўғитлар ишлаб чиқаришига чиқиндини жалб қилиш орқали улар ассортиментини кенгайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш чоп этилган. Жумладан, диссертациянинг (PhD) асосий илмий натижалари 5 та илмий мақола, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссияси томонидан чоп этиш тавсия этилган 3 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 115 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

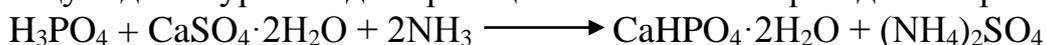
Биринчи бобда «**Фосфогипс ва уни қайта ишлашнинг мавжуд усуллари**» адабиётлар шарҳи келтирилган бўлиб, унда минерал ўғитлар ишлаб чиқариши, фосфат хом ашёсини қазиб олиш ва ФГни фойдаланишнинг дунё ҳолати берилган. ФГни қайта ишлашнинг турли усуллари – мелиорант, цемент, автомобиль йўллари учун боғловчи ва композицион қўшимчалар сифатида қўллаш, сульфат кислотаси, оҳак ёки цементга термик қайта ишлаш усуллари таҳлил қилинган. ФГдан тарқоқ ер элементларини ажратишнинг вариантлари кўриб чиқилган. ФГни халқ ва қишлоқ хўжалигига ишлатишга мўлжалланган маҳсулотларга конверсиялаш усули билан қайта ишлаш усуллари батафсил таҳлил қилинган. Чоп этилган ишлар таҳлили мазкур ишнинг мақсад ва вазифаларини шакллантиришга имкон берган.

Диссертациянинг «**Бирламчи ва комплекс ўғитлар олиш учун хом ашё материалларининг таркиб ва хоссалари, ундан ташқари уларни тадқиқ қилиш усуллари**» деб номланган иккинчи бобида тадқиқотнинг объекти ва икки вариантда маҳсулотлар: 1) преципитат ва аммоний сульфати эритмаси, 2) преципитат ва сульфоаммофос олиш усуллари келтирилган.

Биринчи ҳолатда лаборатория тажрибалари учун куйидаги таркибдаги учта маркада ФКГБ («Аmmofos-Махам» АЖ) олинди (оғир.%): Ж : Т = 2 : 1 –

$P_2O_{5\text{умум.}}$  – 12,08;  $P_2O_{5\text{сув.эрүв.}}$  – 11,99;  $CaO_{\text{умум.}}$  – 12,42;  $SO_{3\text{умум.}}$  – 17,18; (оғир.%): Ж : Т = 2,5 : 1 –  $P_2O_{5\text{умум.}}$  – 12,25;  $P_2O_{5\text{сув.эрүв.}}$  – 12,15;  $CaO_{\text{умум.}}$  – 11,00;  $SO_{3\text{умум.}}$  – 15,13 ва (оғир.%): Ж : Т = 3 : 1 –  $P_2O_{5\text{умум.}}$  – 12,65;  $P_2O_{5\text{сув.эрүв.}}$  – 11,63;  $CaO_{\text{умум.}}$  – 10,29;  $SO_{3\text{умум.}}$  – 13,87. Улар ЮКК-26 дан (26%  $P_2O_5$  тутган ювиб куйдирилган концентратдан) дигидрат режимда олинган. ФКГБ  $H_3PO_4$  сувли эритмасидаги  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  суспензиясини намоён этади. Нейтралловчи агент сифатида аммиак эритмаси (25%  $NH_4OH$ ) ишлатилди.

Иккинчи ҳолатда ФГни диааммофос бўтқаси билан конверсиялаш учун куйидаги таркибдаги ЭФК («Аммофос-Махам» АЖ) олинди (оғир.%): 16,46  $P_2O_5$ ; 0,052  $CaO$ ; 1,11  $MgO$ ; 0,41  $Al_2O_3$ ; 0,28  $Fe_2O_3$ ; 2,98  $SO_3$ ; 0,99 F, 25 %-ли  $NH_3$  эритмаси ва куйидаги таркибдаги курук ФГ («Аммофос-Махам» АЖ) олинди (оғир. %): 0,70  $P_2O_5$ ; 33,28  $CaO$ ; 0,14  $Al_2O_3$ ; 0,05  $Fe_2O_3$ ; 47,60  $SO_3$ . ФГни 0,25 мм дан кичик ўлчамгача майдаланди. Конверсия жараёнининг моҳияти куйидаги кўринишдаги реакцияни амалга оширишдан иборат:



Келтирилган реакцияда қаттиқ фазага преципитат ажралиб чиқиши ва суюқ азотолтингургуртли ўғит олиш мумкинлиги амалий аҳамиятга эгадир.

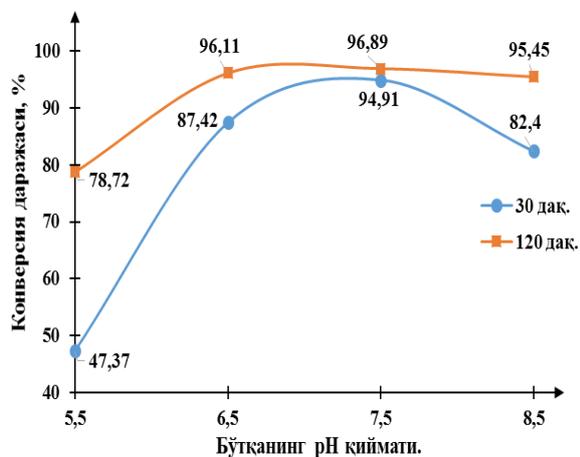
Кимёвий ва рентгенографик таҳлил кўрсатдики, ФГ асосан икки гидратли кальций сульфати (90% дан ошиқ) ва 7-8% атрофида ювилмаган фосфор кислотаси, учламчи оксидлар, натрий ва калий силикатлари, парчаланмаган фосфоритдан ташкил топган.

ФКГБ, ФГ, преципитат, аммоний сульфати, сульфоаммофос турли компонентларига кимёвий таҳлиллари маълум усуллар бўйича ўтказилди. Суспензияларнинг 10 %-ли сувли суспензиясининг рН қиймати ўлчови 0,05 бирлик аниқликда И-130М иономерида амалга оширилди. Рентгенографик таҳлил XRD-6100 (Shimadzu, Япония) дифрактометрида ўтказилди. Минерал фазалар таққослаш 2013 International Centre for Diffraction Data базасини қўллаш орқали амалга оширилди.

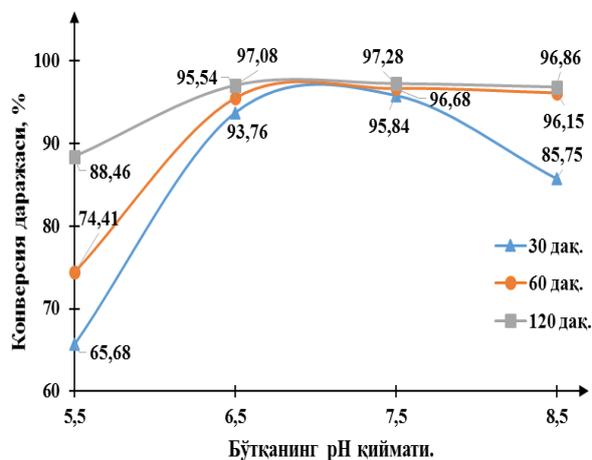
Диссертациянинг «**Фосфоркислотали гипсли бўтқани чуқур аммонийлаштириш йўли билан преципитат ва аммоний сульфатини олиш**» деб номланган учинчи бобида турли хил параметрларга (С:К нисбати, ҳарорат ва аралаштириш давомийлиги) боғлиқ равишда фосфогипснинг фосфор кислотадаги конверсиялаш жараёнини ўрганишга бағишланган.

Бунинг аралаштиргич билан таъминланган ва термостатланган шиша реакторга 50гр. микдорида дастлабки гипсли бўтқа куйилди. 60°C гача қиздиришдан сўнг аралаштиргич ишга туширилди ва 25 %-ли аммиакли сув билан рН = 5,5; 6,5; 7,5 ва 8,5 гача аста-секин нейтралланди. Кейинчалик бўтқани аралаштиришни термостатланган шароитларда 30; 60 ва 120 дақиқа давомида 30 ва 50°C ҳароратларда олиб борилди. Аммонийлаштирилган бўтқа аралашма айланиш тезлиги 250-300 айл./дақиқада аралаштирилди. Кейин реактордаги барча моддалар Бунзен колбасидан фойдаланган ҳолда Бюхнер воронкасида 0,65 мм рт. ст. босим остида бир қаватли «оқ» лентали фильтр қоғозда ажратиб олинди. Олинган филтрлар олдиндан ўлчаб олинди. Филтрда қолган чўкма белгиланган ҳароратдаги 100гр. сув, кейин ацетон билан ювилди ва филтр билан биргаликда 60°C да доимий оғирликгача

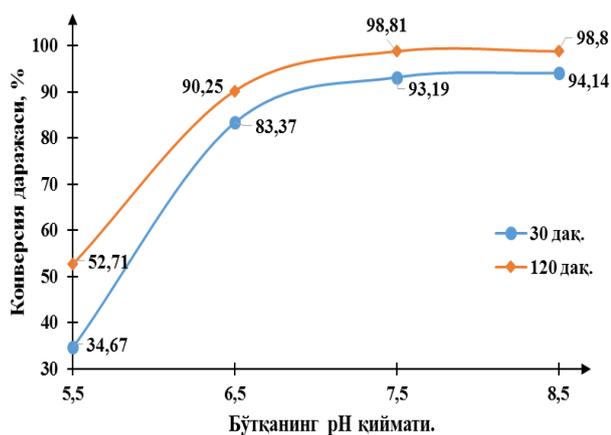
қуритилди. Эксикаторда совитилгандан сўнг тарозида тортилди. Кейин қуритилган чўкма ва унга мувозанатдаги суюқ фаза кимёвий таҳлилга учратилди. 1, 2, 3-расмларда гипснинг конверсия даражаси келтирилган.



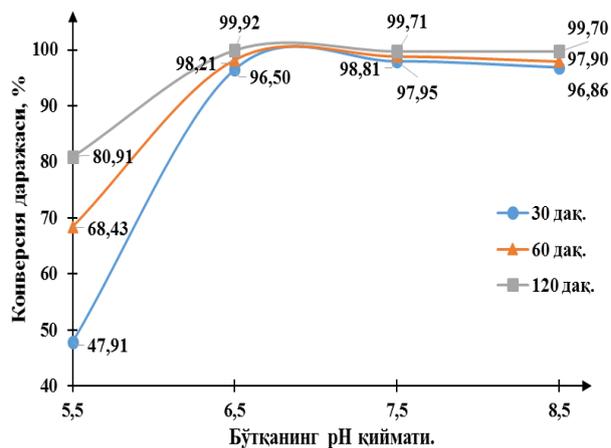
1-расм, а – Аммонийлаштирилган фосфор кислотали гипсли бўтқанинг (С:Қ=2:1) рН га боғлиқ равишда 30°С ҳароратда гипснинг конверсияланиш даражаси.



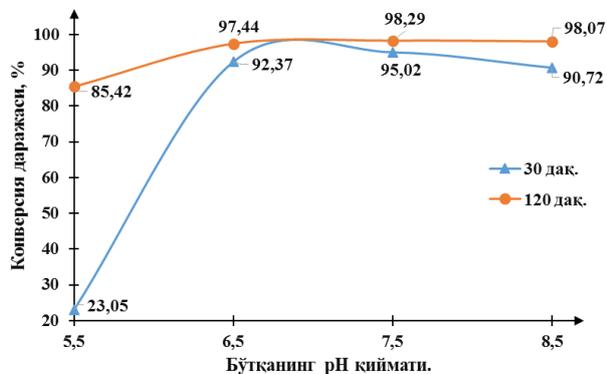
1-расм, б – Аммонийлаштирилган фосфор кислотали гипсли бўтқанинг (С:Қ=2:1) рН га боғлиқ равишда 50°С ҳароратда гипснинг конверсияланиш даражаси.



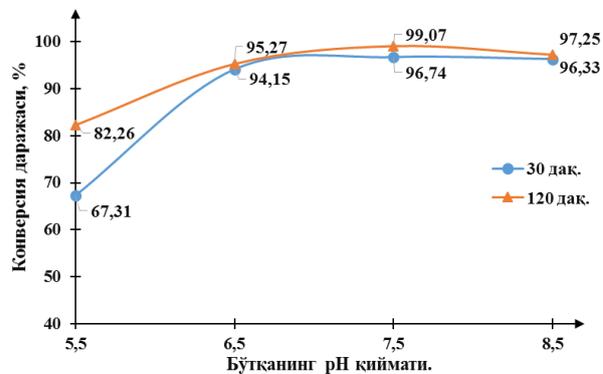
2-расм, а – Аммонийлаштирилган фосфор кислотали гипсли бўтқанинг (С:Қ=2,5:1) рН га боғлиқ равишда 30°С ҳароратда гипснинг конверсияланиш даражаси.



2-расм, б – Аммонийлаштирилган фосфор кислотали гипсли бўтқанинг (С:Қ=2,5:1) рН га боғлиқ равишда 50°С ҳароратда гипснинг конверсияланиш даражаси.



3-расм, а – Аммонийлаштирилган фосфор кислотали гипсли бўтқанинг (С:Қ=3:1) рН га боғлиқ равишда 30°С ҳароратда гипснинг конверсияланиш даражаси.



3-расм, б – Аммонийлаштирилган фосфор кислотали гипсли бўтқанинг (С:Қ=3:1) рН га боғлиқ равишда 50°С ҳароратда гипснинг конверсияланиш даражаси.

Айтмоқчи,  $\text{CaSO}_4$  конверсия даражаси бўтқанинг суёқ фазасида ҳосил бўлган  $\text{SO}_3$  ионлари миқдори бўйича аниқланди, шунингдек, дастлабки гипсдаги сульфат-ионларининг умумий миқдорига нисбатан қаттиқ қолдиқда қолган сульфат-ионларнинг граммдаги миқдорларига нисбатан ҳисобланди.

Расмлардан кўринмоқдаки, гарчанд юқори бўлмаса ҳам гипс конверсияси  $\text{pH} = 5,5$  ўзида кузатилади. Супрефос бўтқаси рНининг кейинчалик 5,5 дан 7,5 гача ошиши гипс конверсия даражасини ортишига олиб келади. С:Қ нисбатга боғлиқ бўлмаган равишда гипснинг юқори конверсия даражаси 120 дақиқадаги ўзаро таъсирлашишда кузатилади. Ҳарорат қанча юқори бўлса, аммоний фосфатлари эритмаларида гипснинг эрувчанлиги шунча юқори бўлади. Қаттиқ фазага нисбатан суёқ фаза қанча кўп бўлса, гипс конверсияси даражаси шунча юқори бўлади.

Масалан, Ж:Т = 2,5:1,  $30^\circ\text{C}$  ва  $\text{pH}=6,5$  да 30 дақиқа давомида конверсия даражаси 83,37% ни ташкил этади (рис. 2, а).  $\text{pH} = 7,5$  ва 8,5 га етганда эса кўрсаткич мос равишда 93,19 ва 94,14% гача ортади. Бу ҳолатларда чўкма табиатан кам миқдорда  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  тутган  $\text{CaHPO}_4$  дан ташкил топган. Аралаштириш вақтини 120 дақиқагача ошириш конверсия кўрсаткичини 52,71 дан 98,81% гача оширади. Аралаштириш жараёни ҳароратини  $50^\circ\text{C}$  гача кўтариш аммоний фосфатдаги гипснинг максимал конверсиясига эришишга имкон беради (2-расм, б). Масалан, агарда  $50^\circ\text{C}$  ва 30 дақиқа аралаштиришда бўтқанинг рН кўрсаткичининг 5,5 дан 8,5 гача ошиши билан конверсия даражаси 47,91-97,95% оралиғида бўлса, 60 ва 120 дақиқаларда бу кўрсаткич мос равишда 68,43-96,86 ва 80,91-99,71% ни ташкил этади.

Бўтқанинг мақбул рН кўрсаткичини 7,5 ҳисоблаш мумкин, бунда гипснинг максимал конверсия даражаси (99,71%) таъминланади. Масалан,  $\text{pH}=7,5$ , Ж:Т=2,5:1,  $50^\circ\text{C}$  ҳарорат ва 120 дақиқа давомийликда қуритилган чўкма таркиби (1-жадвал):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{умум.}}$  – 37,33%,  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{ўзл.}}$  – 25,10%,  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{сув.эр.}}$  – 1,31%,  $\text{CaO}_{\text{умум.}}$  – 41,24%,  $\text{CaO}_{\text{ўзл.}}$  – 25,75%, N – 1,85% бўлади, ва кузги шудгорга солиш учун фосфорли ўғит сифатида тавсия этилади.

#### 1-жадвал

### Аммонийлашган фосфоркислотали гипсли бўтқанинг қаттиқ фазаси асосида олинган маҳсулотларнинг таркиби

Аммоний-лашган бўтқа рНи	Бўтқа намлиги, %	Компонентлар миқдори, оғир. %					
		$\text{P}_2\text{O}_5$ умум.	$\text{P}_2\text{O}_5$ ўзл.	$\text{P}_2\text{O}_5$ сув.эр.	CaO умум.	CaO ўзл.	N
5,5	53,27	32,37	28,52	5,23	31,84	25,75	3,16
6,5	54,05	37,54	23,15	2,56	38,83	23,32	1,26
7,5	56,32	37,33	25,10	1,31	41,24	25,75	1,85
8,5	58,88	36,71	24,94	1,72	41,92	26,87	1,41

Рентгенографик тадқиқотлар тасдиқладики, аммонийлашган ФКГБнинг қаттиқ фазаси асосан аммоний сульфати ва фосфати, гипс аралашмалари билан брушит минералидан ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ташкил топган. Маҳсулот 69,4% гигроскопик нуқтага эга бўлган. Маҳсулот 8% гача намлик ютганда сочилувчанлигини йўқотмайди, аммо 17% ва ундан юқори  $\text{H}_2\text{O}$  миқдорида

кумокланади ва ёпишади. Хулоса берилмоқдаки, кукунсимон преципитатни полиэтилен қопларда сақлаш ва ташиш лозим.

МАФ ва ДАФ аралашмасидаги аммоний сульфатдан ташкил топган бўтқанинг суюқ фазаси ҳам диққатга сазовордир (2-жадвал). Масалан, юқорида келтирилган маҳсулотнинг суюқ қисми таркибида 5,69%  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  ва 23,26%  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  га ҳисобланган 3,06%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 14,21%  $\text{SO}_3$ , 6,05% N ташкил этади. У суюқ ўғит сифатида тавсия этилади ёки сульфоаммофосга қайта ишланади.

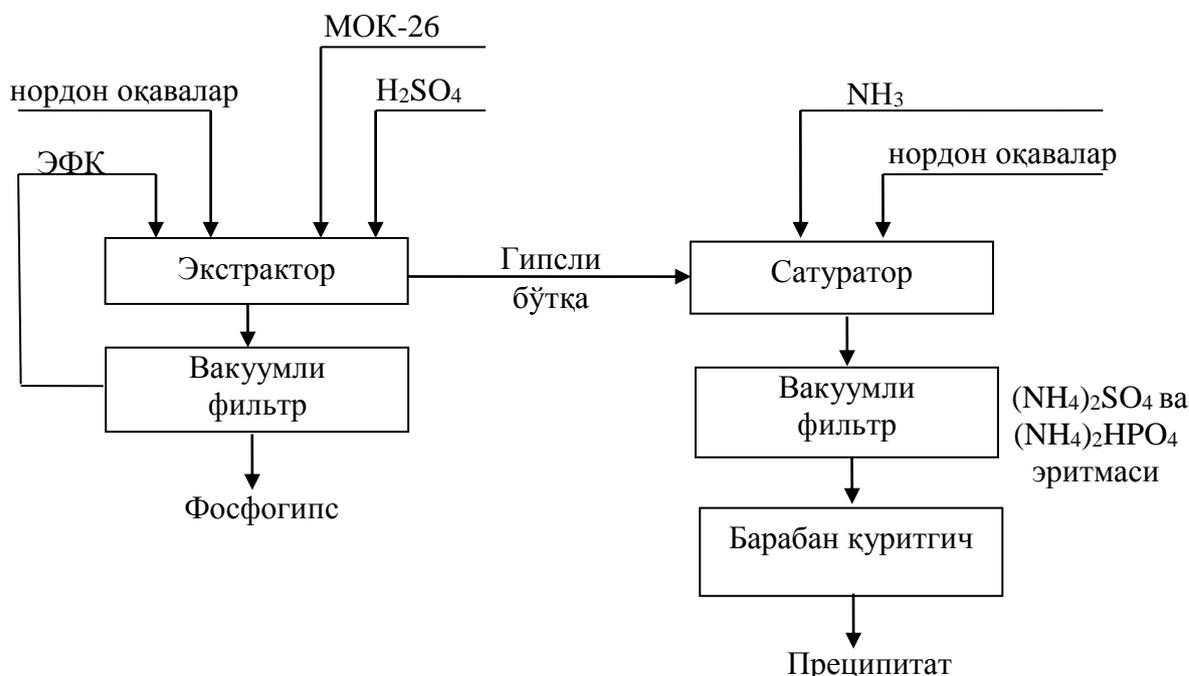
2-жадвал

**Аммонийлашган фосфоркислотали гипсли бўтқанинг суюқ фазаси асосида олинган маҳсулотларнинг таркиби**

Аммоний-лашган бўтқа рНи	Компонентлар миқдори, оғир. %			Суюқ маҳсулотнинг тузли таркиби, оғир.%		
	$\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ}}$	$\text{SO}_{3\text{общ}}$	N	МАФ	ДАФ	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
5,5	3,21	14,82	5,97	4,42	0,89	24,05
6,5	3,11	14,84	6,48	-	5,78	24,27
7,5	3,06	14,21	6,05	-	5,69	23,26
8,5	3,05	14,29	6,36	-	5,67	23,39

Бошқа С:Қ нисбатлар ва ҳароратларда шунга ўхшаш қонуният кузатилади, фақат маҳсулотларда компонентларнинг абсолют миқдорлари билан фарқланади. Бўтқада кислота миқдори қанча кўп, яъни суюқ фазанинг нисбати қаттиқ фазага нисбатан қанча кўп бўлса, шунча гипс тўлиқ парчланади.

Битта циклда иккита турдаги маҳсулот: ўғитли преципитат ва суюқ ўғит олишга имкон берувчи технологик тизим ишлаб чиқилди (4-расм).



**4-расм – Преципитат ва суюқ азотли ўғит ишлаб чиқаришнинг принципиал технологик тизими.**

Тизимга боғлиқ равишда, ЮҚК-26 иккигидрат режимда айланма фосфор кислотаси иштирокида парчланади. Ундан кейин бир қисм ФКГБ каруселли

вакуум-филтлда йўналтирилади, бу ерда ФГ ва маҳсулот ЭФК ажратилади. ЭФК экстракторга қайтарилади. Бир қисм ФГ чиқариб ташланиши шу билан изоҳланадики, ЮҚК-26 ни парчалашда қуйидаги реакция бўйича 5 моль гипсга 3 моль фосфор кислотасига тўғри келадиган ФКГБ оламиз:



Шунинг учун ФКГБ бошқа қисми сатураторга ҳайдалади, бу ерда рН=7-8 гача аммонийлаштириш амалага оширилади. Кейин супрефос бўтқаси карусель вакуум-филтрида суюқ ва қаттиқ фазаларга ажратилади. Суюқ фаза NPS-ўғитни намоён қилади, қаттиқ фаза эса барабан-қурутгичдан кейин ўғитли преципитат ҳисобланиди.

3,5 т ФКГБ ни аммиакли конверсияси асосида 1 т преципитат ва 3.5 т суюқ ўғит олиш учун моддий баланс ҳисобланиди.

Шундай қилиб, Супрефос-NS ишлаб чиқариш тизимини бошқа маҳсулотларга ўтказиш минерал ўғитлар ассортиментини кенгайтириш ва тупрокни эрувчан олтингугурт билан таъминлаш имконини беради. Олтингугурт азот, фосфор ва калий билан биргаликда ўсимликлар учун асосий озуқа ҳисобланади.

Тўртинчи бобда «**Фосфогипс конверсияси асосида бирламчи ва комплекс ўғитлар**» фосфогипс диаммофос бўтқаси билан конверсия қилиш асосида преципитат ва сульфоаммофос олиш жараёни баён этилган.

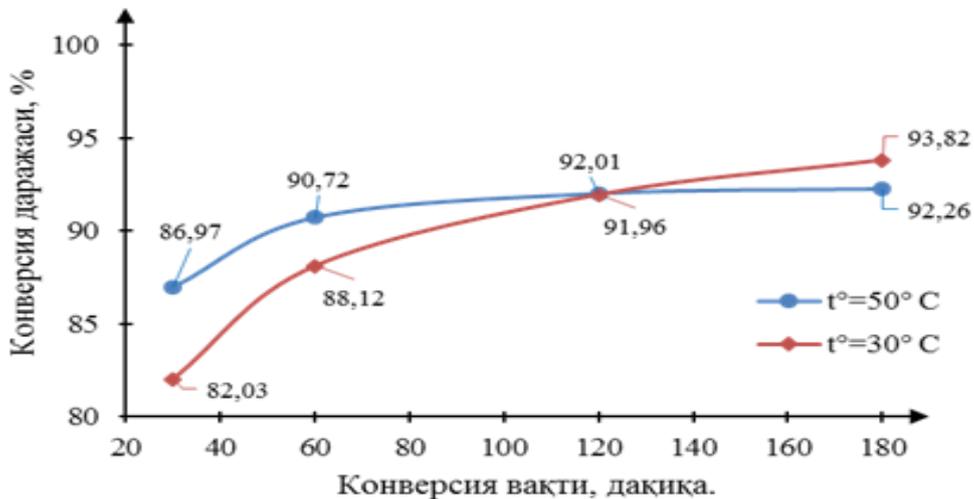
Таҷрибалар қуйидагича ўтказилди: аралаштиргич билан таъмиланган шишали реакторга 100гр. миқдордаги ЭФК (таркиби 2-чи бобда келтирилган) солинди. Ундан кейин кислота 25%-ли  $\text{NH}_4\text{OH}$  билан рН=7,5 гача 60°C дан юқори бўлмаган ҳароратда нейтралланди. Сўнг диаммофос бўтқасига аста-секин ФГ (унинг таркиби 2-чи бобда келтирилган) қўшиб борилди. Ўзгартирилган параметрлар С:Қ оғирлик нисбати (2:1; 2,5:1 ва 3:1), жараён ҳарорати (30 ва 50°C) ва аралаштириш давомийлиги (30; 60; 120 ва 180 дақиқа) бўлди. С:Қ нисбатини дастлабки ЭФК : ФГ нисбатига ҳисобланди.

7,5 га тенг бўлган рН қийматини танлаш шу билан изоҳланадики, рН паст кўрсаткичида гипс конверсияси сезиларли конверсия даражасига олиб келмайди. С:Қ = (2-3):1 нисбати танланиши шу билан изоҳланадики, одатда дигидрат режимда ЭФК олиш жараёни келтирилган С:Қ интервалларда амалга оширилади. ФГ нинг диаммофос бўтқаси билан ўзаро таъсирлашиш жараёни вақтининг 30-180 дақиқа ораликларида ўзгартириш шу билан тушунтириш мумкинки, 30 дақиқадан кам вақтда ишлов бериш ФГ нинг етарлича тўлиқ эриши содир бўлмайди, 180 дақиқадан юқорида эса унинг эрувчанлигини сезиларли ошишига олиб келмайди.

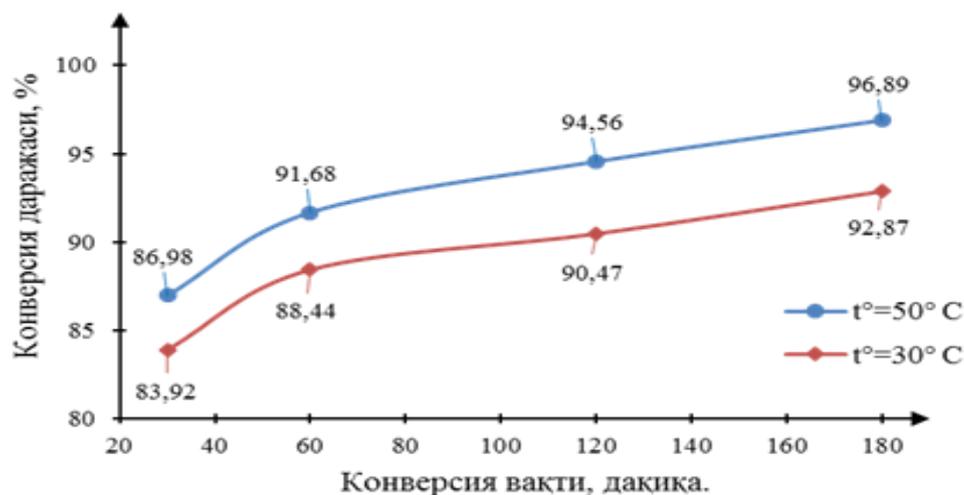
Жараён ҳароратини 50°C дан юқори кўтариш, табиийки гипснинг жадал конверсиясига олиб келади. Аммо бунда филтрланишга қийин учрайдиган монетит ( $\text{CaHPO}_4$ ) кристаллари ҳосил бўлади. Ундан ташқари юқори ҳарорат энергия сарфи ва аммиак буғланишига олиб келади. Ҳароратни 30°C дан пастга тушириш, гарчанд яхши филтрланадиган брушит ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) кристалларини олишга имкон беради, аммо бўтқани қўшимча совитиш талаб этилади. Ундан ташқари, гипснинг етарлича конверсияси таъминланмайди.

Кейинчалик бЎтқани аралаштиргич тезлиги 250-300 айл./дақиқада аралаштирилди. Бунда бЎтқанинг намлиги С:Қ нисбат ва ҳароратга боғлиқ равишда 41,24 дан 54,04% гачани ташкил этади. Сўнг реактор ичидаги бЎтқа филтрланди ва юқорида келтирилган усул бўйича ювилди.

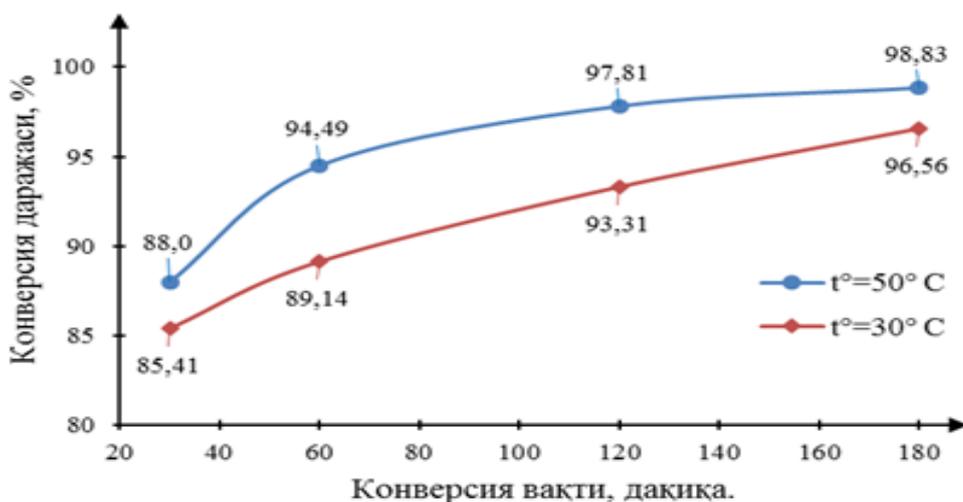
5-расмда (а, б ва в) тажрибалар шароитига боғлиқ равишда гипснинг конверсияланиш даражаси келтирилган.



а



б



в

5-расм – Ж:Т = 2:1 (а); 2,5:1 (б) ва 3:1 (в) нисбатларда аралаштириш ва ҳароратга боғлиқ равишда гипснинг конверсияланиш даражаси.

5-расм-в дан кўринмоқдаки, жараён ҳарорати ва аралаштириш вақти ошиши билан гипснинг конверсияланиш даражаси ортади. Масалан, 50°C ва С:Қ = 3:1 нисбатда вақтнинг 30 дан 180 дақиқагача конверсияланиш даражаси 88,0 дан 98,83% гача ортади. Шу вақтнинг ичида ўтказилган жараёнда, аммо 30°C да ушбу кўрсаткич 85,41 дан 96,56% гача ўзгаради. Бу ҳолатларда қуритилган чўкмалар қуйидаги таркибда бўлади (оғир.%): 50°C да – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. – 34,54-37,53; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ўзл. – 25,82-27,17; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>суб.эрув. – 1,87-3,28; СаО<sub>умум.</sub> – 33,01-36,72; СаО<sub>ўзл.</sub> – 21,74-23,05; SO<sub>3</sub>умум. – 0,63-6,03; N – 1,90-3,28, 30°C да – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. – 34,74-37,43; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ўзл. – 27,94-29,48; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>суб.эрув. – 3,02-4,53; СаО<sub>умум.</sub> – 32,63-36,17; СаО<sub>ўзл.</sub> – 21,55-23,60; SO<sub>3</sub>умум. – 1,19-7,0; N – 2,27-3,21.

Бўтқани аралаштиришнинг бир хил вақтларда, аммо С : Қ = 2,5 : 1 нисбатда гипснинг конверсияланиш даражаси 86,98 дан 96,89 гача 83,92 дан 92,87% гача ўзгаради (5-расм-б). Бунда чўкмалар қуйидаги таркибларга эга бўлади (оғир.%): 50°C да – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. – 34,19-36,26; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ўзл. – 26,47-28,06; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>суб.эрув. – 1,78-4,19; СаО<sub>умум.</sub> – 35,73-38,84; СаО<sub>ўзл.</sub> – 24,44-26,09; SO<sub>3</sub>умум. – 3,56-6,79; N – 1,87-3,59, 30°C да эса – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. – 33,23-36,11; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ўзл. – 24,51-26,91; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>суб.эрув. – 3,88-4,96; СаО<sub>умум.</sub> – 35,67-38,85; СаО<sub>ўзл.</sub> – 23,4-24,3; SO<sub>3</sub>умум. – 3,11-8,7; N – 1,23-2,14. Улар кузги шудгор остига солиш учун бирламчи фосфорли ўғит сифатида сифатида хизмат қилади.

### 3-жадвал

#### Аммонийлашган фосфор кислотаси ва фосфогипс аралашмаси ва С : Қ = 2,5 : 1 нисбатда олинган қаттиқ фазанинг таркиби

Гипс конверсия вақти, дақиқа	Компонентлар миқдори, оғир. %							P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ўзл. : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> умум.
	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> суб.эрув.	СаО умум.	СаО ўзл.	SO <sub>3</sub> умум.	N умум.	
30	34,19	36,47	3,28	35,73	24,60	6,78	3,22	77,42
60	35,57	26,73	1,78	38,84	26,09	3,56	1,87	75,15
120	35,43	27,81	4,19	34,66	24,44	6,79	3,56	78,49
180	36,26	28,06	3,06	37,03	25,17	3,84	2,53	77,39

Аммонийлашган гипсли бўтқанинг суяқ қисмига келадиган бўлсак, диаммонийфосфат (ДАФ) аралашмасидаги аммоний сульфат эритмасидан ташкил топган.

Гипснинг энг юқори конверсияланиш даражаси (98,83%) дастлабки компонентларнинг 50°C ҳарорат ва 180 дақиқали ўзаро таъсирлашувда содир бўлади. Максимал конверсияланиш даражасида бўтқанинг суяқ қисмида (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> концентрацияси 20,99% ни ташкил этади. Аммо (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> нинг энг юқори концентрацияси 50°C ва С:Қ = 2:1 да 180 дақиқада олинади. Суяқ қисм қўшимча равишда 6,60% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> ни ташкил этади.

Конверсия даражаси ва аммоний сульфати концентрацияси нуқтаи назаридан энг мақбул шароитлар: 120 дақиқа давомида 50°C ва С:Қ = 2,5:1 ни ҳисоблаш мумкин. Бунда конверсияланиш даражаси 94,56% га етади. Масалан, 40 гр. ФГ га ишлов берилганда 35,43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум., 34,66% СаО<sub>умум.</sub>, 6,79% SO<sub>3</sub>умум. ва 3,56% N<sub>умум.</sub> тутган 38 гр. ўғитли преципитат ҳамда 25,17% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ва 4,48% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> таркибдаги аммоний сульфати эритмасини олиш мумкин (4-жадвал).

#### 4-жадвал

### Аммонийлашган фосфор кислотаси ва фосфогипс аралашмаси ва С : К = 2,5 : 1 нисбатда олинган суюқ фазанинг таркиби

Гипс конверсия вақти, дақиқа	Компонентлар миқдори, оғир. %			Суюқ фаза таркиби, оғир.%	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> умум.	SO <sub>3</sub> умум.	N <sub>умум.</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
30	2,48	13,71	5,74	4,61	22,42
60	2,50	14,03	5,55	4,65	22,98
120	2,41	15,33	6,24	4,48	25,17
180	2,52	15,96	6,39	4,68	26,29

Фосфор тутган аммоний сульфат эритмасини суюқ ўғит сифатида тавсия этиш ёки концентранган мураккаб ўғит – сульфоаммофосга қайта ишлаш мумкин, кейинги ишда унга рН=4,5 га эга бўлган буғлатилган аммофос бўтқаси (40% Н<sub>2</sub>О) қўшилди, кейинчалик тайёр маҳсулот донадорланди ва қуритилди.

5-жадвалдан кўринмоқдаки, барча ҳолатларда таркибида P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. – 23,06-23,27%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ўзл. : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. = 95,92-96,05%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>сув.эр. : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. = 86,95-87,07%, N<sub>умум.</sub> - 19,89-19,93%, SO<sub>3</sub>умум. - 22,29-22,35% тутган мувозанатлашган NPS-ўғитлар олинади.

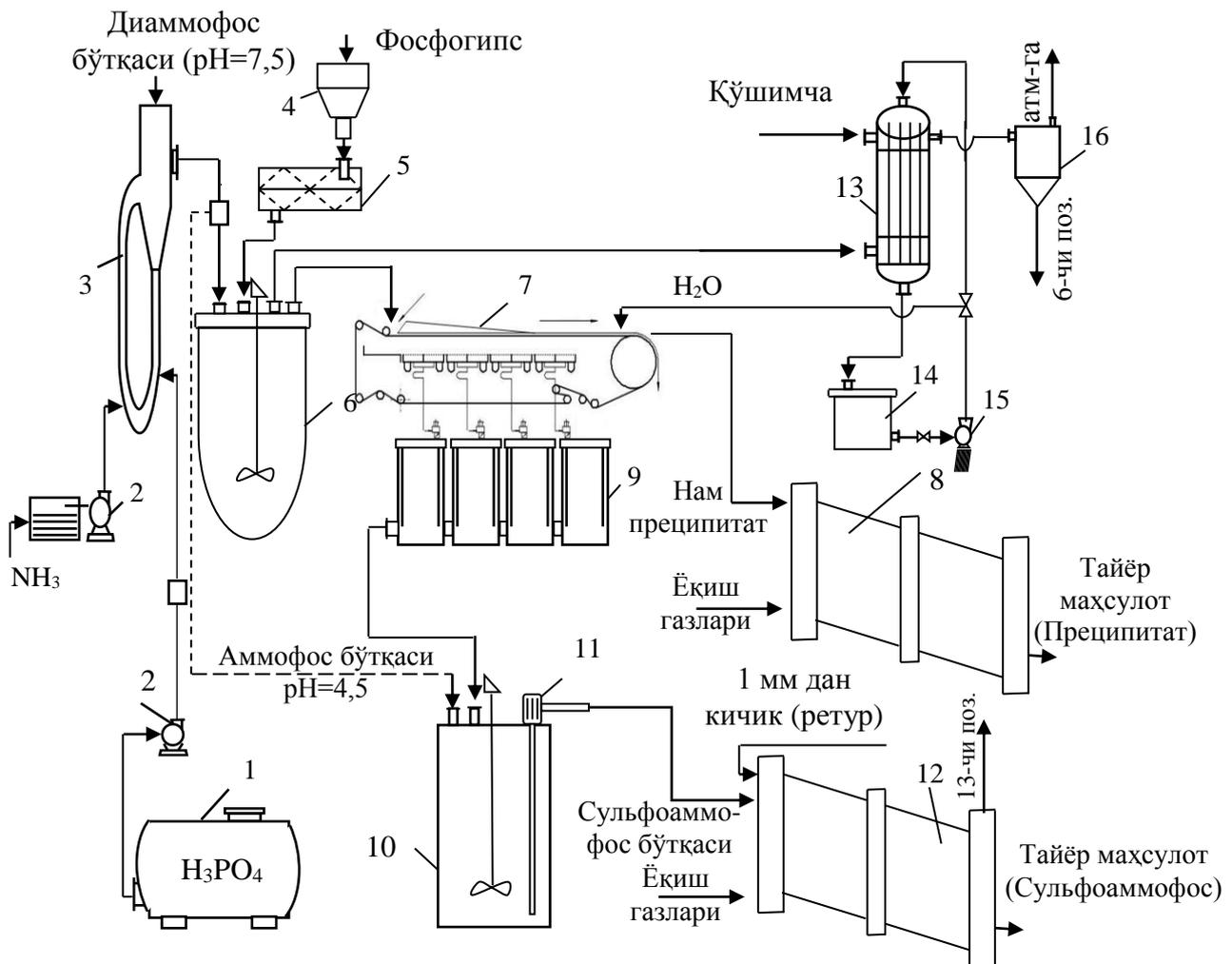
#### 5-жадвал

### Суюқ фазага аммофос бўтқасини қўшиш асосида олинган сульфоаммофос намуналарининг таркиби

Аралаштириш вақти, дақиқа	Компонентлар миқдори, оғир. %					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ўзл. :	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> сув.эр.:
	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.эр	SO <sub>3</sub> умум.	N <sub>умум.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> умум.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> умум
60	23,27	22,35	20,26	22,35	19,93	96,05	87,06
120	23,06	22,12	20,05	22,29	19,89	95,92	86,95
180	23,13	22,18	20,14	22,31	19,92	95,89	87,07

Лаборатория тажрибалари фосфогипсни диаммофос бўтқаси билан конверсиялаш асосида преципитат ва сульфоаммофос олишининг принципиал технологик тизимини ишлаб чиқишга имкон берди, унда асосий қурилмалар тезкор аммонизатор-буғлатгич (ТАБ), фосфогипс конверсияси учун реактор, лентали вакуум-фильтр, сульфоаммофос бўтқасини олиш учун реактор, барабан-қуритгич (БК), барабан-донадорлагич-қуритгич (БДК) ва чиқинди газларни абсорбциялаш системаси ҳисобланади (6-расм).

Преципитат ва сульфоаммофос олиш учун моддий баланс ҳисобланди. 35,43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. ва 34,66% СаО<sub>умум.</sub> таркибга эга 1 т преципитат ишлаб чиқариш учун 1053,74 кг ФГ , 2634,35 кг ЭФК ва 423,6 кг NH<sub>3</sub>МНГ талаб этилади. Бунда 25,17% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ва 4,48% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> тутган аммоний сульфат эритмаси олинади, у 1573,49 кг аммофос бўтқаси билан аралаштирилади, унинг учун 1374,69 кг ЭФК ва 256,4 кг NH<sub>3</sub>МНГ сарф этилади. Аралаштириш, донадорлаш ва қуритишдан кейин 1245,52 кг сульфоаммофос олинади.



**6-расм – Фосфогипсни диаммофос бўтқаси билан конверсиялаш йўли билан преципитат ва сульфоаммофос олишнинг технологик тизими:**

1 – ЭФК учун сақлагич; 2, 15 - насослар; 3 – тезкор аммонизатор-буғлатгич (ТАБ); 4 - сарфлагич бункери; 5 - шнекли дозатор; 6 - реактор; 7 - лентали вакуум-фильтр; 8 – барабан-қуритгич; 9 – аммоний сульфати эритмаси ва ювинди сувлар учун йиғгич; 10 – аммоний сульфати эритмаси ва аммофос бўтқасини аралаштириш учун реактор; 11 – ботирма насос; 12 – барабан-донадорлаш-қуритгич (БДҚ); 13 - абсорбер; 14 – оралик йиғгич; 15 – айланма насос 16 – томчи ушлагич. брызгоуловитель.

Минерал ўғитлар замонавий саноатини ривожлантириш йўналишларидан бири ўзида учта асосий озукка элементлар – азот, фосфор ва калий тутган комплекс ўғитлар ишлаб чиқариши ҳисобланади. Комплекс ўғитлар ичида  $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1$  нисбатдаги марка энг кўп тарқалганидир. Бундай 14:14:14 марказдаги ўғитни супрефос бўтқаси,  $NH_4NO_3$  ва  $KCl$  асосида олиш мумкин.

Шунинг учун  $N:P_2O_5 = 1:1$  ва  $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1$  марказдаги комплекс ўғитлар олишнинг шароитлари кўрсатилди ( $pH=5,25$ , ҳарорат -  $60^\circ C$  ва аралаштириш вақти - 120 дақиқа), гипсининг конверсияланиш даражаси мос равишда 93,66 ва 99,61% ни ташкил этади. «Супрефос-NS» учун ушбу кўрсаткичлар фақатгина  $pH=7,5-8,0$  да эришилади. Бу шундан далолат берадики, «Супрефос-NS» ўғитига нисбатан мувозанатлашган NP- ва NPK-ўғитлар олиш анча истиқболли ҳисобланади.

Мураккаб бўтқаларни донадорлаш ва қуритиш натижасида 17,76% SO<sub>3</sub>, 18,71% N; 18,88% 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>умум. = 98,68%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>сув.эрув. : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. = 66,26%; CaOўзл. : CaOумум. = 85,43% таркибдаги N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 1 : 1 маркали NP-ўғити ва таркибида 14,34% N; 13,91% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум.; 13,81% K<sub>2</sub>O, 12,98% SO<sub>3</sub>, озука элементлари йиғиндиси 62,53%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>ўзл. : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>дақ. = 98,71%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>сув.эрув. : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>умум. = 57,37%; CaOўзл. : CaOумум. = 93,88% тутган N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1 : 1 : 1 нисбатдаги NPK-ўғити олинади. Кимёвий таркибини баҳолаб кўрилганда, ушбу ўғитлар ўзининг таркибида 12,98 дан 17,76% гача SO<sub>3</sub> тутган бўлиб, ушбу махсулотларни NPS- ва NPKS-ўғитлар деб аташга имкон беради.

Рентгенография усули билан тузли таркиби аниқланди: кўрсатдики, унда дикальцийфосфат, аммоний ва калий нитрати, сульфати, фосфати, хлориди мавжуд.

Мувозанатлашган NP- ва NPK-ўғитлар олишнинг технологияси ишлаб чиқилди ва моддий баланси ҳисобланди, бу эса супрефос бўтқаси асосида концентранланган комплекс ўғитлар олишнинг кам чиқиндилли технологиясини амалга оширишнинг истиқболлигини тасдиқлайди.

Бешинчи бобда **«Фосфогипс конверсияси асосида бирламчи ва комплекс ўғитлар олиш технологиясининг технологик синовлари»** «Электрокимёзавад» ҚК-АЖ тажриба қурилмасида ФКГБни аммиакли конверсиялаш ва ФГни диаммофос бўтқаси билан конверсиялаш йўли билан преципитат, суюқ NPS-ўғити ва сульфоаммофос олиш технологиялари синовлари натижалари келтирилган.

Синовлар давомида 2000 кг преципитат ва суюқ NPS-ўғитининг тажриба партияси ишлаб чиқарилди. Ўғитлар агрокимёвий самарадорликка синалди. Агрокимёвий синовлар кўрсатдики, пахта хом ашёсининг кўшимча ҳосили назоратга солиштирилганда 6,98% га ошади.

Ўтказилган техник-иқтисодий ҳисоблар кўрсатдики, Супрефос-NS ўғитида 1 тонна 100 %-ли P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> нинг тўлиқ корхона тан нархи 8 365 905 сўм, преципитат ва сульфоаммофосда эса 6 978 400 ва 4 782 960 сўмни ташкил этди, улар 1 387 505 ва 3 582 945 сўмга арзон тушади. 1 тонна Супрефос-NS таннархи 2 153 386 сўм, 1 тонна преципитат ва сульфоаммофос 1 916 598 ва 1 916 599 сўмни ташкил этади, яъни улар қарийб 11% га арзондир. 1 тонна N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 1:1-ва N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1 : 1 : 1 маркали ўғитларнинг таннархи 1 921 195 ва 1 751 194 сўмни ташкил этади, бу эса Супрефос-NS га қараганда 232 191 ва 402 192 сўм ёки 10,78 ва 18,68% га арзондир.

## ХУЛОСА

Диссертация иши бажарилишида олинган асосий илмий ва амалий натижалар қуйидагича:

1. С:Қ нисбати, рН, ҳарорат ва вақтга боғлиқ равишда ФКГБ нисбатининг реологик хоссалари ўрганилди. С:Қ нисбати ва ҳароратнинг ортиши билан зичлик ва қовушқоқлик камаяди. Кўрсатдики, фосфогипс асосан 90% кальций сульфати ҳамда 7-8% га яқин кварц ва парчаланмай қолган фторапатитдан иборат бўлади.

2. С:Қ нисбати, рН, ҳарорат ва вақтга боғлиқ равишда ФКГБни аммиакли конверсиялаш, кейинчалик бўтқани қаттиқ ва суюқ фазаларга ажратиш йўли билан преципитат ва аммоний сульфати эритмаси таркиби ишлаб чиқилди. Гипснинг юқори конверсия даражасига рН = 7,5, ҳарорат 50°C ва аралаштириш давомийлиги 120 дақиқада эришилади ( $K_{\text{конверсия}}$  – 97,28; 99,71 ва 98,29% мос равишда С : Қ = 2 : 1; 2,5 : 1 ва 3 : 1).

3. Аниқландики, С : Қ = 2,5 : 1 мақбул нисбат ҳисобланади, бунда таркибида (оғир.%):  $P_2O_{5\text{умум}}$  – 37,33,  $P_2O_{5\text{ўзл}}$  – 25,10,  $CaO_{\text{умум}}$  – 41,24,  $CaO_{\text{ўзл}}$  – 25,75 бўлган бирламчи ўғит – преципитат олинади. Суюқ қисмидан таркибида 5,69%  $(NH_4)_2HPO_4$  ва 23,26%  $(NH_4)_2SO_4$  тутган NPS-ўғити олинади. Агрохимёвий синовлар кўрсатдики, пахта хом ашёсининг қўшимча ҳосили назоратга солиштирилганда 6,98% га ошади.

4. Ювилган фосфогипсни диаммофос бўтқаси (рН = 7,5) билан конверсиялаш ҳамда бўтқани суюқ ва қаттиқ фазаларга ажратиш йўли билан преципитат и сульфаммофоснинг таркиблари ишлаб чиқилди. Бунда таркибида (оғир. %):  $P_2O_{5\text{умум}}$  – 35,43;  $P_2O_{5\text{ўзл}}$  – 27,31;  $CaO_{\text{умум}}$  – 34,66;  $CaO_{\text{ўзл}}$  – 24,44;  $SO_{3\text{умум}}$  – 6,79; N – 3,59 ва гипснинг конверсияланиш даражаси - 94,56% бўлган преципитат олинади. Олинган суюқ фаза таркибида 25,17%  $(NH_4)_2SO_4$  ва 4,48%  $(NH_4)_2HPO_4$  бўлади. Ушбу суюқ фаза ва аммофос бўтқаси асосида  $P_2O_{5\text{умум}}$  – 23%,  $P_2O_{5\text{ўзл}}$  :  $P_2O_{5\text{умум}}$  = 96%,  $P_2O_{5\text{суб.эрув}}$  :  $P_2O_{5\text{умум}}$  = 87%,  $N_{\text{умум}}$  – 20%,  $SO_{3\text{умум}}$  – 22% таркибдаги сульфоаммофос олинади. Ювилган фосфогипсни преципитат ва сульфоаммофосга қайта ишлашнинг моддий баланси ҳисобланди ва технологик тизими тавсия этилди.

5. рН кўрсаткичи 5,25 бўлганда супрефос бўтқасини аммоний нитрати ва калий хлориди билан аралаштириш йўли билан мувозанатлашган комплекс ўғитларнинг таркиби ишлаб чиқилди. N :  $P_2O_5$  = 18,8 : 18,8 ва N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$  = 7 : 18,5 : 18,5 ва 14 : 14 : 14 маркалардаги мувозанатлашган олтингугуртли ўғитлар олинган. Ундан ташқари улар таркибида фақатгина сувда эрийдиган шаклдаги олтингугуртга эгадир, чунки гипс конверсия даражаси 99,61% га етади.

6. Преципитат ва комплекс ўғитларнинг физик-кимёвий ва товар хоссалари ўрганилди. Тажрибаларда исботландики, преципитат 69,4% гигроскопик нуктага эга бўлган ҳолда ўзининг сочилувчанлигини фақатгина 17% ва юқори намликда йўқотади, N :  $P_2O_5$  = 1 : 1 ва N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$  = 0,4 : 1 : 1 и 1 : 1 : 1 маркалардаги ўғитлар эса 58,0; 57,8 ва 57,2% гигроскопик нуктага эга бўлган ҳолда ўзининг ташқи кўринишини 9% ва юқори намликда йўқотади.

7. «Электрокимё завод» ҚК-АЖ тажриба қурилмасида ўғитли преципитат, суюқ NPS-ўғити ва сульфоаммофос олиш технологияларининг асосий техник параметрлари синовдан ўтказилиб, тажриба партиялари ишлаб чиқарилди. Техник-иқтисодий кўрсаткичлар исботландики, тавсия этилган маҳсулотлар Супрефос-NS» ўғитига нисбатан анча арзондир. Ишлаб чиқилган технология 30-40% фосфогипс чиқиндисини камайтиради, шунча миқдорда сульфат кислотаси тежаллади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.04.2021.Т.106.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ФЕРГАНСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ  
ИНСТИТУТЕ**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**НУЪМОНОВ БАХТИЁРЖОН ОМОНЖОНОВИЧ**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОДИНАРНЫХ ФОСФОРНЫХ И  
КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНВЕРСИИ  
ФОСФОГИПСА**

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

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

**Фергана – 2021**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером B2021.2.PhD/T2237 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Докторская диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице по адресу [www.farpi.uz](http://www.farpi.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziyouet» по адресу [www.ziyouet.uz](http://www.ziyouet.uz)

**Научный руководитель:** **Намазов Шафоат Саттарович**  
доктор технических наук, профессор, академик

**Официальные оппоненты:** **Дехканов Зулфикахар Киргизбаевич**  
доктор технических наук

**Кучаров Бахром Хайриевич**  
доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:** **Навоийский государственный горный институт**

Защита состоится «29» декабря 2021 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.04.2021.T.106.04 при Ферганском политехническом институте по адресу: 150107, г. Фергана, ул. Ферганская, 86; Тел.: (+99873) 241-12-06; факс: (+99873) 241-12-06; e-mail: [ferpi\\_info@edu.uz](mailto:ferpi_info@edu.uz)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ферганского политехнического института за №1, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (150107, г. Фергана, ул. Ферганская, 86. Тел.: (+99873) 241-12-06; факс: (+99873) 241-12-06; e-mail: [ferpi\\_info@edu.uz](mailto:ferpi_info@edu.uz))

Автореферат диссертации разослан «17» декабря 2021 года  
(реестр протокола рассылки №1 от «17» декабря 2021 года.



**Хамдамова Ш.Ш.**

Председатель научного совета по присуждению  
ученых степеней, доктор технических наук, доцент

**Назирова Р.М.**

Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученых степеней, доктор философии по техническим наукам (PhD)

**Тожиёв Р.Р.**

Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученых степеней, доктор технических наук, доцент

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

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В мире повышение продуктивности сельского хозяйства должно производиться за счёт увеличения урожайности культур, а не расширения посевных площадей, которые с каждым годом уменьшаются в расчёте на душу населения. Это достигается с широким применением в посевных площадях минеральных удобрений и химических средств. В этом аспекте важным являются наращивание производства одинарных фосфорных, комплексных и жидких удобрений с различными агрохимическими сроками внесения.

В мировом масштабе ведутся научные исследования по получению серной кислоты и строительных материалов путем термической обработки, применению в культурах в качестве мелиоранта, переработке в сульфат аммония путём аммиачной конверсии. В этом плане, особое внимание уделяется разработке конверсионного способа переработки фосфогипса, нахождению оптимальных условий аммиачной конверсии гипса в фосфорной кислоте либо диаммофосной пульпе; разработке технологии получения фосфорных, комплексных и жидких удобрений широкого ассортимента путём аммиачной конверсии фосфорнокислотной гипсовой пульпы (ФКГП).

В Республике на основе реализации широкомасштабных мероприятий и инновационных разработок достигаются существенные результаты в области производства односторонних фосфорных, азотнофосфорных- и азотно-фосфорнокалийных удобрений, а также жидких комплексных удобрений. В третьем направлении Стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, предусмотренной в 2017-2021 гг. отмечены важные задачи, направленные на «...развитие высокотехнологичных перерабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов...<sup>2</sup>». В этом аспекте, в том числе важное значение имеет разработка технологии получения удобрительного преципитата для внесения под зябь, уравнированных сложных удобрений для сева и подкормки, жидкие удобрения для капельного орошения всех сельскохозяйственных культур.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», ПП-4919 от 11 декабря 2020 года «О мерах по возмещению части затрат сельскохозяйственных производителей на внедрение водосберегающих технологий», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

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

**Степень изученности проблемы.** В научно-технической литературе имеется обширная информация, направленная как на изучение утилизации фосфогипса, так и на предотвращение его формирования с использованием методов термообработки для получения серной кислоты и строительных материалов, конверсии фосфогипса на сульфат натрия, аммония, калия, гумат кальция, преципитат и сложные удобрения (Манжина С.А., Тагер М.А., Shuang W., Ляшкевич И.М., Удалова Е.А., Левин Б.В., Колокольников В.А., Сизяков В.М., Гончарик И.И., Guppert U., Kurz F., Mulopol J., Кушербекова Г.Т., Жданов Ю.Ф., Запольский С.В., Ледовской В.И., Садыков Б.Б., Жуманова М.О., Усанбаев Н.Х.).

Колокольников В.А., Сизяков В.М., Гончарик И.И. изучали конверсию ФГ карбонатом натрия, аммония, хлоридом калия с получением сульфата натрия, аммония, калия, карбоната и хлорида кальция. Mulopol J. изучал процесс взаимодействия карбоната натрия с 5 %-ной суспензией ФГ. Однако жёсткие требования на содержание  $P_2O_5$  в ФГ, многостадийность и низкая скорость фильтрации являются недостатками данных способов. Кушербековой Г.Т., Ждановым Ю.Ф. и Запольским С.В. получен преципитат, азотнофосфорное удобрение конверсией ФГ из фосфатного сырья Каратау и апатита аммофосной пульпой при низких  $pH=4,5$  и высоких нормах ФГ с добавкой сульфатного мыла. Недостатком разработанных способов является низкая степень конверсии и использование дорогостоящего ПАВ.

Садыковым Б.Б. разработана технология «Супрефоса-NS» на основе аммиачной конверсии ФКГП при  $pH=7,5$ . Продукт состоит в основном из смеси сульфата аммония, дикальцийфосфата и фосфатов аммония. При этом высокие расходные нормы сырьевых материалов, неуравновешенность питательных компонентов в продукте. Исследование процесса конверсии ФКГП аммиаком, диаммофосной, аммофосной пульпой в присутствии нитрата аммония и хлорида калия с получением удобрительного преципитата, жидкого комплексного удобрения, сульфоаммофоса, уравновешенных NP- и NPK- удобрений в одном цикле никем не изучена.

**Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ.** Диссертационная работа выполнена в рамках плана научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии по прикладному проекту ПЗ-20170926269 «Разработка ресурсосберегающей и высокоэффективной технологии получения одинарного и сложного фосфорных удобрений на основе минерализованной массы и мытого сушеного концентрата фосфоритов Центральных Кызылкумов» (2018-2020 гг.).

**Целью исследования** является разработка технологии получения одинарных фосфорных и комплексных удобрений на основе аммиачной конверсии фосфогипса.

### **Задачи исследования:**

изучение состава и свойств фосфогипса – отхода экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК);

исследование процесса аммиачной конверсии фосфорнокислотной гипсовой пульпы в зависимости от соотношения Ж : Т, рН, температуры и продолжительности перемешивания;

исследование процесса конверсии ФГ с диаммофосной пульпой (рН=7,5) в зависимости от Ж : Т, температуры и продолжительности перемешивания;

исследование процесса получения сульфоаммофосного удобрения путём смешения аммофосной пульпы с раствором сульфата аммония;

изучение процесса получения уравновешенных NP- и NPK- удобрений путём аммиачной конверсии фосфорнокислотной гипсовой пульпы в присутствии азотной кислоты и хлорида калия;

изучение физико-химических свойств, установление солевых составов новых видов односторонних фосфорных и комплексных удобрений;

разработка технологических схем, расчет материальных балансов и технико-экономических показателей производства удобрительного преципитата, сульфоаммофоса, уравновешенных NP- и NPK удобрений;

отработка технологических параметров технологии удобрительного преципитата, ЖКУ, сульфоаммофоса на опытной установке с выпуском опытных партий продуктов;

оценка агрохимической эффективности удобрительного преципитата на урожайность хлопчатника.

**Объектом исследования** является ФКГП, отмытый ФГ, аммиачная вода, газообразный аммиак, диаммофосная пульпа, азотная кислота, хлорид калия, удобрительный преципитат, раствор сульфата аммония, сульфоаммофос, уравновешенные NP- и NPK удобрения.

**Предметом исследования** является процесс конверсии ФКГП и отмытого ФГ аммиаком и диаммофосной пульпой с последующим разделением пульпы на твердую и жидкую фазы, процесс получения сульфоаммофоса, процесс аммиачной конверсии ФКГП в присутствии азотной кислоты и хлорида калия с получением NP- и NPK удобрений.

**Методы исследования.** Использованы химические, физико-механические (эксикаторный, пикнометрический, капиллярный) и рентгенографические методы анализа, а также агрохимические испытания.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

определены оптимальные условия аммиачной конверсии фосфогипса в фосфорной кислоте (Ж:Т = 2,5:1, рН=7,5, t = 50°C, τ = 120 минут), при которых достигается 99-99,5% степень конверсии сульфата кальция;

установлен солевой состав преципитата, состоящий из ди- и трикальцийфосфата, фосфата магния, магния, полуторных окислов и комплексных солей при глубокой аммонизации фосфорной гипсовой пульпы;

доказана полная конверсия гипса (99,6%) при разработке состава NP- и NPK-удобрений путем аммиачной конверсии фосфорнокислотной гипсовой пульпы в присутствии нитрата аммония и хлорида калия при pH=5,25;

разработаны технологии, обеспечивающие снижение объема фосфогипса и получение минеральных удобрений, как удобрительный преципитат, ЖКУ, сульфоаммофос, уравновешенные NP- и NPK-удобрения.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана технология получения преципитата и раствора сульфата и фосфата аммония путем аммиачной конверсии ФКГП с последующим разделением супрефосной пульпы на твердую и жидкую фазы;

разработана технология получения преципитата и сульфоаммофоса путем конверсии фосфогипса с диаммофосной пульпой с последующим разделением супрефосной пульпы на твердую и жидкую фазы;

разработан способ получения уравновешенных  $N : P_2O_5 = 1 : 1$  и  $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 1 : 1$  удобрений путем аммиачной конверсии ФКГП в присутствии азотной кислоты и хлорида калия.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химического и физико-химического анализа подтверждены лабораторными опытами, агрохимическими и опытно-промышленными испытаниями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования определяется тем, что они заложили основу аммиачной конверсии фосфогипса в растворе фосфорной кислоты, получения состава удобрительного преципитата, ЖКУ, сульфоаммофоса, уравновешенных NP- и NPK-удобрений широкого ассортимента.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные технологии сокращают объемы фосфогипса и обеспечивают сельское хозяйство одинарными фосфорными удобрениями для внесения под зяблевую пахоту, жидкими удобрениями для капельного орошения, а также комплексные удобрения для сева и подкормки всех видов сельскохозяйственных растений.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения удобрительного преципитата, ЖКУ и сульфоаммофоса из отвального фосфогипса:

технология получения удобрительного преципитата и жидкого удобрения путем аммиачной конверсии фосфорнокислотной гипсовой пульпы включена в перечень перспективных разработок для реализации на СП-АО «Электрохимзавод» (справка СП-АО «Электрохимзавод» № 88 от 10 сентября 2021 г.). В результате появилась возможность снижения нормы расхода серной кислоты на 30% при одновременном уменьшении объема фосфогипса;

технология получения удобрительного преципитата и сульфоаммофоса на основе конверсии фосфогипса с диаммофосной пульпой включена в перечень перспективных разработок для реализации на СП-АО «Электрохимзавод» (справка СП-АО «Электрохимзавод» № 88 от 10

сентября 2021 г.). В результате дает возможность существенно расширить ассортимент выпускаемых марок комплексных удобрений с вовлечением отходов в их производство.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были доложены и обсуждены на 2 международных и 5 республиканской научно-практической конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 12 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 диссертаций (PhD).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, и приложений. Объем диссертации состоит из 115 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность работы, сформулированы цель и задачи исследования, характеризуются объект и предметы исследования, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты, указана степень внедрения результатов в практику, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Фосфогипс и существующие способы его переработки»** приводится обзор, в котором дано современное состояние мирового производства минеральных удобрений, добычи фосфатного сырья и способы утилизации ФГ. Проанализированы различные методы переработки ФГ – применение в качестве мелиоранта, вяжущих и композиционных добавок к цементам, для автомобильных дорог, термическая переработка на серную кислоту, известь или цемент. Рассмотрены варианты извлечения редкоземельных элементов из ФГ. Сделан подробный анализ конверсионным способом переработки ФГ в продукты народно- и сельскохозяйственного назначения. Анализ опубликованных работ позволил сформулировать цель и задачи настоящей работы.

Во второй главе диссертации **«Состав и свойства сырьевых материалов для получения одинарных и комплексных удобрений, а также методы их исследования»** приводятся объект и методика исследования по двум вариантам получения продуктов: 1) преципитата и раствора сульфата аммония, 2) преципитата и сульфаммофоса.

В первом случае для лабораторных экспериментов взяты ФКГП трех марок (АО «Аmmofos-Махам») состава (вес.%): Ж : Т = 2 : 1 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. – 12,08; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>водн. – 11,99; СаО<sub>общ.</sub> – 12,42; SO<sub>3</sub>общ. – 17,18; (вес.%): Ж : Т = 2,5 : 1 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. – 12,25; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>водн. – 12,15; СаО<sub>общ.</sub> – 11,00; SO<sub>3</sub>общ. – 15,13 и (вес.%): Ж : Т = 3 : 1 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. – 12,65; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>водн. – 11,63; СаО<sub>общ.</sub> – 10,29; SO<sub>3</sub>общ. – 13,87. Они получены в дигидратном режиме из МОК-26 (мытый

обоженный концентрат с содержанием 26% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). ФКГП представляет собой суспензию CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O в водном растворе H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. В качестве нейтрализующего агента использовали раствор аммиака (25% NH<sub>4</sub>OH).

Во втором случае для конверсии ФГ с диаммофосной пульпой взяты ЭФК (АО «Аmmofos-Махам») состава (вес. %): 16,46 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,052 CaO; 1,11 MgO; 0,41 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,28 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2,98 SO<sub>3</sub>; 0,99 F, 25 %-ный раствор NH<sub>3</sub> и сухой ФГ (АО «Аmmofos-Махам») состава (вес. %): 0,70 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 33,28 CaO; 0,14 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,05 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 47,60 SO<sub>3</sub>. ФГ измельчали до размера частиц менее 0,25 мм. Сущность процесса конверсии заключается в осуществлении реакции следующего вида:



Указанная реакция приобретает практическое значение вследствие выделения преципитата в твердую фазу и возможности получения жидкого азотносерного удобрения.

Химический и рентгенографический анализ показали, что ФГ состоит в основном из дигидрата сульфата кальция (более 90%) и около 7-8% неотмытой фосфорной кислоты, осадков полуторных оксидов, силикатов натрия и калия, неразложившегося фосфорита.

Анализ ФКГП, ФГ, преципитата, сульфата аммония, сульфоаммофоса на содержание различных компонентов проводили по известным методикам. Измерение величины рН 10%-ных водных суспензий осуществляли в иономере И-130М с точностью до 0,05 единиц рН. Рентгенографический анализ ФГ и продукта проводили на дифрактометре XRD-6100 (Shimadzu, Япония). Идентификация минеральных фаз производилась с использованием базы данных 2013 International Centre for Diffraction Data.

Третья глава диссертации **«Получение преципитата и сульфата аммония путем глубокой аммонизации фосфорнокислотной гипсовой пульпы»** посвящена изучению конверсии фосфогипса в фосфорной кислоте в зависимости от различных параметров (Ж:Т, температуры и продолжительности перемешивания).

Для этого в стеклянный реактор, снабженный мешалкой и термостатирующей водяной рубашкой, заливали исходную гипсовую пульпу в количестве 50 гр. После обогрева до 60°C включали мешалку и постепенно нейтрализовали 25%-ной аммиачной водой до рН = 5,5; 6,5; 7,5 и 8,5. Далее вели перемешивание пульпы в термостатированных условиях в течение 30; 60 и 120 мин. при температуре 30 и 50°C. Аммонизированную пульпу перемешивали при скорости вращения мешалки 250-300 об/мин. Затем всё содержимое реактора расфилтровывали на воронке Бюхнера, с использованием колбы Бунзена, при разряжении 0,65 мм рт. ст. через один слой фильтровальной бумаги «белая» лента. Взятые фильтры предварительно взвешивали. Оставшийся на фильтре осадок промывали со 100 гр. водой при заданной температуре, затем ацетоном и вместе с фильтром высушивали при 60°C до постоянного веса. После охлаждения в эксикаторе взвешивали. Далее высушенный осадок и равновесная с ним жидкая фаза подвергали химическому анализу. На рис. 1, 2, 3 приведены степень конверсии гипса.

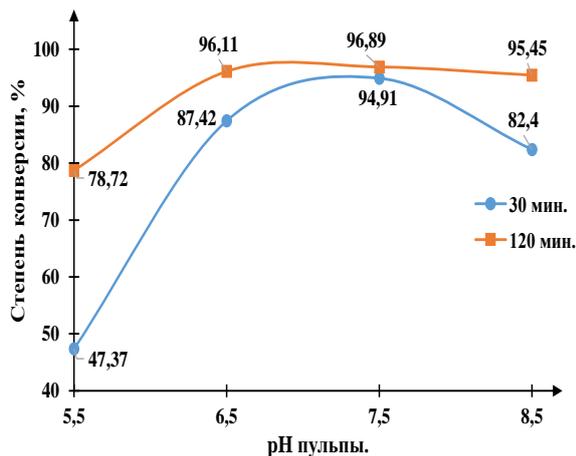


Рис. 1, а – Степень конверсии гипса в зависимости от рН аммонизированной фосфорнокислотной гипсовой пульпы (Ж:Т = 2:1) при 30°С.

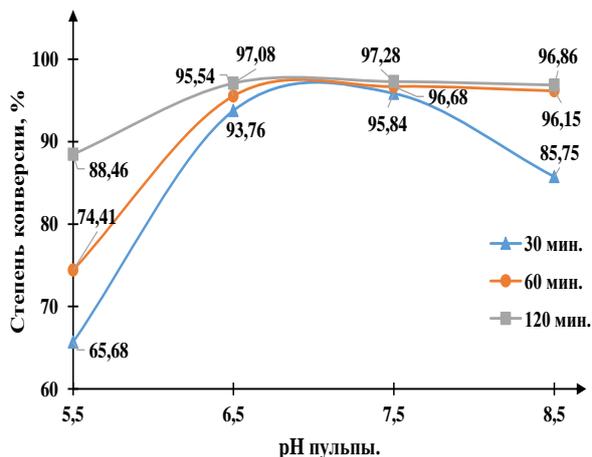


Рис. 1, б – Степень конверсии гипса в зависимости от рН аммонизированной фосфорнокислотной гипсовой пульпы (Ж:Т = 2:1) при 50°С.

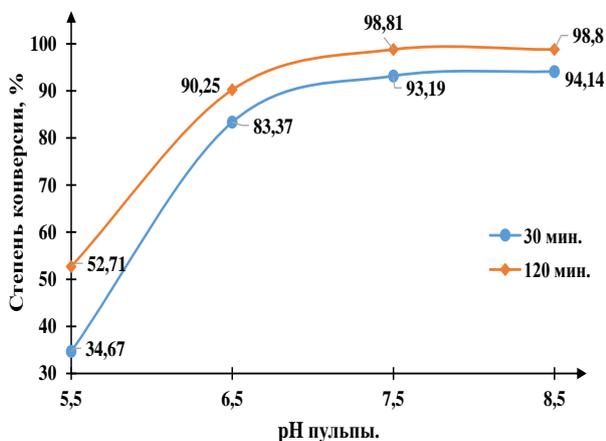


Рис. 2, а – Степень конверсии гипса в зависимости от рН аммонизированной фосфорнокислотной гипсовой пульпы (Ж:Т = 2,5:1) при 30°С.

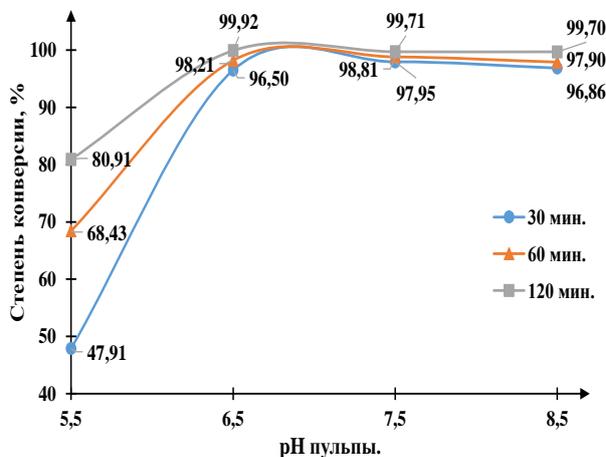


Рис. 2, б – Степень конверсии гипса в зависимости от рН аммонизированной фосфорнокислотной гипсовой пульпы (Ж:Т = 2,5:1) при 50°С.

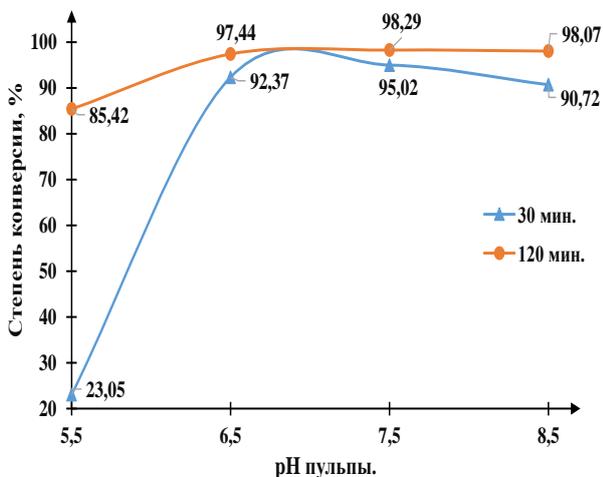


Рис. 3, а – Степень конверсии сульфата кальция в зависимости от рН аммонизированной фосфорнокислотной гипсовой пульпы (Ж:Т = 3:1) при 30°С.

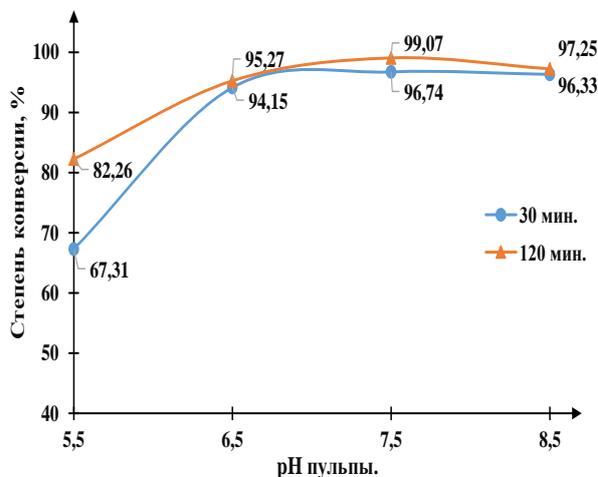


Рис. 3, б – Степень конверсии сульфата кальция в зависимости от рН аммонизированной фосфорнокислотной гипсовой пульпы (Ж:Т = 3:1) при 50°С.

Кстати, степень конверсии  $\text{CaSO}_4$  определяли по количеству ионов  $\text{SO}_3$ , образовавшихся в жидкой фазе пульпы, а также рассчитывали по отношению в граммах количеств сульфат-ионов, оставшихся в твердом остатке.

Из рисунков видно, что конверсия гипса, хоть и невысокая, наблюдается уже при  $\text{pH} = 5,5$ . Дальнейшее повышение  $\text{pH}$  супрефосной пульпы с 5,5 до 7,5 степень приводит к увеличению конверсии гипса. Независимо от соотношения Ж:Т высокая степень конверсии гипса наблюдается за время взаимодействия 120 минут. Чем выше температура, тем больше растворимость гипса в растворах фосфатов аммония. Чем больше жидкой фазы по отношению к твердой, тем выше степень конверсии гипса.

К примеру, при Ж:Т = 2,5:1,  $30^\circ\text{C}$  и  $\text{pH}=6,5$  в течение 30 минут степень конверсии составляет 83,37% (рис. 2, а). А по достижении  $\text{pH} = 7,5$  и 8,5 показатель повышается до 93,19 и 94,14%, соответственно. В этих случаях осадок состоит по существу из  $\text{CaHPO}_4$  с небольшим содержанием  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Увеличение времени перемешивания до 120 минут повышает показатель конверсии от 52,71 до 98,81%. Повышение температуры процесса перемешивания до  $50^\circ\text{C}$  позволяет достигать максимальной степени конверсии гипса в фосфате аммония (рис. 2, б). Так, если при  $50^\circ\text{C}$  и времени 30 минут с повышением  $\text{pH}$  пульпы от 5,5 до 8,5 степень конверсии находится в пределах 47,91-97,95%, то при 60 и 120 минутах этот показатель составляет 68,43-96,86 и 80,91-99,71%, соответственно.

Оптимальным значением  $\text{pH}$  пульпы можно считать 7,5, при котором обеспечивается максимальная степень конверсии гипса (99,71%). Так, при  $\text{pH}=7,5$ , Ж:Т=2,5:1, температуре  $50^\circ\text{C}$  и продолжительности 120 минут высушенный осадок содержит (табл. 1):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$  – 37,33%,  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$  – 25,10%,  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}}$  – 1,31%,  $\text{CaO}_{\text{общ.}}$  – 41,24%,  $\text{CaO}_{\text{усв.}}$  – 25,75%, N – 1,85%, и рекомендуется в качестве фосфорного удобрения для внесения под зябь.

**Таблица 1**

**Состав продуктов, полученной на основе твердой фазы аммонизированной фосфорнокислотной гипсовой пульпы**

pH аммонизированной пульпы	Влажность пульпы, %	Содержание компонентов, вес. %					
		$\text{P}_2\text{O}_5$ общ.	$\text{P}_2\text{O}_5$ усв.	$\text{P}_2\text{O}_5$ водн.	CaO общ.	CaO усв.	N
5,5	53,27	32,37	28,52	5,23	31,84	25,75	3,16
6,5	54,05	37,54	23,15	2,56	38,83	23,32	1,26
7,5	56,32	37,33	25,10	1,31	41,24	25,75	1,85
8,5	58,88	36,71	24,94	1,72	41,92	26,87	1,41

Рентгенографические исследования подтвердили, что твердая фаза аммонизированной ФКГП в основном состоит из минерала брушит ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) с примесями сульфата и фосфата аммония, гипса. Продукт имеет гигроскопическую точку – 69,4%. При поглощении до 8% влаги продукт не теряет рассыпчатость, но при 17%  $\text{H}_2\text{O}$  и выше начинает комковаться и слеживаться. Делается вывод, что порошкообразный преципитат необходимо хранить и перевозить в полиэтиленовых мешках.

Интересным представляется также жидкая фаза пульпы, состоящая из сульфата аммония в смеси МАФ и ДАФ (табл. 2). Так, жидкая часть вышеприведенного продукта содержит 3,06%  $P_2O_5$ , 14,21%  $SO_3$ , 6,05% N в пересчёте на 5,69%  $(NH_4)_2HPO_4$  и 23,26%  $(NH_4)_2SO_4$ . Она рекомендуется в качестве жидкого удобрения либо для переработки на сульфоаммофос.

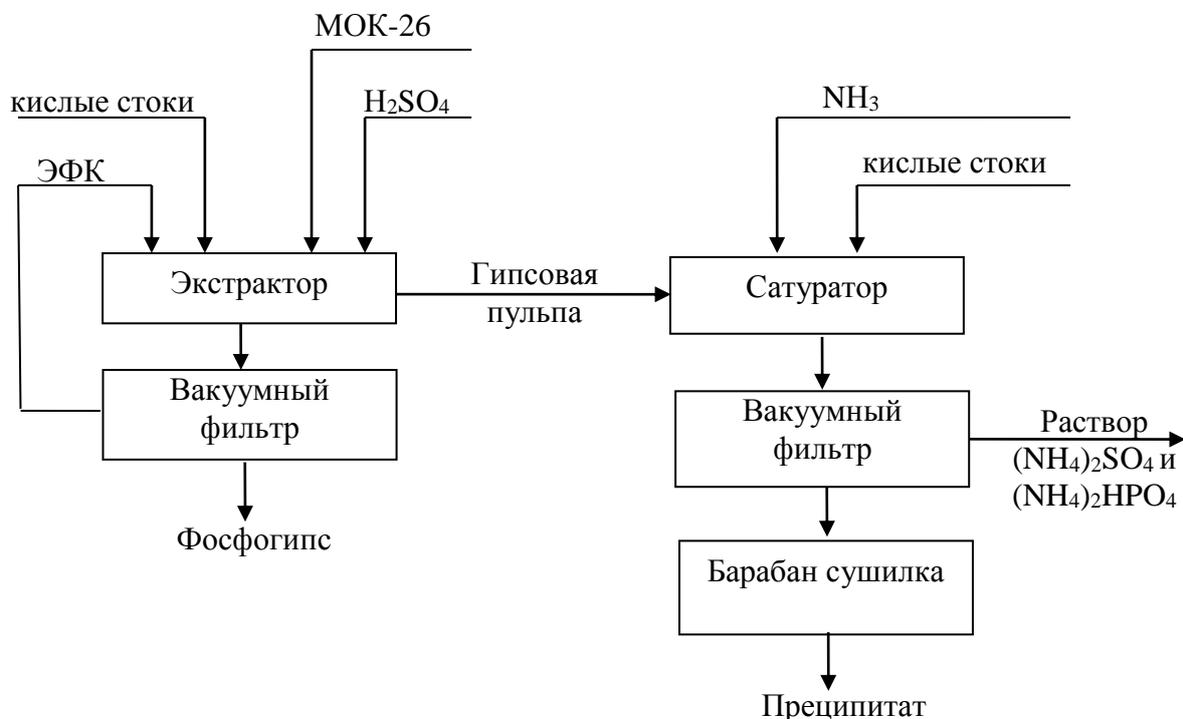
**Таблица 2**

**Состав продуктов, полученной на основе жидкой фазы аммонизированной фосфорнокислотной гипсовой пульпы**

рН аммонизированной пульпы	Содержание компонентов, вес. %			Солевой состав жидкого продукта, вес. %		
	$P_2O_{5\text{общ}}$	$SO_{3\text{общ}}$	N	МАФ	ДАФ	$(NH_4)_2SO_4$
5,5	3,21	14,82	5,97	4,42	0,89	24,05
6,5	3,11	14,84	6,48	-	5,78	24,27
7,5	3,06	14,21	6,05	-	5,69	23,26
8,5	3,05	14,29	6,36	-	5,67	23,39

Для остальных соотношений Ж:Т и температур наблюдается аналогичные закономерности, а различия состоят только в абсолютных значениях содержания компонентов в продуктах. Чем больше берется кислоты в пульпе, то есть чем больше жидкой фазы по отношению к твердой, тем полнее разложение гипса.

Разработана комбинированная технологическая схема, позволяющая получить два вида продукта: удобрительного преципитата и жидкого удобрения в одном цикле (рис. 4).



**Рис. 4 – Принципиальная технологическая схема производства преципитата и жидкого азотного удобрения.**

Согласно схеме, МОК-26 разлагается серной кислотой в присутствии оборотной фосфорной кислоты в дигидратном режиме. После чего одна часть

ФКГП направляется на карусельный вакуум-фильтр, где разделяется на ФГ и производственную ЭФК. Последняя возвращается в экстрактор. Изъятие части ФГ из пульпы диктуется тем, что при разложении МОК-26 получаем ФКГП на 5 молей гипса 3 моля фосфорной кислоты по реакции:



Поэтому другая часть ФКГП перекачивается в сатуратор, где осуществляется её аммонизация до рН=7-8. Затем супрефосная пульпа на карусельном вакуум-фильтре разделяется на жидкую и твердую фазы. Жидкая фаза представляет собой жидкое NPS-удобрение, а твердая фаза после барабан-сушилки является удобрительным преципитатом.

Рассчитан материальный баланс для получения 1 т преципитата и 3,5 т жидкого удобрения на основе аммиачной конверсии 3,5 т ФКГП.

Таким образом, перевод схемы производства Супрефоса-NS на выпуск других продуктов позволяет существенно расширить ассортимент минеральных удобрений и оптимально восполнить дефицит растворимой серой в почвах. Сера относится к основным питательным для растений элементам наряду с азотом, фосфором и калием.

В четвертой главе «**Одинарные и комплексные удобрения на основе конверсии фосфогипса**» описано осуществление процесса получения преципитата и сульфоаммофоса на основе конверсии фосфогипса с диаммофосной пульпой.

Опыты проводили следующим образом: в стеклянный реактор, снабженный мешалкой и термостатирующей водяной рубашкой, заливали ЭФК (её состав приведен во 2-ой главе) в количестве 100гр. После чего кислоту нейтрализовали 25%-ной  $\text{NH}_4\text{OH}$  до рН=7,5 при температуре не выше 60°C. Затем к диаммофосной пульпе постепенно дозировали ФГ (его состав приведен во 2-ой главе). Варьируемыми параметрами были массовое соотношение Ж : Т (2:1; 2,5:1 и 3:1), температура процесса (30 и 50°C) и продолжительность перемешивания (30; 60; 120 и 180 мин.). Соотношение Ж : Т рассчитывали на исходное соотношение ЭФК : ФГ.

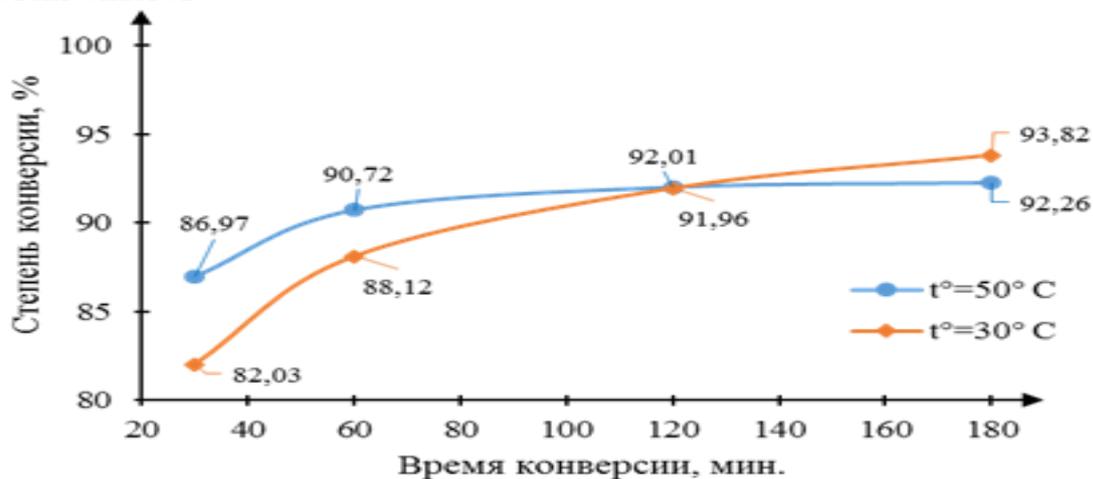
Выбор значения рН диаммофосной пульпы, равный 7,5, вызван тем, что низкое значение рН снижает эффективность конверсии гипса, а высокое не приводит к существенному повышению степени конверсии. Выбор соотношения Ж:Т = (2-3):1 обусловлен тем, что процесс получения ЭФК при дигидратном режиме обычно осуществляется при указанных интервалах Ж:Т. Интервал варьирования времени взаимодействия ФГ диаммофосной пульпой 30-180 минут объясняется тем, что при обработке менее 30 минут не происходит достаточного полного растворения ФГ, а выше 180 минут не приводит к заметному повышению его растворимости.

Повышение температуры процесса выше 50°C, естественно приводит к интенсивной конверсии гипса. Но при этом образуются кристаллы монетита ( $\text{CaHPO}_4$ ), трудно поддающиеся фильтрации. К тому же высокая температура приводит к затратам энергии и испарению аммиака. Снижение температуры ниже 30°C, хотя позволяет получить хорошо фильтруемые кристаллы

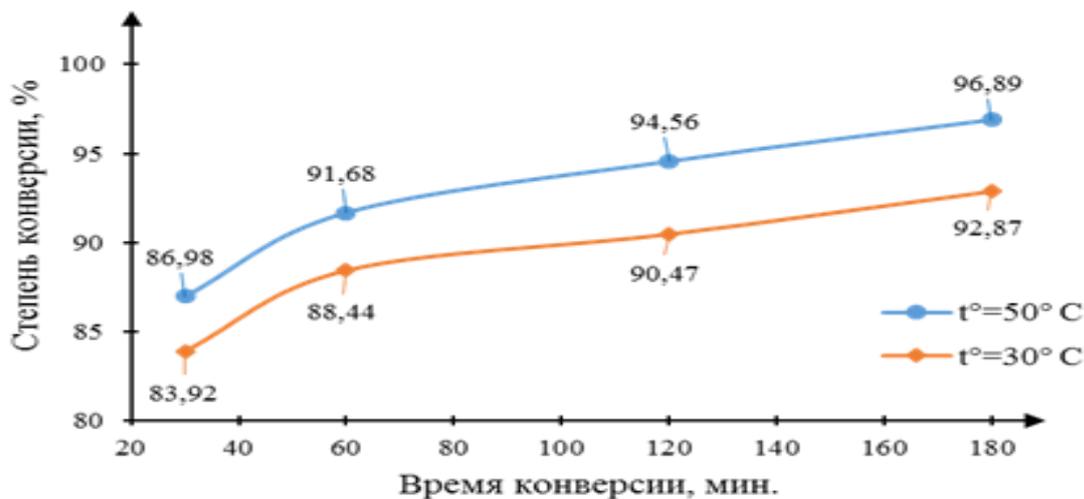
брушита ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), но требует дополнительного охлаждения пульпы. Кроме того, не обеспечивается достаточная степень конверсии гипса.

Далее пульпу перемешивали при скорости вращения мешалки 250-300 об/мин. При этом влажность пульп в зависимости от соотношения Ж:Т и температуры составляет от 41,24 до 54,04%. Затем всё содержимое реактора расфилтровывали и промывали по вышеприведенной методике.

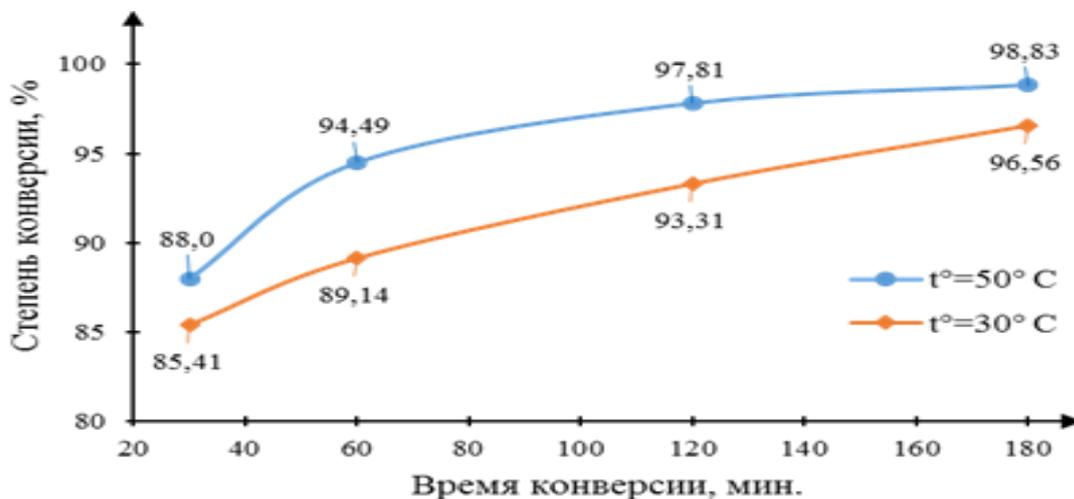
На рис. 5 (а, б и в) приведена степень конверсии гипса в зависимости от условий опытов.



а



б



в

Рис. 5 – Степень конверсии гипса в зависимости от времени перемешивания и температуры при Ж:Т = 2:1 (а); 2,5:1 (б) и 3:1 (в).

Из рис. 5-в видно, что с повышением температуры процесса и времени перемешивания увеличивается степень конверсии гипса. Так, при 50°C и соотношении Ж:Т = 3:1 с увеличением времени от 30 до 180 минут степень конверсии повышается с 88,0 до 98,83%. В процессе, проводимом за то же время, но при 30°C, этот показатель меняется с 85,41 до 96,56%. В этих случаях высушенные осадки имеют состав (вес. %): при 50°C – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. – 34,54-37,53; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>усв. – 25,82-27,17; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>водн. – 1,87-3,28; CaOобщ. – 33,01-36,72; CaOусв. – 21,74-23,05; SO<sub>3</sub>общ. – 0,63-6,03; N – 1,90-3,28, при 30°C – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. – 34,74-37,43; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>усв. – 27,94-29,48; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>водн. – 3,02-4,53; CaOобщ. – 32,63-36,17; CaOусв. – 21,55-23,60; SO<sub>3</sub>общ. – 1,19-7,0; N – 2,27-3,21.

При одной и той же продолжительности перемешивания пульпы, но при Ж : Т = 2,5 : 1, степень конверсии гипса меняется с 86,98 до 96,89% и с 83,92 до 92,87% (рис. 5-б). При этом осадки имеют (вес. %): при 50°C – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. – 34,19-36,26; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>усв. – 26,47-28,06; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>водн. – 1,78-4,19; CaOобщ. – 35,73-38,84; CaOусв. – 24,44-26,09; SO<sub>3</sub>общ. – 3,56-6,79; N – 1,87-3,56 (табл. 3), а при 30°C – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. – 33,23-36,11; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>усв. – 24,51-26,91; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>водн. – 3,88-4,96; CaOобщ. – 35,67-38,85; CaOусв. – 23,4-24,3; SO<sub>3</sub>общ. – 3,11-8,7; N – 1,23-2,14. Они служат в качестве одинарного фосфорного удобрения для внесения под зябь.

**Таблица 3**

**Состав твердой фазы, полученной на основе смеси аммонизированной фосфорной кислоты и фосфогипса при соотношении Ж : Т = 2,5 : 1**

Время конверсии гипса, мин.	Содержание компонентов, вес. %							P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв. : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ., %
	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> водн.	CaOобщ.	CaOусв.	SO <sub>3</sub> общ.	Nобщ.	
30	34,19	36,47	3,28	35,73	24,60	6,78	3,22	77,42
60	35,57	26,73	1,78	38,84	26,09	3,56	1,87	75,15
120	35,43	27,81	4,19	34,66	24,44	6,79	3,56	78,49
180	36,26	28,06	3,06	37,03	25,17	3,84	2,53	77,39

Что касается жидкой части аммонизированной гипсовой пульпы, то она представляет из себя раствор сульфата аммония в смеси с диаммонийфосфатом (ДАФ).

Самая высокая степень конверсии гипса (98,83%) происходит при температуре 50°C и 180 минутах взаимодействия компонентов. При максимальной степени конверсии в жидкой части пульпы концентрация (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> составляет 20,99%. Но наибольшая концентрация (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (30,40%) получается при 50°C и Ж:Т = 2:1 в течение 180 минут. Жидкая часть дополнительно содержит 6,60% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.

Наиболее оптимальной с точки зрения степени конверсии и концентрации сульфата аммония можно считать условия: при 50°C и Ж:Т = 2,5:1 в течение 120 минут. При этом степень конверсии достигает 94,56%. Так, при обработке 40 гр. ФГ можно получить около 38 гр. удобрительного преципитата с содержанием 35,43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ., 34,66% CaOобщ., 6,79% SO<sub>3</sub>общ. и 3,56% Nобщ. и раствора сульфата аммония, состава 25,17% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 4,48% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (табл. 4).

Таблица 4

**Состав жидкой фазы, полученной на основе смеси аммонизированной фосфорной кислоты и фосфогипса при соотношении Ж : Т = 2.5 : 1**

Время конверсии гипса, мин.	Содержание компонентов, вес. %			Состав жидкой фазы, вес. %	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	SO <sub>3</sub> общ.	N <sub>общ.</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
30	2,48	13,71	5,74	4,61	22,42
60	2,50	14,03	5,55	4,65	22,98
120	2,41	15,33	6,24	4,48	25,17
180	2,52	15,96	6,39	4,68	26,29

Фосфорсодержащий раствор сульфата аммония можно рекомендовать в качестве жидкого удобрения либо перерабатывать на концентрированное сложное удобрение – сульфоаммофос, как описывается далее: в ней добавили упаренную аммофосную пульпу (40% H<sub>2</sub>O), имеющую pH=4,5 с последующей грануляцией и сушкой готового продукта.

Из табл. 5 видно, что во всех случаях получаются уравновешенные NPS-удобрения с содержаниями P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. – 23,06-23,27%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>усв. : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. = 95,92-96,05%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>водн. : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. = 86,95-87,07%, N<sub>общ.</sub> – 19,89-19,93%, SO<sub>3</sub>общ. – 22,29-22,35%.

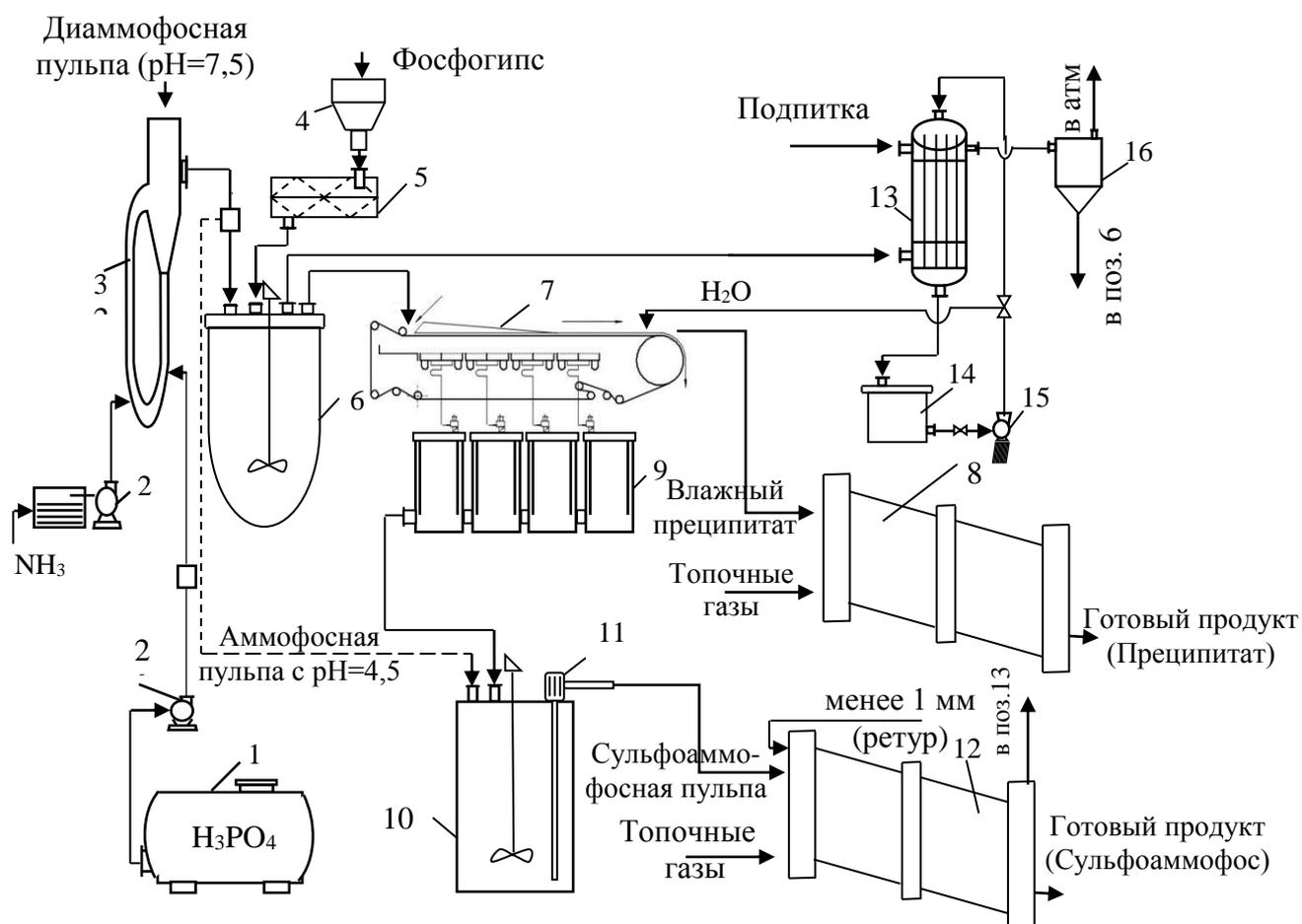
Таблица 5

**Состав образцов сульфоаммофоса, полученных на основе добавления в жидкую фазу аммофосной пульпы**

Время смешивания, мин.	Содержание компонентов, вес. %					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв. : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	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> общ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> водн.	SO <sub>3</sub> общ.	N <sub>общ.</sub>		
60	23,27	22,35	20,26	22,35	19,93	96,05	87,06
120	23,06	22,12	20,05	22,29	19,89	95,92	86,95
180	23,13	22,18	20,14	22,31	19,92	95,89	87,07

Лабораторные эксперименты позволили разработать принципиальную технологическую схему получения преципитата и сульфоаммофоса на основе конверсии фосфогипса с диаммофосной пульпой, основными аппаратами которого являются скоростной аммонизатор-испаритель (САИ), реактор для конверсии фосфогипса, ленточный вакуум-фильтр, реактор для получения сульфоаммофосной пульпы, барабан-сушилка (БС), барабан-гранулятор-сушилка (БГС) и система абсорбции отходящих газов (рис. 6).

Рассчитан материальный баланс для получения преципитата и сульфоаммофоса. Для производства 1 т преципитата состава 35,43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ. и 34,66% CaO<sub>общ.</sub> требуется 1053,74 кг ФГ, 2634,35 кг ЭФК и 423,6 кг NH<sub>3</sub>МНГ. При этом получается 2533,19 кг раствора сульфата аммония, содержащий 25,17% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 4,48% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, который смешивается с 1573,49 кг аммофосной пульпой, для которого расходуется 1374,69 кг ЭФК и 256,4 кг NH<sub>3</sub>МНГ. После смешения, грануляции и сушки получается 1245,52 кг сульфоаммофоса.



**Рис. 6 – Технологическая схема получения преципитата и сульфаммофоса путем конверсии фосфогипса с диаммофосной пульпой**  
 1 - хранилище для ЭФК; 2, 15 - насосы; 3 – скоростной аммонизатор-испаритель (САИ); 4 - расходный бункер; 5 - шнековый дозатор; 6 - реактор; 7 - ленточный вакуум-фильтр; 8 – барабан-сушилка; 9 – сборники для раствора сульфата аммония и промывных растворов; 10 – реактор для смешения раствора сульфата аммония и аммофосной пульпы; 11 – погружной насос; 12 – барабан-гранулятор-сушилка (БГС); 13 - абсорбер; 14 – промежуточный сборник; 15 – циркулирующий насос 16 - брызгоуловитель.

Одним из направлений развития современной промышленности минеральных удобрений является производство комплексных удобрений, содержащих в себе все три основных питательных элемента – азот, фосфор и калий. Наибольшее распространение среди комплексных удобрений получила марка с соотношением  $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1$ . Такую марку удобрения 14:14:14 можно получить на основе супрефосной пульпы,  $NH_4NO_3$  и  $KCl$ .

Поэтому показаны условия получения комплексных удобрений марок  $N:P_2O_5 = 1:1$  и  $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1$  ( $pH=5,25$ , температура -  $60^\circ C$  и время перемешивания - 120 мин.), при которых степень конверсии гипса составляет 93,66 и 99,61%, соответственно. Для «Супрефоса-NS» эти показатели достигаются лишь при  $pH=7,5-8,0$ . Это говорит о том, что получение уравновешенных NP- и NPK-удобрений является более перспективным, чем сам «Супрефос-NS».

В результате грануляции и сушки сложных пульп получено NP-удобрение марки  $N : P_2O_5 = 1 : 1$  состава 17,76%  $SO_3$ , 18,71% N; 18,88%

$P_2O_{5\text{общ.}}$ ;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  :  $P_2O_{5\text{общ.}}$  = 98,68%;  $P_2O_{5\text{водн.}}$  :  $P_2O_{5\text{общ.}}$  = 66,26%;  $CaO_{\text{усв.}}$  :  $CaO_{\text{общ.}}$  = 85,43% и NPK-удобрение с соотношением N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$  = 1 : 1 : 1, содержащее 14,34% N; 13,91%  $P_2O_{5\text{общ.}}$ ; 13,81%  $K_2O$ , 12,98%  $SO_3$ , сумма питательных элементов 62,53%,  $P_2O_{5\text{усв.}}$  :  $P_2O_{5\text{общ.}}$  = 98,71%,  $P_2O_{5\text{водн.}}$  :  $P_2O_{5\text{общ.}}$  = 57,37%;  $CaO_{\text{усв.}}$  :  $CaO_{\text{общ.}}$  = 93,88%. Судя по химическому составу, эти удобрения содержат в своем составе от 12,98 до 17,76%  $SO_3$ , что также позволяет называть эти продукты NPS- и NPKS-удобрениями.

Методом рентгенографии установлен солевой состав: показано наличие дикальцийфосфата, нитрата, сульфата, фосфата, хлорида аммония и калия.

Разработана технология и рассчитан материальный баланс получения уравновешенных NP- и NPK-удобрений, что доказывает перспективность осуществления малоотходной технологии получения концентрированных комплексных удобрений на основе супрефосной пульпы.

В пятой главе «Технологические проработки технологии получения одинарных и комплексных удобрений на основе конверсии фосфогипса» приведены результаты испытаний на опытной установке СП-АО «Электрохимзавод» технологии получения преципитата, жидкого NPS-удобрения и сульфоаммофоса путем аммиачной конверсии ФКГП и конверсии ФГ с диаммофосной пульпой.

В ходе испытаний наработано 2000 кг опытной партии преципитата и жидкого NPS-удобрения. Удобрения были испытаны на агрохимическую эффективность. Агрохимические испытания показали, что прибавка урожая хлопка-сырца по сравнению с контролем превысила 6,98%.

Проведенные технико-экономические расчеты показали, что полная заводская себестоимость 1 тонны 100 %-ного  $P_2O_5$  в супрефосе-NS составляет 8 365 905 сум, а в преципитате и сульфоаммофосе – 6 978 400 и 4 782 960 сум, которые обходятся дешевле на 1 387 505 и 3 582 945 сум. Себестоимость 1 тонны супрефоса-NS составляет 2 153 386 сум, а 1 тонна преципитата и сульфоаммофоса составляют 1 916 598 и 1 916 599 сум, которые почти на 11% дешевле. Себестоимость 1 тонны в N :  $P_2O_5$  = 1:1-и N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$  = 1 : 1 : 1 удобрениях составляет 1 921 195 и 1 751 194 сум, что на 232 191 и 402 192 сум или на 10,78 и 18,68% дешевле чем супрефос-NS.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и практические результаты, полученные при выполнении диссертационной работы следующие:

1. Изучены реологические свойства ФКГП в зависимости от соотношения Ж : Т и температуры. Плотность и вязкость снижаются с увеличением соотношения Ж : Т и температуры. Показано, что фосфогипс в основном состоит из 90% сульфата кальция и около 7-8% из кварца и недоразложенного фторapatита.

2. Разработан состав преципитата и раствора сульфата аммония путем аммиачной конверсии ФКГП в зависимости от pH, Ж : Т, температуры и времени с последующим разделением пульпы на твердую и жидкую фазы.

Высокая степень конверсии гипса достигается при  $\text{pH} = 7,5$ , температуре  $50^\circ\text{C}$  и продолжительности перемешивания 120 минут ( $K_{\text{конверсии}} - 97,28; 99,71$  и  $98,29\%$  соответственно для  $\text{Ж} : \text{Т} = 2 : 1; 2,5 : 1$  и  $3 : 1$ ).

3. Установлено оптимальное соотношение  $\text{Ж} : \text{Т} = 2,5 : 1$ , при котором получается одностороннее удобрение – преципитат, состава (вес. %):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}} - 37,33$ ,  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}} - 25,10$ ,  $\text{CaO}_{\text{общ.}} - 41,24$ ,  $\text{CaO}_{\text{усв.}} - 25,75$ . Из жидкой части получается NPS-удобрение состава  $5,69\%$   $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  и  $23,26\%$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Агрохимические испытания показали, что по сравнению с контролем дополнительный урожай хлопка-сырца составляет  $6,98\%$ .

4. Разработан состав преципитата и сульфоаммофоса путем конверсии отмытого фосфогипса с помощью диаммофосной пульпы ( $\text{pH} = 7,5$ ) с последующим разделением пульпы на твердую и жидкую фазы. При этом получен преципитат состава (вес. %):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}} - 35,43$ ;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}} - 27,31$ ;  $\text{CaO}_{\text{общ.}} - 34,66$ ;  $\text{CaO}_{\text{усв.}} - 24,44$ ;  $\text{SO}_{3\text{общ.}} - 6,79$ ;  $\text{N} - 3,59$  со степенью конверсии гипса -  $94,56\%$ . Полученная жидкая фаза содержит  $25,17\%$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и  $4,48\%$   $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ . На основе этой жидкой фазы и аммофосной пульпы получается сульфоаммофос, состава:  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}} - 23\%$ ,  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}} : \text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}} = 96\%$ ,  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}} : \text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}} = 87\%$ ,  $\text{N}_{\text{общ.}} - 20\%$ ,  $\text{SO}_{3\text{общ.}} - 22\%$ . Рассчитан материальный баланс и предложена технологическая схема переработки отмытого фосфогипса на преципитат и сульфоаммофос.

5. Разработан состав уравновешенных комплексных удобрений путем смешивания супрефосной пульпы нитратом аммония и хлоридом калия при  $\text{pH} = 5,25$ . Получены уравновешенные серосодержащие удобрения марок  $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 = 18,8 : 18,8$  и  $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 7 : 18,5 : 18,5$  и  $14 : 14 : 14$ . Кроме того, они содержат в своем составе серу, исключительно в водорастворимой форме, так как конверсия гипса достигает  $99,61\%$ .

6. Изучены физико-химические и товарные свойства преципитата и комплексных удобрений. Экспериментально доказано, что преципитат, имея гигроскопическую точку  $69,4\%$ , теряет свою рассыпчатость только при содержании влаги  $17\%$  и выше, а удобрения марок  $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 = 1 : 1$  и  $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 0,4 : 1 : 1$  и  $1 : 1 : 1$  с гигроскопической точкой  $58,0; 57,8$  и  $57,2\%$  начинают терять свой внешний вид уже при содержании влаги  $9\%$  и выше.

7. На опытной установке СП-АО «Электрохимзавод» отработаны основные технологические параметры технологии получения удобрительного преципитата, жидкого NPS-удобрения и сульфоаммофоса с выпуском их опытных партий. Техничко-экономические показатели доказывают, что предлагаемые продукты значительно дешевле, чем «Супрефос-NS». Разработанная технология позволяет на  $30-40\%$  сократить выброс фосфогипса в отвал при такой же экономии серной кислоты.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.04.2021.T.106.04 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT FERGANA POLYTECHNICAL INSTITUTE  
INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

---

**NUMONOV BAKHTIYORJON OMONJONOVICH**

**TECHNOLOGY FOR OBTAINING SINGLE AND COMPLEX  
FERTILIZERS BASED ON THE CONVERSION OF PHOSPHOGYPSUM**

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

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

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 B2021.2.PhD/T2237.

Dissertation was carried out at Institute of general and inorganic chemistry.

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 [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

<b>Research supervisors:</b>	<b>Namazov Shafot Sattarovich</b> doctor of technical sciences, professor, academician
<b>Official opponents:</b>	<b>Dekhkanov Zulfikakhar Kirgizbaevich</b> doctor of technical sciences <b>Kucharov Bahrom Hayrievich</b> doctor of technical sciences, senior scientific researcher
<b>Leading organization:</b>	<b>Navoiy state mining institute</b>

The defense will take place on "29" December 2021 at 10<sup>00</sup> hours at a meeting of the Scientific Council DSc.03/30.04.2021.T.106.04 at the Fergana polytechnic institute at the address: 150107, Fergana, st. Fergana, 86; Tel.: (+99873) 241-12-06; fax: (+99873) 241-12-06; e-mail: [ferpi\\_info@edu.uz](mailto:ferpi_info@edu.uz)

The thesis is registered in the Information-Resource Center of the Fergana polytechnic institute under No. 1, which can be found in the Information-Resource Center (150107, Fergana, Fergana St., 86. Tel.: (+99873) 241-12-06; fax: (+99873) 241-12-06; e-mail: [ferpi\\_info@edu.uz](mailto:ferpi_info@edu.uz))

Abstract of dissertation sent out on "17" December 2021 y.

(mailing report №1 from "17" December 2021 y.).



**Khamdamova Sh.Sh.**

Chairman of the scientific council for the award academic degrees, doctor of technical sciences, docent

**Nazirova R.M.**

Scientific secretary of the scientific council for the award academic degrees, doctor of philosophy in engineering sciences (PhD)

**Tozhiev R.R.**

Scientific secretary of the scientific council for the award academic degrees, doctor of technical sciences, docent

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is to develop a technology for the production of single phosphate and complex fertilizers based on the ammonia conversion of phosphogypsum.

**The object of the research** are phosphoric acid gypsum slurry (PAGS), washed phosphogypsum, ammonia water, gaseous ammonia, diamphos pulp, nitric acid, potassium chloride, fertilizer precipitate, ammonium sulfate solution, sulfoammophos, balanced NP- and NPK fertilizers.

**The scientific novelty of dissertational research** consists in the following:

the optimal conditions for the ammonia conversion of phosphogypsum in phosphoric acid (L: S = 2.5: 1, pH = 7.5, t = 50 ° C,  $\tau$  = 120 minutes) have been determined, at which 99-99.5% conversion of calcium sulfate is achieved;

the salt composition of the precipitate was established, consisting of di- and tricalcium phosphate, magnesium phosphate, magnesium, sesquioxides and complex salts with deep ammonization of phosphoric gypsum pulp;

the complete conversion of gypsum (99.6%) was proved during the development of the composition of NP- and NPK-fertilizers by ammonia conversion of phosphate gypsum pulp in the presence of ammonium nitrate and potassium chloride at pH = 5.25;

technologies have been developed to reduce the volume of phosphogypsum and obtain mineral fertilizers such as fertilizer precipitate, liquid complex fertilizers (LCF), sulfoammophos, balanced NP and NPK fertilizers.

**Implementation of the research results:** Based on obtained scientific findings on development of fertilizer precipitate, LCF and sulfoammophos from piled up phosphogypsum is as follows:

The technology for obtaining fertilizer precipitate and liquid fertilizer by ammonia conversion of phosphate gypsum pulp is included in the list of promising developments for implementation at JV-JSC Elektrokimezavod (certificate of JV-JSC Elektrokimezavod No. 88 dated September 10, 2021). As a result, it became possible to reduce the rate of consumption of sulfuric acid by 30% while reducing the volume of phosphogypsum;

The technology for obtaining fertilizer precipitate and sulfoammophos based on the conversion of phosphogypsum with diamphos pulp is included in the list of promising developments for implementation at JV-JSC Elektrokimezavod (certificate of JV-JSC Elektrokimezavod No. 88 dated September 10, 2021). As a result, it makes possible to significantly expand the range of manufactured brands of complex fertilizers with the involvement of waste in their production.

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, the list of references, applications. The volume of the dissertation is 115 pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Нуъмонов Б.О., Бадалова О.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Мухитдинов Ф.Ш. Сульфат аммония и преципитат на основе аммиачной конверсии фосфорнокислотной гипсовой пульпы. // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2019. - №6. – С. 17-24. (02.00.00, №6)

2. Нуъмонов Б.О., Садыков Б.Б., Намазов Ш.С., Каймакова Д.А., Мирсалимова С.Р., Сейтназаров А.Р., Шамуратов С.Х. Конверсия фосфогипса с помощью глубокой аммонизации фосфорнокислотной гипсовой пульпы. // Научно-технический журнал ФерПИ. - Фергана, 2020. - Том 24. спец. вып. №1., Часть 2. – С. 89-96. (05.00.00, №20)

3. Нуъмонов Б.О., Бадалова О.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Шамуратов С.Х. Твердое фосфорнокальциевое и жидкое азотносерное удобрения путем глубокой аммонизации фосфорнокислотной гипсовой пульпы. // Научный вестник Наманганского государственного университета. – Наманган, 2020. - №9. – С. 49-58. (02.00.00, №18)

4. Baktiyar Numonov, Shafoat Namazov, Oydin Badalova, Atanazar Seytnazarov, Bokhodir Sultonov, Umarbek Alimov. // Low-waste process of complex fertilizer based on sulphuric acid processing thermic calcinated phosphorite concentrate. // Journal of chemical technology and metallurgy. - Sofia, 2020. - Volume 55. - Issue 4. – pp. 831-838. (Scopus, IF-0.81)

5. Нуъмонов Б.О., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Бадалова О.А., Беглов Б.М., Садыков Б.Б. Преципитат и сульфоаммофос на основе конверсии фосфогипса с диаммофосной пульпой // Химическая промышленность сегодня. - Москва, 2021. – №1. – С. 34-45. (02.00.00, №22)

**II бўлим (II часть; part II)**

6. Нуъмонов Б.О., Намазов Ш.С., Бадалова О.А., Касымова М., Курбаниязов Р.К., Сейтназаров А.Р. Преципитат и сульфат аммония путем аммиачной конверсии фосфорнокислотной гипсовой пульпы. // “Қорақалпоғистон республикасида кимё, кимёвий технология, нефт-газ ва энгил саноат соҳалари ривожининг долзарб муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси. – Нукус, 24 май 2019 йил. – С. 275-277.

7. Нуъмонов Б.О., Намазов Ш.С., Бадалова О.А., Сейтназаров А.Р. Переработка фосфорнокислотной гипсовой пульпы в уравновешенные комплексные удобрения. // Сборник материалов. I Международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях” – Фергана, 24-25 мая 2019 года. – 2–Том. С. 177-180.

8. Nu`monov B.O., Mamataliyev A.A., Namazov Sh.S. Ammonium sulfate and precipitate based on ammonia conversion of phosphoric acid gypsum slurry. // LXV International correspondence scientific and practical conference “International scientific review of the problems and prospects of modern science and education”. – Boston, December 25-26, – 2019. – pp. 25-29.

9. Нуъмонов Б.О., Садыков Б.Б., Намазов Ш.С., Бадалова О.А., Сейтназаров А.Р. РСa- и NPS-удобрения на основе конверсии фосфогипса с диаммофосной пульпой // “Илм-фан ва техниканинг ривожланишида инновацион ёндашувлар” мавзусидаги Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги миқёсида ташкил қилинган илмий-амалий онлайн конференция материаллар тўплами. – Навоий, 20 ноябрь 2020 йил. – С. 35-36.

10. Нуъмонов Б.О., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р. О возможности конверсии фосфогипса на дикальцийфосфат и сульфат аммония. // Электронное издание. XXVII международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. “Ломоносов-2020”. - Секция “Химия”. 10-27 ноябрь 2020 год. - Материалы конференции. – 2020, Москва. – С. 1446.

11. Нуъмонов Б.О., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Турениязова Л.К. Фосфор- и азотсераддержачице удобрение на основе конверсии фосфогипса. // Қорақалпоғистон Республикасида хизмат кўрсатган фан арбоби, кимё фанлари доктори, профессор Қуанишбай Ўтениязовнинг 80 йиллик юбилейига бағишланган “Қорақалпоғистон Республикасида кимё ва кимёвий технология соҳалари ривожининг долзарб муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси. – Нукус, 24 март 2021 йил. – С. 362-363.

12. Нуъмонов, Б.О., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Каймакова Д.А., Атажанова И.Э., Пиримов Т.Ж. Товарные свойства комплексных удобрений на основе термически обожженного фосфоритного концентрата. // «Умидли кимёгарлар-2021» Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларини XXX илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. – Тошкент, 2021 йил. – С. 394-395.

Автореферат “Ўзбекистон кимё журналы” тахририяида тахрирдан  
ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро  
мувофиқлаштирилди.

Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100 нусха. Буюртма № 43.

“ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси” босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.