

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
PhD.03/30.12.2019. К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**  

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**МАМУРОВ БАХОДИР АРИФЖАНОВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ КАРБОНАТЛИ ХОМАШЁЛАРДАН ФОЙДАЛАНГАН  
ҲОЛДА КАЛЬЦИЙ ВА МАГНИЙ ФОСФАТЛИ ЎҒИТЛАР ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

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

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Мамуров Баходир Арифжанович**

Маҳаллий карбонатли хомашёлардан фойдаланган ҳолда кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

**Мамуров Баходир Арифжанович**

Разработка технологии получения кальций и магнийфосфатных удобрений с использованием местного карбонатного сырья ..... 21

**Mamurov Bahodir Arifjanovich**

Development of a technology for obtaining calcium and magnesium-phosphate fertilizers using local carbonate raw materials..... 39

**Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
PhD.03/30.12.2019. К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**МАМУРОВ БАХОДИР АРИФЖАНОВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ КАРБОНАТЛИ ХОМАШЁЛАРДАН ФОЙДАЛАНГАН  
ҲОЛДА КАЛЬЦИЙ ВА МАГНИЙ ФОСФАТЛИ ЎҒИТЛАР ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

**Наманган-2020**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.4.PhD/T863 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Наманган муҳандислик-қурилиш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус ва инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот таълим тармоғига ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

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

**Расмий оппонентлар:**

**Дехканов Зулфикахар Киргизбаевич**  
доктор технических наук, доцент

**Нурмуродов Тулкин Исамуродович**  
доктор технических наук, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

Диссертация ҳимояси Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи PhD.03/30.12.2019.К/Т.66.02 рақамли илмий кенгашнинг 2020 йил «12» 11 соат 10<sup>00</sup> да ўтадиган мажлисида бўлади (Манзил: 160115, Наманган ш., Косонсой кўчаси 7. Тел.: (+99869) 228-76-75, факс: (+99869) 228-76-71, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz)).

Диссертация билан Наманган муҳандислик-технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (3 -рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 160115, Наманган ш., Косонсой кўчаси 7. Тел.: (+99869) 228-76-75, факс: (+99869) 228-76-71.

Диссертация автореферати 2020 йил « 29 » 10 куни тарқатилди.

(2020 йил « 29 » 10 № 3 рақамли реестр баённомаси).

  
**О.К.Эргашев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, к.ф.д., доцент  
**Д.Ш.Шерқўзиёв**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби, т.ф.н., доцент  
**З.К.Дехканов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., доцент

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Бутун дунёда деҳқончилик учун яроқли бўлган ерларнинг камайиши ва сайёра аҳолисининг кўпайиб боришида уларни озиқ-овқат маҳсулотлари билан таъминлаш биринчи даражали вазифа ҳисобланади. Шу муносабат билан агросаноат мажмуасини минерал ўғитлар, ўсимликларни ҳимоя қилиш воситалари, ўсимликларни ўсиш ва ривожланиш стимуляторлари билан таъминлаш қишлоқ хўжалиги экинлари ҳосилдорлигини оширишнинг асосий йўналиши ҳисобланади. Минерал ўғитларни тўғри қўллаш ҳосилдорликнинг 50 фоизгача ўсишини таъминлайди. Шу сабабли қишлоқ хўжалигини зарур ўғитлар билан таъминлаш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда кузги шудгорлаш учун қўллашда самарали бўлган юқори концентрацияли оддий фосфорли ўғитлар саноатининг ҳозирги илмий-техник ривожланиши таркибида кальций ва магний тутган ноанъанавий иккиламчи хомашё манбаларини қайта ишлаш усулларини қўллаш билан бевосита боғлиқдир. Ушбу йўналишда кальций ва магний карбонатли хомашёдан фойдаланган ҳолда концентранган оддий фосфорли ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш учун илмий ва техник ечимларни асослаш муҳим вазифа ҳисобланади. Улар билан қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришини таъминлаш учун бир қатор, шу жумладан қуйидаги йўналишлардаги мавжуд илмий ечимларни асослаш зарур: бўр, оҳактош, доломит ва азотли ўғитлар саноатининг сув тозалаш чиқиндиларидан таркибида кальций ва магний бўлган иккиламчи хомашё сифатида фойдаланган ҳолда юқори концентрацияли оддий фосфорли ўғитлар олишнинг самарадор усулларини ишлаб чиқиш, кальций ва магнийли хомашё манбалари билан аммоний нитрат иштирокида ва аммоний нитратсиз экстракцион фосфат кислотасини (ЭФК) нейтраллашнинг (парчалашнинг) энг мақбул технологик кўрсаткичларини аниқлаш, кальций ва магний карбонатли минераллар ва саноат чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда концентранган оддий фосфорли ўғитлар олишнинг маъқул технологиясини ишлаб чиқиш.

Республикамизда кенг қўламли аниқ чора-тадбирларни амалга ошириш натижасида маҳаллий хомашё асосида янги турдаги фосфорли ўғитларни олиш ва қишлоқ хўжалигини юқори сифатли минерал ўғитлар билан таъминлаш соҳасида илмий изланишларнинг юқори натижаларига эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «...юқори технологик қайта ишлаш тармоқларини, биринчи навбатда, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадал ривожлантириш...»<sup>1</sup> га қаратилган муҳим вазифалар белгиланган. Мазкур йўналишда таркибида кальций ва магний тутган табиий карбонатли минераллар ва саноат чиқиндиларини қайта ишлаш асосида концентранган оддий фосфорли ўғитлар ишлаб чиқариш технологиясини яратиш жуда муҳим ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада

<sup>1</sup> «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПФ-4947-сон Фармони

ривожлантириш бўйича бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони ҳамда 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида» ва 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва инвестициявий жозибдорлигини ошириш 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.** Таркибида кальций тутган концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш бўйича тадқиқотлар билан Набиев М.Н., Позин М.Е., Копылев Б.А., Кармышов В.Ф., Шапкин М.А., Зинюк Р.Ю., Цырлин Д.Л., Бруцкус Е.Б., Аосамяэ Э.Э., Бродский А.А., Суетинов А.А., Федюшкин Б.Ф., Беглов Б.М., Тўхтаев С., Намазов Ш.С., Гафуров К., Адилова М.Р., Эркаев А.У., Мирзакулов Х.Ч., Усманов И.И., Шамшидинов И.Т. ва бошқалар шуғулланишган. Концентрланган фосфорли ўғитлар ишлаб чиқаришнинг мавжуд технологиялари фосфатли хомашёни термик ёки экстракцион фосфат кислотаси билан парчалаш ёхуд экстракцион фосфат кислотасини газ ҳолатидаги аммиак билан нейтраллашни ўз ичига олади. Ҳозирги пайтда Ўзбекистонда асосан Марказий Қизилқум (МК) фосфоритларидан олинган аммофос концентрланган фосфорли ўғитлар сифатида ишлатилади. Аммофосни қўллаш натижасида тупроққа келиб тушадиган кальций ва магнийнинг сувда эрувчан ва ўсимликлар ўзлаштирадиган бирикмаларининг миқдори йилдан-йилга камайиб боради, бу эса мазкур элементларнинг тирик организмлар ва ўсимликларда етишмаслигига олиб келади. Экстракцион фосфат кислотасини нейтраллашда аммиак ўрнига табиий карбонатли минераллардан фойдаланилганда таркибида кальций ва магний бўлган концентрланган фосфорли ўғитлар ҳосил бўлишига олиб келади. Шу муносабат билан ЭФКни карбонатли хомашё билан нейтраллаш ҳамда кальций ва магнийли концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш муаммосини ҳал қилиш зарур бўлади.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Наманган муҳандислик-қурилиш институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг А-12-39 рақамли «Маҳаллий карбонатли хомашёлардан фойдаланган ҳолда кальций ва магний фосфат ўғитлар олиш технологияси» (2015-2017 йиллар) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Марказий Қизилқум фосфоритларидан олинган экстракцион фосфат кислотасини карбонатли хомашёлар – бўр, оҳақтош, доломит, карбонатли саноат чиқиндилари ва уларни термик қайта ишлаш маҳсулотлари билан нейтраллаш орқали таркибида кальций ва магний бўлган концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олишнинг самарадор технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

### **Тадқиқотнинг вазифалари:**

маҳаллий карбонатли хомашёлар – бўр, оҳактош, доломит, азотли ўғитлар саноати сув тозалаш иншоотларининг кальцийли чиқиндиларини минералогик, кимёвий ва физик-кимёвий хусусиятларини ўрганиш;

карбонатли хомашёни термик қайта ишлаш жараёнини тадқиқ қилиш;

экстракцион фосфат кислотасини кальций ва магний карбонатлари, шунингдек уларни термик қайта ишлаш маҳсулотлари билан нейтраллаш жараёнини ўрганиш ҳамда нейтраллаш ва қуритишнинг мақбул шароитларни аниқлаш;

маҳаллий карбонатли хомашёдан фойдаланган ҳолда кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда ишлаб чиқаришнинг техник-иқтисодий самарадорлигини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** таркибида кальций ва магний бўлган табиий карбонатли минераллар – бўр, оҳактош, доломит ва сув тозалаш иншооти чиқиндилари, Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги экстракцион фосфат кислота, таркибида кальций ва магний бўлган концентрланган фосфорли оддий ўғитлар ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** концентрланган фосфорли оддий ўғитлар олишда таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли минераллар – бўр, оҳактош, доломит ва сув тайёрлашдаги кальцийли саноат чиқиндиларидан фойдаланиш ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Кимёвий ва физик-кимёвий – рентгенографик, ИҚ-спектроскопик ва термографик таҳлил усуллари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** куйидагилардан иборат:

минимал кўпикланиш даражаси кузатиладиган таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли минераллар – бўр, оҳактош, сув тайёрлаш саноат чиқиндиларини термик қайта ишлашнинг мақбул технологик кўрсаткичлари аниқланган;

илк бор таркибида кальций бўлган табиий карбонатли минераллар ва сув тозалаш чиқиндилари, шунингдек уларга термик ишлов бериш маҳсулотлари билан Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги экстракцион фосфат кислота ва аммоний нитрат билан фаоллаштирилган ЭФКни нейтраллаш йўли билан таркибида кальций ва магний бўлган концентрланган фосфорли оддий ўғитлар олиш жараёнлари асосланган;

илк бор доломитни экстракцион фосфат кислотаси билан дастлабки термик ишлов бермасдан парчалаш жараёнида барқарор кўпикланиш содир бўлмаслиги аниқланган;

илк бор Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги ЭФК билан таркибида кальций ва магний бўлган табиий карбонатли минераллар ва сув тозалаш саноати чиқиндиларини парчалаш орқали концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олишнинг энг мақбул технологик параметрлари аниқланган;

Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги экстракцион фосфат кислота билан табиий карбонатли минераллар ва сув тозалаш саноати чиқиндиларини парчалаш орқали таркибида кальций ва магний бўлган концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш технологиялари ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

таркибида кальций ва магний бўлган табиий карбонатли минераллар ва сув тозалаш саноати чиқиндиларини концентрланган оддий фосфорли ўғитлар ишлаб чиқариш жараёнига қамраб олиш имконияти яратилган;

табиий карбонатли минералларни ва сув тозалаш саноати чиқиндиларини аммоний нитрат билан фаоллаштирилган ва концентрланган Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги ЭФК билан парчалаш орқали кузги шудгорлашда қўллаш учун самарадор бўлган таркибида кальций ва магний бўлган концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш технологияси ишлаб чиқилган;

концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш технологияси «Qo`qon superfosfat zavodi» АЖнинг тажриба-саноат ишлаб чиқариши шароитида синовдан ўтказилган ва янги турдаги маҳсулотларнинг тажриба намуналари яратилган;

таркиби ва физик-кимёвий хоссалари туфайли янги кальций ва магний фосфатли ўғитларни олиш технологиясини жорий этиш ўсимликларни фосфатларнинг ҳаракатчан шакллари билан таъминлайди. Таркибида кальций ва магний бўлган янги концентрланган фосфорли оддий ўғитлар таъсирида ўсимликларнинг фосфатлар билан озикланиши оптималлаштирилганлиги туфайли қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари ҳосилдорлиги ошади.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Кимёвий ва физик-кимёвий таҳлил усуллари натижалари ишлаб чиқилган технологияларни тажриба-саноат ишлаб чиқариш шароитидаги синовлар билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, улар концентрланган оддий фосфорли ўғитлар саноат ишлаб чиқаришига таркибида кальций ва магний бўлган табиий карбонатли минераллар ва сув тозалаш саноати чиқиндиларини қамраб олиш учун асос яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, кузги шудгорлашда қўллаш учун яроқли таркибида кальций ва магний бўлган концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш учун табиий карбонатли минераллар ва сув тозалаш саноати чиқиндиларидан, шунингдек олинган натижалардан Ўзбекистон Республикасидаги олий ўқув юртларида ноорганик моддалар ва минерал ўғитлар технологияси ихтисослиги бўйича кадрлар тайёрлашдаги ўқув жараёнида фойдаланишда хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг амалиётда жорий қилиниши.** Таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли минераллар ва саноат чиқиндиларини концентрланган оддий фосфорли ўғитларга қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

мураккаб азот-фосфорли ўғит олиш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (№IAP 05912, 2019 й.). Натижада, ЭФК ва аммоний нитрат билан фаолланган ЭФКни карбонатли хомашёлар билан нейтраллаш, суспензияни буғлатиш, донадорлаш ва қуритиш орқали концентрацияланган кальций ва магнийфосфатли ўғитлар олиш имконини берган;

ишлаб чиқилган технология асосида таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли минераллар ва сув тайёрлаш саноати чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда концентрланган оддий фосфорли ўғитлар ишлаб

чиқарилган («Ўзкимёсаноат» АЖнинг 2019 йил 31 октябрдаги 14-6691-сонли маълумотномаси). Натижада, таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли минераллар ва азотли ўғитлар корхоналарининг сув тозалаш иншоотлари чиқиндиларини қайта ишлашга қамраб олиш ва концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 11 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар (PhD) асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан, 2 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган ҳамда 1 та ихтирога ЎЗР патенти олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 121 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида тадқиқотни амалга оширишнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республикадаги фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш даражаси кўрсатилган, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш соҳасининг ҳозирги замон ҳолати»** деб номланган биринчи бобида хомашё ресурсларининг хусусиятлари, уларни қайта ишлаш шарт-шароитлари ҳамда концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш усуллари келтирилган. Чоп этилган материалларни батафсил ва чуқур танқидий таҳлил қилиш асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **«Кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш учун бошланғич хомашё материалларининг тавсифи ҳамда тадқиқотнинг физик-кимёвий усуллари»** деб номланган иккинчи бобида таркибида кальций ва магний бўлган минералларнинг табиий конлари, уларнинг хусусиятлари ва захиралари ҳақидаги маълумотлар, тажрибаларни ўтказиш услублари, кимёвий ва физик-кимёвий таҳлил усуллари келтирилган.

**«Кальций ва магний фосфатли ўғитлар олишнинг физик-кимёвий тадқиқи»** деб номланган учинчи боби фосфат кислотаси билан таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли хомашёларни парчалашнинг термодинамик асослашга ҳамда термик фосфат кислота, кальций ва магний карбонатлари, шунингдек бошланғич кислотага магний сульфат ва аммоний нитрат киритилишидан фойдаланган ҳолда концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш жараёнига технологик кўрсаткичларнинг таъсирини ўрганишга бағишланган.

Кальций ва магний карбонатли минераллар ва сув тозалаш иншоотлари чиқиндиларини парчалашни термодинамик асослаш мақсадида кальций, магний ва темир карбонатлари, темир ва алюминий гидроксидлари, шунингдек уларга термик ишлов бериш маҳсулотлари – кальций, магний ва темир(II), темир(III) ва алюминий оксидларини фосфат кислотаси билан, яъни фосфорли ўғитлар олиш жараёнида содир бўлиши мумкин бўлган таъсирлашиш реакцияларини термодинамик тавсиф ҳисоблари амалга оширилган.

Ҳар бир реакция учун изобарик-изотермик потенциалнинг қийматларини топдик ва шу орқали у ёки бошқа реакциянинг ( $\Delta G$  нинг манфий қиймати) содир бўлишини аниқладик. Қўшалок суперфосфат олиш жараёнида иссиқлик сиғимини ҳисобга олмаган ҳолда кальций ва магний фосфатлар ҳосил бўлишининг термодинамик ҳисоблари  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  содда формуладан фойдаланиб амалга оширилди. Олинган натижалар 1-жадвалда келтирилган.

Кальций ва магний карбонатлари фосфат кислота билан ўзаро таъсирлашганда, гидрофосфатларга қараганда дигидрофосфатлар ҳосил бўлиш эҳтимоллиги юқорироқ бўлади. Кальций ва магний гидрофосфатларининг ҳосил бўлиши учун фосфат кислотаси меъёри бир хил ҳароратда – 298°C дигидрофосфат ҳосил бўлишига нисбатан 2 барабар кам бўлиши керак.

Термик ишлов берилмаган карбонатли хомашё билан кислота ўзаро таъсирлашганда темир ва алюминий фосфатларининг ҳосил бўлиш эҳтимоллиги кальций ва магний фосфатлари ҳосил бўлишидан 1,5-2 марта кам бўлади. Фосфат кислота билан таъсирлашганда темир фосфатларининг ҳосил бўлиш эҳтимоллиги темир гидроксидга қараганда темир оксидда юқори бўлади.

Кальций, магний, темир ва алюминий оксидларининг фосфат кислотаси билан ўзаро таъсир эҳтимоллиги жуда каттадир. Оксидларни фосфат кислотаси билан реакциясининг изобарик-изотермик потенциали қийматлари карбонатларни таъсирлашувига нисбатан пастроқдир.

### 1-жадвал

#### Карбонатли хомашёни фосфат кислотаси билан парчалашда содир бўладиган асосий реакцияларнинг термодинамик хусусиятлари

Т/р	Реакциялар	$\Delta H^{\circ}_{298}$ , кж/моль	$\Delta S^{\circ}_{298}$ , кж/моль·град	$\Delta G^{\circ}_{298}$ , кж/моль
<b>Кальций ва магний карбонатларининг парчаланишида</b>				
1.	$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	-38	176	-88
2.	$\text{MgCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	-48	76	-94
3.	$\text{CaCO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	-24	135	-65
4.	$\text{MgCO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	-32	81	-73
5.	$3\text{FeCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$	-14	116	-41
6.	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{FePO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-52	105	-83
7.	$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-18	121	-53
<b>Термик ишлов берилгандан сўнг кальций ва магний карбонатларининг парчаланишида</b>				
1.	$\text{CaO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-217	0	-217
2.	$\text{MgO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-150	-109	-143
3.	$\text{CaO} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-203	-31	-194
4.	$\text{MgO} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-134	-88	-122
5.	$3\text{FeO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	-62	71	-96
6.	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{FePO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-70	105	-101
7.	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-93	121	-127

Бу оксидларнинг фосфат кислотаси билан юқори тезликда таъсирлашишини кўрсатади. Дигидрофосфатлар ва гидрофосфатлар ҳосил бўлиши билан борадиган карбонатли хомашёни фосфат кислотаси билан таъсирлашиш реакциясининг иссиқлик эффектини аниқлаш учун Шўрсув кони оҳактош ва доломитларидан фойдаланилди.

Кимёвий таҳлил натижалари асосида бўр, оҳактош ва доломитнинг тузли таркиби ва термик ишлов беришдан кейинги уларнинг таркиби, кальций ва магний дигидрофосфатлар ва гидрофосфатлар ҳосил бўлганда ажралиб чиқадиган иссиқлик ва уларни жараённинг умумий иссиқлик эффектига қўшган ҳиссаси ҳисобланди.

Кальций ва магний карбонатларининг кальций ва магний дигидрофосфатлари ва гидрофосфатлари ҳосил қилгунча фосфат кислотаси билан таъсирлашиш иссиқлик эффекти, термик ишлов берилган карбонатли хомашё ишлатилгандагига қараганда анча паст бўлади. Масалан, таъсирлашиш иссиқлик эффекти кальций карбонат учун 24 ва 38 кж/кг ни, магний карбонат учун эса 32 ва 48 кж/кг ни (мувофиқ ҳолда гидрофосфатлар ва дигидрофосфатлар ҳосил бўлишига) ташкил этади. Темир ва алюминий оксидлари учун таъсирлашиш иссиқлик эффекти 49 кж/кг ва 144 кж/кг ни (мувофиқ ҳолда карбонатли хомашё ва уни термик қайта ишлаш маҳсулоти ишлатилганда) ташкил қилади. Долomitнинг фосфат кислотаси билан таъсирлашиш умумий иссиқлик эффекти дигидрофосфатлар ҳосил бўлишига 135,0 кж/кг ни, гидрофосфатлар ҳосил бўлишига эса 105,0 кж/кг ни ташкил қилади. Хомашё (доломит) таркибидаги кальций ва магний карбонатларининг таъсирлашиш иссиқлик эффекти умумий иссиқлик эффектининг 53,34-63,71% ни ташкил этади. Термик ишлов берилган карбонатли хомашё ишлатилганда иссиқлик эффекти кальций ва магний гидрофосфатлар олишда 481,0 кж/кг ни, дигидрофосфатлари олишда эса 511,0 кж/кг ни ташкил қилади. Жараённинг умумий иссиқлик эффектига уларнинг улуши термик ишлов берилмаган хомашё ишлатилгандагидан кўпроқ бўлади ва 70,06-71,82% ни ташкил қилади.

Фосфат кислотали эритмалар таркибидаги аммоний нитрат ва магний сульфатларнинг таъсирини аниқлаш учун кальций ва магний карбонатларини термик фосфат кислота (ТФК) ҳамда таркибида 1% аммоний нитрат ва магний сульфат тарзидаги 1,5% MgO бўлган ТФК билан парчалаш бўйича тадқиқотлар ўтказилди.

Кальций карбонатни 70-110% стехиометрик меъёрадаги 20-50%  $P_2O_5$  концентрацияли термик фосфат кислота билан парчаланганда кислота концентрациясининг ошиши билан барча шакллардаги  $P_2O_5$  ва CaO нинг миқдори ошади. Кислота меъёри 70% бўлса,  $P_2O_5$  умумий шаклининг миқдори 13,47% дан 30,55% гача ортади, 100% ли меъёрада 13,77% дан 32,13% гача ўзгаради. Меъёрнинг стехиометриядан юқори 110% гача ортиши  $P_2O_5$  умумий миқдорининг озгина ошиши билан эркин кислота пайдо бўлади.  $P_2O_5$  нинг ўзлашувчан шакли  $P_2O_5$  умумий миқдори билан бир хил даражада ўзгаради ва кислота меъёрининг ортиши билан 70% меъёрадаги 13,40-30,45% дан 110% меъёрадаги 13,83-32,50% гача ўзгаради.

Кислота концентрацияси ва меъёри сувда эрувчан шаклдаги  $P_2O_5$  миқдорига кўпроқ таъсир кўрсатади. Кислота меъёрига боғлиқ ҳолда кислота концентрацияси 20 дан 50% гача ортганда  $P_2O_{5c.э.}$  миқдори 70% меъёрадаги 7,69-17,45% дан 80% меъёрадаги 10,19-23,43% гача, 90% меъёрадаги 12,17-28,20% гача ва 100% меъёрадаги 13,73-32,07% гача ортади. Кислота концентрацияси 20 дан 50%  $P_2O_5$  гача ортганда фосфат кислота меъёрини 110% гача кўтарилиши  $P_2O_{5c.э.}$  миқдорини 13,80-32,47% гача оширади. Кислота концентрациясининг 20 дан 50%

$P_2O_5$  гача ортиши билан  $CaO$  нинг умумий шакли кислотанинг 70% меъёрида 7,58% дан 17,21% гача, ўзлашувчан миқдори 7,50% дан 17,11% гача, 100% меъёрида 5,39% дан 12,61% гача ортади. Кислота меъёри 70% дан 100% гача ортганда,  $CaO$ нинг сувда эрувчан шакли 3,03-6,88% дан 5,39-12,61% гача кўтарилади.

Фосфат кислота меъёри стехиометрик миқдорга нисбатан 100% дан кам бўлганда монокальцийфосфат билан бир қаторда дикальцийфосфат ҳам ҳосил бўлади. Буни парчалаш маҳсулотларидаги  $P_2O_5$  нинг ўзлашадиган ва сувда эрийдиган шакллариининг ўзгариши тасдиқлайди.

Фосфат кислотасига 1% аммоний нитрат кўшилганда,  $P_2O_5$  ва  $CaO$  турли шакллари ўзгаришининг юқорида кўрсатиб ўтилган қонуниятлари сақланиб қолади.

Анчагина катта фарқ  $P_2O_5$  нинг сувда эрувчан шакли миқдорининг ўзгаришида кузатилади. Фосфат кислотасига аммоний нитрат кўшилганда  $P_2O_{5с.э.}$  миқдори катта бўлиб, 70% меъёрда 8,46-19,10% ни ва 90% меъёрда 12,43-28,47% ни ташкил қилади, аммоний нитрат кўшилмаганда бу кўрсаткичлар мос равишда 7,69-17,45% ва 12,17-28,20% га тенг бўлади. 100 ва 110% меъёрларда, фосфатларнинг сувда эрувчан шаклининг миқдори аммоний нитрат кўшилмаган кислотадан фойдалангандагига нисбатан паст бўлади.

Шунга ўхшаш ўзгаришлар  $CaO$  турли шакллариининг миқдорларида ҳам кузатилади. Фақатгина  $CaO$  нинг сувда эрийдиган шаклининг миқдорлари фарқ қилади, бу миқдорлар кислотага аммоний нитрат кўшилмагандагига нисбатан бирмунча кичик бўлади.

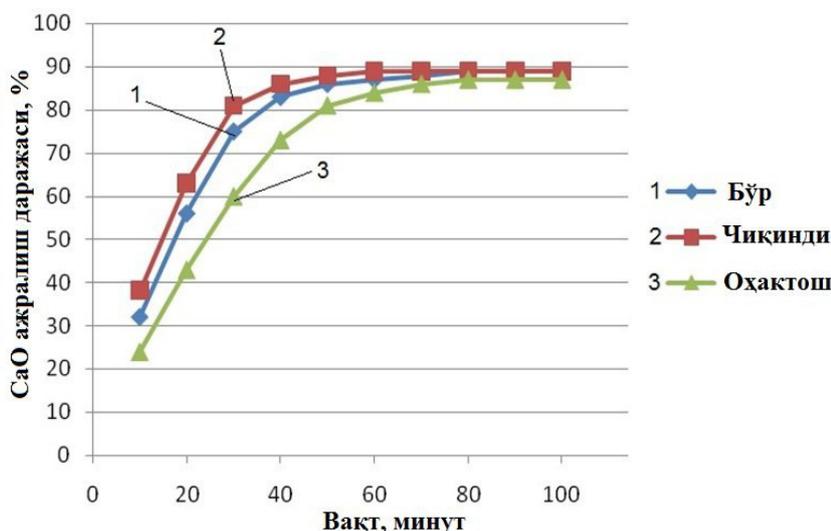
Бошланғич ЭФКга 1,5% магний оксид ҳисобида магний сульфат кўшилишининг ўзига хос хусусияти сувда эрувчан  $P_2O_5$  улушининг маълум даражада ортиши ҳисобланади. Масалан, кислотанинг 20-50%  $P_2O_5$  концентрацияли 70% меъёрида фосфат кислотаси билан кальций карбонат парчаланганда сувда эрувчан шаклдаги  $P_2O_5$  нинг унинг умумий миқдорига нисбати 57,09-57,12% ни ташкил қилади, магний карбонат парчаланганда эса 60,22-60,03% га, кислотага аммоний нитрат кўшиб кальций карбонат парчаланганда 63,41-64,12%, магний карбонат парчаланганда эса 65,21-65,39% га тенг бўлади. Бошланғич фосфат кислотага 1,5%  $MgO$  ва 1% аммоний нитрат кўшиш таркибида 66,37-66,14% сувда эрувчан шаклдаги бўтқа олиш имконини беради.

Кислотага аммоний нитрат кўшилмаганда, сувда эрувчан шаклининг унинг умумий миқдорига нисбати 59,09-58,94% ни ташкил этади, бу эса магний оксиди ва аммоний нитратнинг кўшилиши сувда эрийдиган  $P_2O_5$  улушини сезиларли даражада оширганлигидан далолат беради.

**«Кальцийли хомашёларни оддий фосфорли ўғитларга қайта ишлаш жараёнларини тадқиқ қилиш»** деб номланган тўртинчи боби таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли табиий хомашёлар ва сув тозалаш чиқиндиларини ЭФК ва таркибида 1% аммоний нитрат бўлган ЭФК билан қайта ишлашга бағишланган. Кўйилган мақсадга эришиш ишда таркибида (оғ. %):  $P_2O_5 = 17,23$ ,  $CaO = 0,32$ ,  $MgO = 0,66$ ,  $Fe_2O_3 = 0,30$ ,  $Al_2O_3 = 0,41$ ,  $F = 1,18$  бўлган ЭФК; таркибида (оғ. %):  $CaO = 40,67$ ;  $MgO = 11,55$ ;  $CO_2 = 44,76$ ;  $FeO = 0,48$ ;  $R_2O_3 = 0,50$ ;  $SO_3 = 0,36$ ;  $H_2O = 0,60$ ; э.қ. = 1,08 доломитлашган бўр; таркибида (оғ. %):  $CaO = 54,09$ ;  $MgO = 1,07$ ;  $CO_2 = 43,63$ ;  $R_2O_3 = 0,19$ ;  $SO_3 = 0,09$ ;  $H_2O = 0,29$ ; э.қ. = 0,62 Фарғона вилояти Шўрсув кони оҳактоши ҳамда таркибида (оғ. %):  $CaO = 44,83$ ;  $MgO = 1,58$ ;  $CO_2 = 36,50$ ;  $SO_3 = 0,84$ ;  $R_2O_3 = 0,74$  ва э.қ. = 0,37 «Фарғонаазот» АЖ сув тозалаш иншоотининг кальций ва магний карбонатли чиқиндиси ишлатилди.

Таркибида кальций ва магний карбонат бўлган хомашё билан ЭФКни нейтраллаш жараёни хона ҳароратида (20-25°C), карбонатли хомашёга нисбатан кислотанинг 100% стехиометрик меъёрида амалга оширилди (1-расм).

Сув тозалашнинг карбонатли чиқиндиси, шунингдек бўрсимон хомашё билан ЭФКни нейтраллаш жараёнининг нисбатан тезроқ содир бўлиши аниқланди. Нейтраллаш жараёнида карбонатли чиқинди ва доломитлашган бўр



**1-расм. Кальцийни ажралиш даражасини жараён давомийлигига боғлиқлиги**

вақт талаб этилади.

Кейинги тадқиқотлар доломитлашган бўрсимон хомашё билан олиб борилди. Бунинг учун таркибида 1% аммоний нитрат бўлган буғлатилмаган ва 35,2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> га қадар буғлатилган ЭФК ишлатилди. ЭФКни доломитлашган бўрсимон хомашё билан нейтраллаш жараёнида монокальций- ва мономагнийфосфатлар, шунингдек темир ва алюминий фосфатлари ҳосил қилиш бўлишига нисбатан кислотанинг стехиометрик меъёри 70-125% ни ташкил этди. Нейтраллаш жараёнининг давомийлиги 25-30°C ҳароратда 1 соатни ташкил этди (3-жадвал).

### 3-жадвал

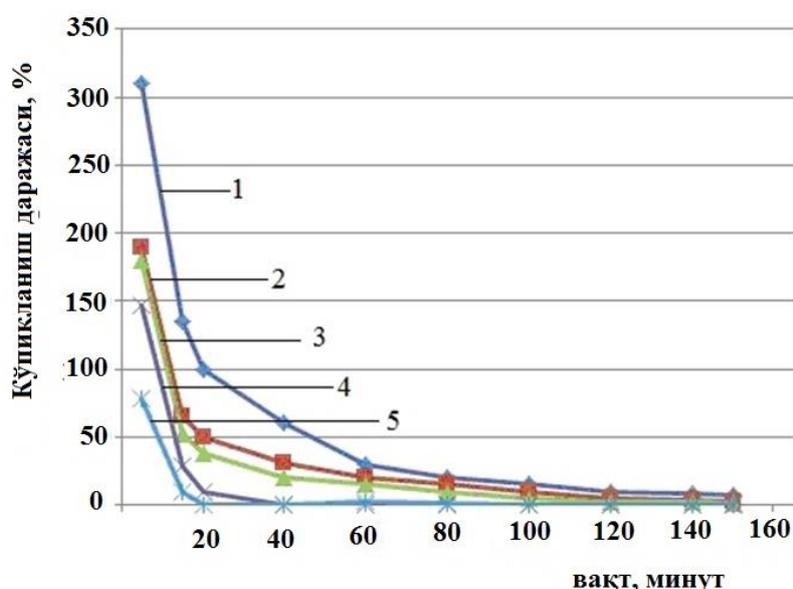
#### Бўтқанинг кимёвий таркиби ва жараённинг технологик кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар	ЭФК меъёрига мувофиқ ҳолда жараённинг технологик кўрсаткичлари, %							
	70	85	85	85	95	95	100	125
ЭФК бошланғич концентрацияси, % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	21,5	21,5	31,7	35,2	21,5	35,5	17,23	17,23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (умум.), %	19,03	19,42	27,40	29,96	19,45	30,66	15,91	16,13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ўзл.), %	18,10	18,68	26,43	29,01	19,13	30,36	15,80	16,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (с.э.), %	13,24	15,13	21,52	23,78	16,33	26,02	14,12	14,58
СаО (умум.), %	8,80	7,46	10,52	11,51	6,72	10,60	5,24	4,31
MgO (умум.), %	3,13	2,76	3,89	4,25	2,55	4,02	2,01	1,76
N (ўзл.), %	0,31	0,31	0,46	0,49	0,32	0,50	0,32	0,33
H <sub>2</sub> O, %	58,96	60,2	43,93	39,48	60,49	39,74	67,79	69,17
(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ўзл.:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> умум.)×100, %	95,11	96,19	96,46	96,83	98,36	99,02	99,31	99,69
(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> с.э.:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ўзл.)×100, %	69,57	77,91	78,54	79,37	83,96	84,87	88,75	90,39

Доломитлашган бўрсимон хомашё билан таркибида 21,5%  $P_2O_5$  бўлган ЭФКни кислотанинг 70% меъёрида нейтраллашда  $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}})\times 100$  нисбат 95,11% ни ташкил қилади. Кислота меъёри 85% га оширилганда бу нисбат 96,19% гача кўтарилади. Нейтраллаш жараёни кислотанинг худди шундай меъёрида ва бошланғич кислота концентрацияси 31,7% дан 35,2%  $P_2O_5$  гача ошириб амалга оширилганда  $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}})\times 100$  нисбатнинг мос равишда 96,46% ва 96,83% га ўсиши қайд этилади. 21,5% ва 35,5%  $P_2O_5$  концентрацияли ЭФКни нейтраллаш жараёнида кислота меъёри 95% га етганда олинган суспензиядаги  $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}})\times 100$  нисбати мос равишда 98,36% ва 99,02% ни ташкил этади.

ЭФКни таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли минераллар билан нейтралланганда кучли ва барқарор кўпикланиш кузатилади. Масалан, 17,23%  $P_2O_5$  концентрацияли бошланғич ЭФКга кальций ва магнийли маҳсулотлар кўшилганда 5 минут ичида кўпик баландлиги доломитлашган бўрсимон хомашё учун 310% га, оҳактош учун 335% га, ҳамда сув тозалашнинг кальцийли чиқиндиси учун 345% га етади, кўпикни тўла сўндиришга оҳактош учун 45-50 минут, сув тозалаш чиқиндиси ва доломитлашган бўрсимон хомашёлар учун 150 дақиқа вақт талаб этилади.

2-расмда ЭФКни доломитлашган бўрсимон хомашё билан нейтраллаш жараёнида кўпикланишнинг жараён давомийлигига боғлиқ равишда ўзгариши кўрсатилган. 15 дақиқадан сўнг кўпикланиш 125% гача, 60 дақиқадан кейин 30% гача ва 120 дақиқадан сўнг 10% гача камаяди.



**2-расм. Карбонатли хомашё термик қайта ишлаш давомийлиги ва ҳароратига боғлиқ ҳолда ЭФКни нейтраллаш жараёнидаги кўпикланиш даражасининг ўзгариши:**  
**1-термик қайта ишланмаган; 2 – 500°C; 3 – 700°C; 4 – 850°C; 5 – 950°C.**

бунинг натижасида намунанинг массаси камаяди.

Ҳарорат 700-800°C гача оширилганда хомашёдаги  $CO_2$  миқдори камаяди, бошқа компонентлар миқдорлари эса ортади. Масалан, 800°C ҳароратда  $CO_2$  миқдори доломитлашган бўрсимон хомашёда 35,55% ни, оҳактошда 42,18% ни ва сув тозалаш чиқиндисидида 39,28% ни ташкил этади.

ЭФКни карбонатли хомашё билан нейтраллашда кўпикланишни камайтириш мақсадида бўрсимон хомашё, оҳактош ва сув тозалаш чиқиндисини термик қайта ишлаш жараёнлари ва уларни кўпикланиш жараёнига таъсири ўрганилди. 100÷500°C ҳарорат оралиғида хомашёни термик қайта ишлаш жараёнида намликнинг камайиши, кристаллизация сувининг ажралиши ва темир гидроксидининг парчаланиши кузатилади,

Ҳароратнинг  $950^{\circ}\text{C}$  гача кўтарилиши 1 соат ичида  $\text{CO}_2$  миқдорини 17,84-17,15% гача камайтиради.

$\text{CO}_2$  нинг тўлиқ йўқотилиши  $1050^{\circ}\text{C}$  ҳароратда 1 соат давомида ва  $1000^{\circ}\text{C}$  ҳароратда 3 соат давомида кузатилади. ЭФКни нейтраллаш жараёнида кўпикланишни камайтириш учун  $800-950^{\circ}\text{C}$  ҳароратда 60 минут давомида куйдирилган, яъни термик қайта ишланган хомашёни ишлатиш тавсия этилади.

Доломитлашган бўрсимон хомашёга термик ишлов бериш натижасида олинган маҳсулотлар билан ЭФК нейтралланганда, кўпикланиш даражаси кескин:  $500^{\circ}\text{C}$ ,  $700^{\circ}\text{C}$ ,  $850^{\circ}\text{C}$  ва  $950^{\circ}\text{C}$  ҳароратда термик ишлов берилган хомашё ишлатилганда 5 дақиқадан сўнг мос ҳолда 190%, 180%, 147% ва 78%, 15 дақиқадан сўнг эса мос равишда 65%, 52%, 30% ва 10% ни ташкил қилади.  $850^{\circ}\text{C}$  ва  $950^{\circ}\text{C}$  ҳароратда термик ишлов берилган хомашё ишлатилишидан олинган суспензияни 30 дақиқа давомида аралаштирганда кўпикнинг тўла сўниши кузатилади.

ЭФКни бўрсимон хомашё билан нейтраллаш жараёнида кўпикланишни камайтириш учун бошланғич хомашёга  $850^{\circ}\text{C}$  ҳароратда термик ишлов беришни амалга ошириш мақсадга мувофиқдир. Бунинг натижасида таркибида (оғ. %):  $\text{CaO}$  – 50,88,  $\text{MgO}$  – 14,45,  $\text{CO}_2$  – 31,64,  $\text{FeO}$  – 0,60,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,63 э.қ. – 1,80 бўлган термик ишлов берилган хомашё ҳосил бўлади.

Монокальций- ва мономагнийфосфатлар, темир ва алюминий фосфатлари ҳосил бўлиши учун стехиометрик меъёрга мос келадиган меъёрдаги ~ 35%  $\text{P}_2\text{O}_5$  концентрацияли ЭФКни  $850^{\circ}\text{C}$  ҳароратда термик ишлов берилган бўрсимон хомашё билан нейтралланганда таркибида (оғ. %):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{умум}}$  – 30,50;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{ўзл}}$  – 30,23;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{с.э}}$  – 27,15;  $\text{CaO}$  – 10,04;  $\text{MgO}$  – 3,86;  $\text{N}$  – 0,62;  $\text{H}_2\text{O}$  – 40,05 бўлган суспензия ҳосил бўлади.

Ушбу суспензияларда ўзлаштириладиган фосфор миқдори 99,11% ни ташкил қилади. Суспензияни  $95\div 100^{\circ}\text{C}$  ҳарорат оралиғида қуритилганда таркибида (оғ. %):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{умум}}$  – 49,21;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{ўзл}}$  – 48,75;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{с.э}}$  – 43,63;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{эркин}}$  – 2,27;  $\text{CaO}$  – 16,21;  $\text{MgO}$  – 6,23;  $\text{N}$  – 1,00;  $\text{H}_2\text{O}$  – 3,46 бўлган кальций ва магний фосфатли ўғитлар ҳосил бўлади. Олинган маҳсулотдаги умумий фосфатлар миқдорига нисбатан  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{ўзл}}$  нинг улуши 99,07% ни,  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{с.э}}$  улуши эса 88,66% ни ташкил қилади.

Фосфорли ўғитлар саноат ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш, уни таннархини пасайтириш (аммофосга нисбатан), қимматбаҳо хомашё – фосфорит сарфини камайтириш (кўшалок суперфосфат билан солиштирганда) мақсадида экстракцион фосфат кислотани доломит хомашёси билан нейтраллаш йўли билан ўзлашувчан кальций ва магнийли фосфатли ўғитлар олиш жараёни ўрганилди.

Ушбу мақсад учун таркибида 17,23%  $\text{P}_2\text{O}_5$  бўлган ЭФК ва таркибида  $\text{CaO}$  – 32,36%,  $\text{MgO}$  – 18,68% бўлган доломитдан фойдаланилди. ЭФКни доломит билан нейтраллаш жараёни бошқа карбонатли хомашёлардан фарқ қилади. Нейтраллаш жараёнида доломитдан фойдаланганда барқарор кўпикланиш амалда кузатилмайди, бу эса нейтралланиш тезлигини оширишга имкон беради.

Таркибида кальций ва магний бўлган фосфорли ўғитлар олиш учун ЭФК ва 1% миқдорда аммоний нитрат қўшилган ЭФКни доломит билан нейтраллаш, суспензияни буғлатиш ва қуритиш орқали ўғит ишлаб чиқариш жараёни ўрганилди.

Ўтказилган тадқиқотлар натижасида ЭФКни доломит билан нейтраллаш жараёнида таркибида (оғ. %):  $P_2O_{5\text{умум.}}$  – 16,15 ва 15,99;  $P_2O_{5\text{ўзл.}}$  – 15,92 ва 15,77;  $P_2O_{5\text{с.э.}}$  – 15,09 ва 14,96;  $CaO$  – 4,04 ва 4,02;  $MgO$  – 2,78 ва 2,76;  $R_2O_3$  – 1,11 ва 1,10;  $SO_3$  – 1,17 ва 1,16;  $F$  – 1,07 ва 1,06;  $N$  – 0 ва 0,32;  $H_2O$  – 69,16 ва 69,58 бўлган суспензиялар ҳосил бўлади. Суспензияларда ўзлашадиган фосфор миқдори мос равишда 98,58% ва 98,62% ни ташкил қилади.

Жараённинг технологик параметрлари, оралик суспензия ва тайёр маҳсулотларнинг кимёвий таркиби 4-жадвалда келтирилган.

#### 4-жадвал

##### ЭФКни доломит хомашёси билан нейтраллашдан олинган суспензиянинг кимёвий таркиби ва жараённинг технологик кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар	Суспензия		Қуритилган маҳсулот	
	ЭФК	ЭФК+ $NH_4NO_3$	ЭФК	ЭФК+ $NH_4NO_3$
$P_2O_5$ (умум.), %	16,15	15,99	49,21	49,57
$P_2O_5$ (ўзл.), %	15,92	15,77	48,60	49,03
$P_2O_5$ (с.э.), %	15,09	14,96	45,94	46,51
$CaO$ (умум.), %	4,04	4,02	12,31	12,46
$MgO$ (умум.), %	2,78	2,76	8,46	8,56
$R_2O_3$ (умум.), %	1,11	1,10	3,39	3,41
$SO_3$ (умум.), %	1,17	1,16	3,57	3,60
$F$ , %	1,07	1,06	2,70	2,55
$N$ (умум.), %	-	0,32	-	1,01
$H_2O$ , %	69,16	69,58	5,96	5,68
$(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}})\times 100$ , %	98,58	98,62	98,76	98,91
$(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}})\times 100$ , %	93,44	93,56	93,35	93,83

Ҳосил бўлган суспензияларни  $95\div 100^\circ C$  ҳароратда қуритиш натижасида таркибида (оғ. %):  $P_2O_{5\text{умум.}}$  – 49,21 ва 49,57;  $P_2O_{5\text{ўзл.}}$  – 48,60 ва 49,03;  $P_2O_{5\text{с.э.}}$  – 45,94 ва 46,51;  $CaO$  – 12,31 ва 12,46;  $MgO$  – 8,46 ва 8,56;  $R_2O_3$  – 3,39 ва 3,41;  $SO_3$  – 3,57 ва 3,60;  $F$  – 2,70 ва 2,55;  $N$  – 0 ва 1,01;  $H_2O$  – 5,96 ва 5,68 бўлган кальций ва магнийли фосфатли ўғитлар олинди. Бунда  $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}})\times 100$  нисбат мос ҳолда 98,76% ва 98,91% ни ташкил қилади,  $(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}})\times 100$  нисбат эса мос равишда 93,35% ва 93,83% га тенг бўлади.

ЭФКни кальций ва магний карбонатли чиқиндилар, шунингдек уларни куйдириш маҳсулотлари билан нейтраллаш жараёни бўйича ўтказилган тадқиқотлар натижасида таркибида (оғ. %):  $P_2O_{5\text{умум.}}$  – 15,56 ва 15,89;  $P_2O_{5\text{ўзл.}}$  – 15,34 ва 15,64;  $P_2O_{5\text{с.э.}}$  – 14,46 ва 14,75;  $CaO$  – 6,59 ва 6,72;  $MgO$  – 0,84 ва 0,76;  $N$  – 0,32;  $H_2O$  – 66,72 ва 67,72 ва бошқалар бўлган суспензиялар олинди (5-жадвал).

**ЭФКни сув тозалашнинг карбонатли чиқиндилари билан нейтраллашдан олинган суспензия ва маҳсулотларнинг кимёвий таркиби ва жараённинг технологик кўрсаткичлари**

Кўрсаткичлар	Суспензия		Қуритилган маҳсулот	
	Қуйдирилмаган	700°С	Қуйдирилмаган	700°С
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (умум.), %	15,56	15,89	46,53	46,72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ўзл.), %	15,34	15,64	45,84	45,94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (с.э.), %	14,46	14,75	42,97	43,08
СаО (умум.), %	6,59	6,72	19,69	19,83
MgO (умум.), %	0,84	0,86	2,52	2,59
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (умум.), %	1,16	1,19	3,47	3,44
SO <sub>3</sub> (умум.), %	1,21	1,24	3,62	3,59
F, %	1,07	1,08	3,03	3,02
N (умум.), %	0,32	0,32	0,95	0,95
H <sub>2</sub> O, %	67,72	66,72	4,00	3,73
(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>ўзл.</sub> :P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>умум.</sub> )×100, %	98,59	98,43	98,52	98,33
(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>с.э.</sub> :P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>умум.</sub> )×100, %	92,93	92,81	92,35	92,20

Бунда ўзлаштириладиган фосфорнинг улуши P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> умумий миқдорининг мос равишда 98,59% ва 98,43% ни ташкил қилади.

Олинган суспензияларни 95÷100°С ҳароратда қуритиш натижасида таркибида (оғ. %): P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>умум.</sub> – 46,53 ва 46,72; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>ўзл.</sub> – 45,84 ва 45,94; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>с.э.</sub> – 43,17 ва 43,08; СаО – 19,69 ва 19,83; MgO – 2,52 ва 2,59; N – 0,95; H<sub>2</sub>O – 4,00 ва 3,73 ва бошқалар бўлган кальций ва магнийли фосфатли ўғитлар олинди. Олинган маҳсулотлардаги ўзлашадиган фосфор улуши унинг умумий миқдорига нисбатан мос ҳолда 98,52% ва 98,33% ни, сувда эрийдиган шаклининг улуши эса мос равишда 92,35% ва 92,20% ни ташкил қилади.

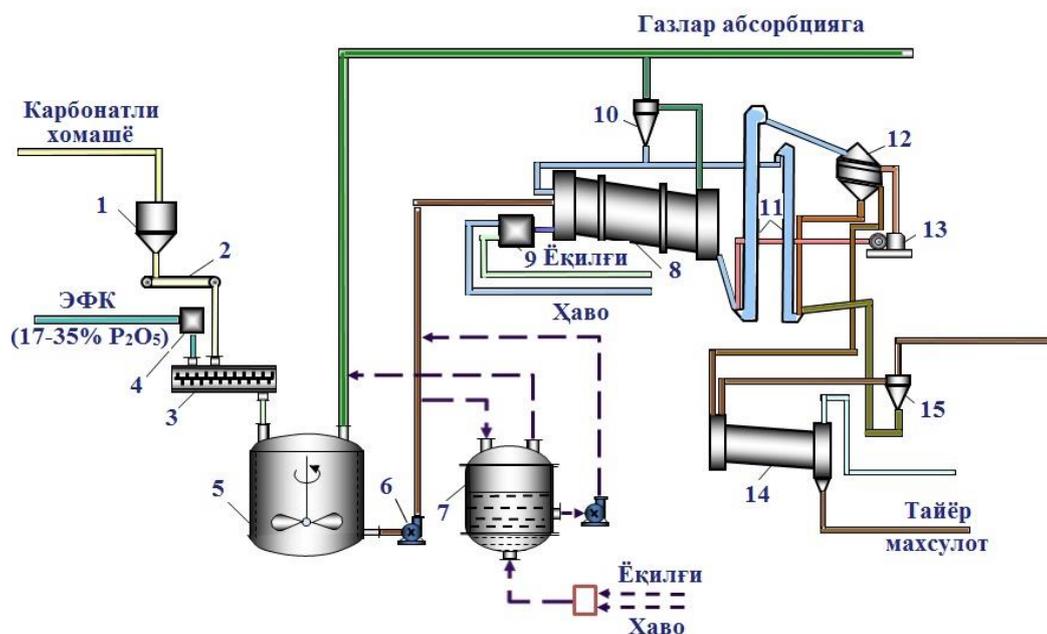
ЭФК ва таркибида 1% аммоний нитрат бўлган ЭФКни карбонатли хомашё билан нейтраллаш маҳсулотларининг тузли таркибини аниқлаш мақсадида уларни физик-кимёвий таҳлиллари ўтказилди.

Таркибида 1% NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> бўлган ЭФКни нейтраллаш маҳсулотларининг рентгенограммасида аммоний нитрат бўлмаган ЭФКни нейтраллаш маҳсулотларига хос дифракцион максимумларидан ташқари Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O учун характерли 8,66; 7,94; 5,94; 4,13; 3,56; 3,21; 3,16; 2,31 ва 1,69 Å, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> учун тегишли 1,78 ва 1,73 ва NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> га тегишли бўлган 1,60; 1,53 Å, дифракцион максимумлар мавжуддир.

ЭФКни оҳактош ва доломит билан нейтраллаш маҳсулотларининг ИҚ-спектрларида H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> лар учун хос бўлган 948,98-1076,28 см<sup>-1</sup> ютилиш чизиқлари, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> учун хос бўлган 657,73 ва 666,41 см<sup>-1</sup> ютилиш спектр чизиқлари бўлади. ЭФКни оҳактош, доломит ва сув тозалаш чиқиндилари билан нейтраллаш бўйича олинган натижалар таркибида кальций ва магний бўлган концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олиш технологик схемасини ишлаб чиқиш учун асос ҳисобланади.

Технологиянинг моҳияти шундан иборатки, бунда таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли хомашёни буғлатилмаган ва таркибида 1% аммоний нитрат бўлган буғлатилган ЭФКда парчалашдан иборатдир. Концентрланган оддий фосфорли ўғитлар олишнинг принципиал технологик

схемаси 3-расмда келтирилган, бу эса буғлатилмаган ЭФК ва 35%  $P_2O_5$  га қадар буғлатилган ЭФКдан фойдаланишга имкон беради.



### 3-расм. Таркибида кальций ва магний бўлган концентранган оддий фосфорли ўғитлар ишлаб чиқариш технологик схемаси

1-карбонатли хомашё учун бункер; 2-лентали таъминлагич; 3-шнекли аралаштиргич; 4-ЭФК учун меъёрлаштиргич; 5-реактор; 6-насослар; 7-буғлатиш жиҳози; 8-БДҚ жиҳози; 9-ёндирич; 10,15-циклонлар; 11-элеваторлар; 12-тебранма элак; 13-тегирмон; 14-совутгич.

Ишлаб чиқарилган технология «Qo`qon superfosfat zavodi» АЖдаги қурилмада тажриба-саноат ишлаб чиқариши шароитида синовдан ўтказилди. Технологияни синов жараёнида таркибида (оғ. %):  $P_2O_5 = 17,23\%$ ;  $CaO = 0,32$ ;  $MgO = 0,66$ ;  $Fe_2O_3 = 0,36$ ;  $Al_2O_3 = 0,81$ ;  $F = 1,18$ ;  $SO_3 = 1,21$  бўлган «Amnofos-Махам» АЖ томонидан Марказий Қизилқумнинг ювиб куйдирилган фосконцентратидан дигидратли режимда ишлаб чиқарилган ЭФК, Фарғона вилояти Шўрсув конининг таркибида (оғ. %):  $CaO = 40,67$ ,  $MgO = 11,55$ ,  $FeO = 0,48$ ,  $Fe_2O_3 = 0,50$ ,  $CO_2 = 44$  бўлган бўрсимон хомашёси ҳамда таркибида (оғ. %):  $CaO = 54,09$ ,  $MgO = 1,07$ ,  $R_2O_3 = 0,19$ ,  $SO_3 = 0,09$ ,  $CO_2 = 43,65$ ,  $H_2O = 0,29$ , э.к. = 0,62 бўлган оҳактош хомашёси ишлатилди.

«Qo`qon superfosfat zavodi» АЖнинг тажриба-саноат ишлаб чиқариши шароитидаги қурилмасида бўр ва оҳактошдан фойдаланган ҳолда таркибида кальций ва магний бўлган фосфорли ўғитлар олиш технологияси бўйича ўтказилган синов натижалари лаборатория шароитида олдиндан аниқланган жараённи амалга оширишнинг оптимал технологик кўрсаткичлари ва олинадиган маҳсулотнинг сифат даражаси бўйича адекват натижаларни кўрсатди.

Фосфатларнинг умумий миқдорига нисбатан  $P_2O_5$  ўзл. миқдори 46,13-47-74%, сувда эрийдиган шакли 43,08-44,31% ташкил этиб, бунда ўзлашадаган фосфатлар улуши 98,55-99,15% ни ва сувда эрийдиган фосфатлар улуши мос равишда 91,82-92,03% ни ташкил қилади. Ўғит таркиби бўйича таркибида магний бўлган қўшалок суперфосфатга тўғри келади.

## ХУЛОСАЛАР

1. Таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли хомашё компонентларини фосфат кислота билан таъсирлашишида содир бўлиши мумкин бўлган реакцияларнинг изобар-изотермик потенциални термодинамик ҳисоблаш усулидан фойдаланган ҳолда кальций ва магний дигидрофосфатлари ва гидрофосфатлари ҳосил бўлиши билан борадиган реакцияларнинг эҳтимоллиги юқори бўлиши кўрсатиб ўтилди. Бунда магний карбонат фосфат кислотаси билан осонроқ ўзаро таъсирлашади. Магний дигидрофосфат ва гидрофосфатларнинг ҳосил бўлишида магний карбонатнинг фосфат кислота билан реакцияси  $\Delta G$  қиймати мос равишда  $-94$  кж/моль ва  $-73$  кж/моль ни, бу кўрсаткичлар кальций карбонат учун  $-88$  кж/моль ва  $-65$  кж/моль ни ташкил қилади. Термик ишлов берилган маҳсулотлар учун магний ва кальций дигидрофосфатлари ва гидрофосфатларининг ҳосил бўлишида  $\Delta G$  тегишли равишда магний оксиди учун  $-143$  кж/моль ва  $-122$  кж/моль га ва кальций оксиди учун  $-217$  кж/моль ва  $-194$  кж/моль га тенг бўлади.

2. Шўрсув кони оҳақтош ва доломитларини дигидрофосфатлар ва гидрофосфатлар ҳосил бўлгунча фосфат кислота билан таъсирланиш реакциясининг иссиқлик эффеқтлари ҳисоблаб чиқилган. Фосфат кислотасини карбонатли табиий минераллар билан нейтраллаш жараёнининг иссиқлик эффеқтлари термик ишлов берилган маҳсулотдан фойдалангандан кўра анча паст эканлиги аниқланди. Фосфат кислотаси билан ўзаро таъсирлашиш иссиқлик эффеқти мос равишда дигидрофосфатлар ва гидрофосфатлар ҳосил бўлгунча термик ишлов берилмаган хомашё учун  $135$  ва  $105$  кж/кг, термик ишлов берилмаган хомашё учун эса  $511$  ва  $481$  кж/кг ни ташкил қилади.

3.  $20-50\%$   $P_2O_5$  концентрацияли ва  $70-110\%$  стехиометрик меъёрдаги термик фосфат кислота ҳамда таркибида  $1\%$  аммоний нитрат ва магний сульфат тарзидаги  $1,5\%$  магний оксид бўлган термик фосфат кислота билан кальций ва магний карбонатларини парчалаш жараёнлари ўрганилди. Термик фосфат кислота таркибига  $1\%$  аммоний нитрат киритилиши тузлар эрувчанлигини яхшилаши ва маҳсулотдаги сувда эрувчан шаклдаги  $P_2O_5$  миқдорини ошириши кўрсатиб ўтилди. Масалан, кальций карбонат парчаланганда фосфатлар умумий миқдорига нисбатан  $P_2O_{5c.э.}$  улуши (яъни  $(P_2O_{5c.э.}:P_2O_{5умум.}) \times 100$  нисбат) аммоний нитрат киритилмагандаги  $57,12\%$  дан аммоний нитрат кўшилгандаги  $63,41-64,12\%$  гача ортади. Худди шундай, кислота меъёри  $70\%$  бўлганда магний карбонат учун  $P_2O_{5c.э.}$  улуши  $60,22-60,03\%$  дан  $65,21-65,39\%$  гача ортади. Кальций карбонатни парчалашда ТФКга  $1,5\%$   $MgO$  ва  $1\%$  аммоний нитрат киритилганда  $P_2O_{5c.э.}$  улуши  $66,14-66,37\%$  гача оширади, ҳолбуки фақат  $MgO$  киритилганда бу кўрсаткич стехиометрияга нисбатан ТФКнинг  $70\%$  меъёрида  $59,09-58,94\%$  ни ташкил этади, бу эса фосфатларнинг сувда эрувчан шакли  $P_2O_{5c.э.}$  бошқариладиган концентранган оддий фосфорли ўғитлар олиш имконини беради.

4. Таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли табиий хомашёлар – бўр, оҳактош, доломит ҳамда «Фарғонаазот» АЖ сув тайёрлаш чиқиндиларини экстракцион фосфат кислота ва таркибида 1% аммоний нитрат бўлган ЭФК билан парчалаш жараёнлари ўрганилди. 17,23%  $P_2O_5$  концентрацияли кислотанинг стехиометрик миқдорга нисбатан 100% меъёрида фосфат кислотасига кальцийнинг ажралиш даражаси 80% дан ошмаслиги кўрсатиб ўтилган. Энг мақбул шарт-шароитлар: кислотанинг 95-100% меъёрида ва ЭФК концентрацияси ~ 35%  $P_2O_5$  бўлганда парчаланиш жараёнининг давомийлиги 30-60 минут ҳисобланади.

5. Таркибида кальций ва магний бўлган карбонатли хомашё манбалари ва сув тозалаш чиқиндиларини термик қайта ишлаш жараёнининг маҳсулотлар кимёвий таркиби ва кўпикланиш жараёнига таъсири ўрганилди. 100-500°C ҳароратда термик қайта ишланганда намлик, кристаллизация суви ва темир гидроксидларининг парчаланиши содир бўлади. 500°C да ҳароратдан магний карбонат, 600°C да доломит ва 850-900°C да кальций карбонат парчалана бошлайди. Бўрсимон хомашёни термик қайта ишлашнинг мақбул ҳарорати 850-950°C ҳисобланади. Бунда, 15 дақиқадан кейин кўпикланиш даражаси 10-30% ни ташкил қилади. Кўпикланишнинг тўлиқ сўниши 30 дақиқадан сўнг кузатилади.

6. Экстракцион фосфат кислотасини дастлабки термик ишлов берилмаган доломит билан нейтраллаш жараёнида барқарор кўпикланиш содир бўлмаслиги аниқланди, бу эса нейтраллаш тезлигини ошириш ва маҳсулот таннархини пасайтиришга имкон беради.

7. ЭФК ва таркибида 1% аммоний нитрат бўлган ЭФК билан карбонатли хомашёлар ва сув тозалаш чиқиндиларини парчалаш орқали концентранган оддий фосфорли ўғитлар ишлаб чиқаришнинг мақбул технологик параметрлари аниқланди. Бунинг учун карбонатли хомашё ва чиқиндиларга 850-950°C ҳароратда термик ишлов бериш, таркибида ~ 35%  $P_2O_5$  бўлган ЭФКда 30 дақиқа давомида парчалаш, ҳосил бўлган бўтқани буғлатиш ва донадорлаш керак бўлади. Бунда таркибида (оғ. %):  $P_2O_{5\text{мум.}}$  – 46,72-49,57;  $P_2O_{5\text{ўзл.}}$  – 45,94-49,03;  $P_2O_{5\text{с.э.}}$  – 43,08-46,51; CaO – 12,46-20,38; MgO – 2,23-8,56; N – 0,95-1,01 бўлган концентранган кальций ва магнийли фосфатли ўғитлар ҳосил бўлади.

8. Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги ЭФК, таркибида 1% аммоний нитрат бўлган ЭФК, бўр, оҳактош ва «Фарғонаазот» ОАЖ сув тозалаш иншооти чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда концентранган оддий фосфорли ўғитлар олиш технологик схемаси ишлаб чиқилди ва моддий баланслари тузилди. Мазкур технология «Qo`qon superfosfat zavodi» АЖдаги саноат-тажриба қурилмасида синовдан ўтказилиб, 0,5 тонна ўғит ишлаб чиқарилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
PhD.03/30.12.2019.К/Т.66.02 ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**МАМУРОВ БАХОДИР АРИФЖАНОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЬЦИЙ И  
МАГНИЙФОСФАТНЫХ УДОБРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МЕСТНОГО КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ**

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

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

**Наманган – 2020**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2018.4.PhD/T863 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно-строительном институте.

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

**Илмий раҳбар:**

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

**Расмий оponentлар:**

**Дехканов Зулфикахар Киргизбасвич**  
доктор технических наук, доцент

**Нурмуродов Тўлқин Исамуродович**  
доктор технических наук, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

Защита состоится «12» 11 2020 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.K/T.66.02 при Наманганском инженерно-технологическом институте по адресу: 160115, г.Наманган, ул. Косонсой, 7. Тел.: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71; e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института за № 3 с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (160115, г.Наманган, ул. Косонсой, 7.). Тел.: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71.

Автореферат диссертации разослан «29» 10 2020 года.

(реестр протокола рассылки № 3 от «29» 10 2020 года).



**О.К.Эргашев**  
Председатель научного совета по присуждению  
ученой степени, д.х.н., доцент

**Д.Ш.Шеркузиев**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученой степени, к.т.н., доцент

**З.К.Дехканов**  
Председатель научного семинара при научном совете  
по присуждению учёной степени, д.т.н., доцент

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире с сокращением пригодных для земледелия почв и ростом населения планеты обеспечение продовольственной продукцией является первостепенной задачей. В связи с этим, обеспечение агропромышленного комплекса минеральными удобрениями, средствами защиты растений, стимуляторами роста и развития растений является основным направлением повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Правильное применение минеральных удобрений дает до 50% прибавки урожая. Поэтому обеспечение сельскохозяйственного производства необходимыми удобрениями имеет важное значение.

Современное мировое научно-техническое развитие отрасли высококонцентрированных, одинарных фосфорных удобрений, эффективных для внесения под зяблевую вспашку, непосредственно связано с внедрением методов переработки нетрадиционных кальций и магнийсодержащих источников вторичного сырья. В этом аспекте, важной задачей является обоснование научно-технических решений по разработке технологий производства концентрированных, одинарных фосфорных удобрений с использованием кальций и магнийкарбонатного сырья. Для обеспечения ими сельскохозяйственного производства необходимо обосновать ряд существующих научных решений, в том числе по следующим направлениям: разработка эффективных методов получения высококонцентрированных, одинарных фосфорных удобрений с использованием в качестве вторичного сырья кальций и магнийсодержащих минералов в виде мела, известняка, доломита и отходов водоочистки азотно-туковых производств, установление оптимальных технологических параметров нейтрализации (разложения) экстракционной фосфорной кислоты кальций и магнийсодержащими источниками сырья в присутствии нитрата аммония и без него, разработка приемлемой технологии концентрированных, одинарных фосфорных удобрений с использованием кальций и магнийкарбонатных минералов и отходов промышленности.

В республике, в результате реализации конкретных широкомасштабных мер были достигнуты высокие результаты научных исследований в области получения новых видов фосфорсодержащих удобрений на основе местных сырьевых ресурсов и обеспечению сельского хозяйства качественными минеральными удобрениями. В третьем направлении стратегии действий Республики Узбекистан на 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>1</sup>. В этом направлении весьма актуальным является создание технологии производства концентрированных, одинарных фосфорных удобрений на основе

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

переработки кальций и магнийсодержащих природных карбонатных минералов и примышленных отходов.

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 пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан» и № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности» и в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** Исследованиями по получению кальцийсодержащих концентрированных, одинарных фосфорных удобрений занимались Набиев М.Н., Позин М.Е., Копылев Б.А., Кармышов В.Ф., Шапкин М.А, Зинюк Р.Ю., Цырлин Д.Л., Бруцкус Е.Б., Аосамяз Э.Э., Бродский А.А., Суетинов А.А., Федюшкин Б.Ф., Беглов Б.М., Тухтаев С., Намазов Ш.С., Гафуров К., Адылова М.Р., Эркаев А.У., Мирзакулов Х.Ч., Усманов И.И., Шамшидинов И.Т. и др. Имеющиеся технологии получения концентрированных фосфорных удобрений включают разложение фосфатного сырья термической или экстракционной фосфорной кислотами или же нейтрализацию экстракционной фосфорной кислоты газообразным аммиаком. В Узбекистане, в качестве концентрированных фосфорных удобрений, в настоящее время в основном используют аммофос, получаемый из фосфоритов Центральных Кызылкумов. В результате использования аммофоса ежегодно уменьшается количество вносимых в почву растворимых и усвояемых растениями соединений кальция и магния, что в свою очередь приводит к дефициту этих элементов в организме животных и растений. Использование вместо аммиака, при нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты, природных карбонатных минералов приводит к образованию концентрированных фосфорных удобрений, содержащих кальций и магний. В связи с этим, необходимо решение проблемы нейтрализации ЭФК карбонатным сырьем и получение кальций и магнийсодержащих концентрированных, одинарных фосфорных удобрений.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ Наманганского инженерно-строительного института по прикладному проекту № А-12-39 «Технология получения кальциево-магниевых фосфорных удобрений с использованием местного карбонатного сырья» (2015-2017 гг.).

**Целью исследования** является разработка эффективной технологии

получения кальций- и магнийсодержащих концентрированных, одинарных фосфорных удобрений путем нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты, полученной из фосфоритов Центральных Кызылкумов, карбонатным сырьём – мелом, известняком, доломитом, карбонатными промышленными отходами и продуктами их термообработки.

**Задачи исследования:**

изучение минералогических, химических и физико-химических характеристик местного карбонатного сырья – мела, известняка, доломита, кальцийсодержащих отходов водоочистки азотно-туковых производств;

исследование процесса термической обработки карбонатного сырья;

изучение процесса нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты карбонатами кальция и магния, а также продуктами их термической обработки и установление оптимальных условий нейтрализации и сушки;

разработка технологии получения кальций и магнийфосфатных удобрений с использованием местного карбонатного сырья и определение технико-экономической эффективности производства.

**Объектом исследования** являются кальций и магнийсодержащие карбонатные природные минералы – мел, известняк, доломит и отходы водоочистительных сооружений, экстракционная фосфорная кислота на основе фосфоритов ЦК, кальций и магнийсодержащие концентрированные одинарные фосфорные удобрения.

**Предметом исследования** являются процессы переработки кальций и магнийсодержащих карбонатных минералов – мела, известняка, доломита и промышленных кальцийсодержащих отходов водоподготовки на концентрированные, одинарные фосфорные удобрения.

**Методы исследования.** Химические и физико-химические – рентгенографический, ИК-спектроскопический и термографический методы анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлены оптимальные технологические параметры термообработки кальций и магнийсодержащих карбонатных минералов – мела, известняка, промышленных отходов водоподготовки, при которых наблюдается минимальная степень пенообразования;

впервые обоснованы процессы получения концентрированных одинарных фосфорных удобрений содержащих кальция и магния путем нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов и ЭФК активированной нитратом аммония, кальций и магнийсодержащими карбонатными природными минералами и отходами водоочистки, а также продуктами их термообработки;

впервые выявлено отсутствие устойчивого пенообразования при осуществлении процесса разложения доломита экстракционной фосфорной кислотой без его предварительной термообработки;

впервые установлены оптимальные технологические параметры получения концентрированных, одинарных фосфорных удобрений разложением карбонатных кальций и магнийсодержащих природных минералов и промышленных отходов водоочистки концентрированной и активированной нитратом аммония, ЭФК из фосфоритов Центральных Кызылкумов;

разработаны технологии получения кальций и магнийсодержащих концентрированных, одинарных фосфорных удобрений путем разложения карбонатных природных минералов и промышленных отходов водоочистки экстракционной фосфорной кислотой из фосфоритов Центральных Кызылкумов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

открывается возможность вовлечения карбонатных кальций и магнийсодержащих природных минералов и промышленных отходов водоочистки в производство концентрированных, одинарных фосфорных удобрений;

разработана технология получения кальций и магнийсодержащих концентрированных, одинарных фосфорных удобрений, эффективных для внесения под зябь, путем разложения карбонатных природных минералов и промышленных отходов водоочистки концентрированной и активированной нитратом аммония, ЭФК из фосфоритов Центральных Кызылкумов;

технология получения концентрированных, одинарных фосфорных удобрений апробирована в опытно-промышленных условиях АО «Qo'qonsuperfosfat zavodi»;

благодаря своему составу и физико-химическим свойствам внедрение новой технологии производства кальциево-магниевых фосфорных удобрений обеспечивает растения подвижными формами фосфатов. Под влиянием новых концентрированных одинарных фосфорных удобрений, содержащих кальция и магния, урожайность сельскохозяйственных продуктов увеличивается за счет оптимизации фосфатного питания растений.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химических и физико-химических методов анализа подтверждены при испытании разработанных технологий в опытно-промышленных условиях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что она заложила основы для вовлечения в промышленное производство концентрированных, одинарных фосфорных удобрений карбонатных, кальций и магнийсодержащих природных минералов и промышленных отходов водоподготовки.

Практическая значимость работы заключается в использовании природных карбонатных минералов и промышленных отходов водоочистки для получения кальций и магнийсодержащих концентрированных, одинарных фосфорных удобрений, пригодных для внесения под зяблевую вспашку, а также полученных результатов в учебных процессах при подготовке кадров по специальности технология неорганических веществ и минеральных удобрений в высших учебных заведениях Республики Узбекистан.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке технологии переработки кальций и магнийсодержащих карбонатных минералов и промышленных отходов на концентрированные, одинарные фосфорные удобрения:

получен патент Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на «Способ получения сложного азотно-фосфорного удобрения» (№ IAP 05912, 2019 г.). В результате появляется возможность получения концентрированных, кальций и магнийфосфатных удобрений путем нейтрализации ЭФК и ЭФК, активированной нитратом аммония, карбонатным сырьём, упаркой суспензии, грануляции и сушки продукта;

на основе разработанной технологии выпущена концентрированных одинарных фосфорных удобрений с использованием кальций и магнийсодержащих карбонатных минералов и промышленных отходов водоподготовки (Справка АО «Узкимёсаноат» от 31 октября 2019 года №14-6691). В результате появилось возможность вовлечение в промышленное производство кальций и магнийсодержащие карбонатные минералы и отходы цехов водоподготовки азотно-туковых предприятий и получить концентрированные, одинарные фосфорные удобрения.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 4 международных и 11 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 20 научных работ. Из них 4 научные статьи, в том числе 2 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также получен 1 патент РУз.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, список использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 121 страницу.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведения исследований, сформулированы цель и задачи исследования, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, излагается научная новизна и практические результаты исследований, раскрывается научная и практическая значимость полученных результатов, приводятся сведения о структуре диссертации и по опубликованным работам.

В первой главе диссертации **«Современное состояние в области получения концентрированных, одинарных фосфорных удобрений»** дана характеристика сырьевым ресурсам, условиям их переработки и способам получения концентрированных, одинарных фосфорных удобрений. На основе детального и глубокого критического анализа опубликованных материалов сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе диссертации **«Характеристика исходных сырьевых материалов для получения кальций и магнийфосфатных удобрений и физико-химические методы исследования»** приведены сведения о месторождениях кальций и магнийсодержащих природных минералов, их характеристике и запасах, приведены методики проведения экспериментов, химических и физико-химических методов анализа.

Третья глава **«Физико-химические исследования получения кальций и магнийфосфатных удобрений»** посвящена термодинамическому обоснованию процессов разложения кальций и магнийсодержащего карбонатного сырья фосфорной кислотой и изучению влияния технологических параметров на процессы получения концентрированных, одинарных фосфорных удобрений с использованием термической фосфорной кислоты, карбонатов

кальция и магния, а также введения в исходную кислоту сульфата магния и нитрата аммония.

Для термодинамического обоснования процессов разложения кальций и магнийсодержащих карбонатных минералов и отходов цехов водоочистки провели расчеты термодинамических характеристик реакций взаимодействия карбонатов кальция, магния, железа, гидроксидов железа и алюминия, а также продуктов их термообработки – оксидов кальция, магния, железа и алюминия с фосфорной кислотой, т.е. которые возможны в процессе получения фосфорных удобрений.

Для каждой реакции найдены значения изобарно-изотермического потенциала и по ним судили о возможности той или иной реакции (отрицательное значение  $\Delta G$ ). Термодинамические расчеты возможности образования фосфатов кальция, магния и др. элементов в процессе получения двойного суперфосфата проводили по упрощенной формуле  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ , без учета теплоемкостей. Полученные результаты представлены в таблице 1.

При взаимодействии карбонатов кальция и магния вероятность образования дигидрофосфатов выше, чем гидрофосфатов. Для образования гидрофосфатов кальция и магния норма фосфорной кислоты должна быть в 2 раза меньше, чем для образования дигидрофосфата при одной и той же температуре – 298 К.

При взаимодействии кислоты с термически необработанным карбонатным сырьем вероятность образования фосфатов железа и алюминия в 1,5-2 раза меньше, чем при образовании фосфатов кальция и магния. Вероятность образования фосфата железа при взаимодействии фосфорной кислоты с оксидом железа выше, чем гидроксидом железа.

Вероятность взаимодействия оксидов кальция, магния, железа и алюминия с фосфорной кислотой очень высокая. Значения изобарно-изотермического потенциала реакций оксидов с фосфорной кислотой меньше, чем при взаимодействии карбонатов.

**Таблица 1**

**Термодинамические характеристики основных реакций, протекающих при фосфорнокислотном разложении карбонатного сырья**

№ п/п	Реакции	$\Delta H^{\circ}_{298,,}$ кДж/моль	$\Delta S^{\circ}_{298,}$ кДж/моль·град	$\Delta G^{\circ}_{298,}$ кДж/моль
<b>При разложении карбонатов кальция и магния</b>				
1.	$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	-38	176	-88
2.	$\text{MgCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	-48	76	-94
3.	$\text{CaCO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	-24	135	-65
4.	$\text{MgCO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	-32	81	-73
5.	$3\text{FeCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$	-14	116	-41
6.	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{FePO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-52	105	-83
7.	$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-18	121	-53
<b>При разложении карбонатов кальция и магния после термообработки</b>				
1.	$\text{CaO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-217	0	-217
2.	$\text{MgO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-150	-109	-143
3.	$\text{CaO} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-203	-31	-194
4.	$\text{MgO} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-134	-88	-122
5.	$3\text{FeO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	-62	71	-96
6.	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{FePO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-70	105	-101
7.	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-93	121	-127

Это указывает на высокую скорость взаимодействия оксидов с фосфорной кислотой. Для установления теплового эффекта реакций взаимодействия карбонатного сырья с фосфорной кислотой, с образованием дигидрофосфатов и гидрофосфатов, использовали известняк и доломит месторождения Шурсув.

На основе результатов химического анализа рассчитаны солевые составы мела, известняка и доломита и их составы после термообработки, теплота, выделяющаяся при образовании дигидрофосфатов и гидрофосфатов кальция и магния, и их вклад в общий тепловой эффект процесса.

Тепловой эффект взаимодействия карбонатов кальция и магния при взаимодействии с фосфорной кислотой до образования дигидрофосфатов и гидрофосфатов кальция и магния намного меньше, чем при использовании термообработанного карбонатного сырья. Так, тепловой эффект взаимодействия карбоната кальция составляет 24-38 кДж/кг, карбоната магния 32-48 кДж/кг. Тепловые эффекты полуторных окислов составляют 49 кДж/кг и 144 кДж/кг. Суммарный тепловой эффект взаимодействия карбонатного сырья с фосфорной кислотой до образования дигидрофосфатов составляет 135,0 кДж/кг, а до образования гидрофосфатов 105,0 кДж/кг. Тепловые эффекты взаимодействия карбонатов кальция и магния в составе сырья составляют 56,34-63,71% от общего теплового эффекта. Тепловые эффекты при использовании термообработанного карбонатного сырья составляет 511,0 кДж/кг при получении дигидрофосфатов кальция и магния и 481,0 кДж/кг при получении гидрофосфатов. Их вклад в общий тепловой эффект процесса больше, чем при использовании не термообработанного сырья и составляет 70,06-71,82%.

Для установления влияния нитрата аммония и сульфата магния в составе растворов фосфорной кислоты проведены исследования по разложению карбонатов кальция и магния термической фосфорной кислотой (ТФК) и ТФК, содержащей 1% нитрата аммония и 1,5% MgO в виде сульфата магния.

При разложении карбоната кальция термической фосфорной кислотой с концентрацией 20-50%  $P_2O_5$  и норме 70-110% от стехиометрии с повышением концентрации кислоты содержание всех формы  $P_2O_5$  и CaO повышается. При норме кислоты 70% содержание общей формы  $P_2O_5$  повышается с 13,47% до 30,55%, при 100%-ной норме изменяется от 13,77% до 32,13%. Повышение нормы сверх стехиометрии до 110% при незначительном повышении общей  $P_2O_5$  появляется свободная кислота. Содержание усвояемой формы  $P_2O_5$  изменяется идентично общей  $P_2O_5$  и с увеличением нормы кислоты изменяется с 13,40-30,45% при норме 70% до 13,83-32,50%, при норме 110%.

Более существенное влияние концентрация и норма кислоты оказывают на содержание водной формы  $P_2O_5$ . При повышении концентрации кислоты с 20 до 50% в зависимости от нормы кислоты содержание  $P_2O_{5в.р.}$  повышается от 7,69-17,45% при норме 70%, до 10,19-23,43% при норме 80%, до 12,17-28,20% при норме 90% и до 13,73-32,07% при 100% норме. Повышение нормы фосфорной кислоты до 110% увеличивает содержание  $P_2O_{5в.р.}$  до 13,80-32,47% при повышении концентрации кислоты с 20 до 50%  $P_2O_5$ . При повышении концентрации

кислоты с 20 до 50%  $P_2O_5$  содержание общей формы СаО повышается с 7,58% до 17,21%, усвояемой с 7,50% до 17,11% при норме кислоты 70% и с 5,39% до 12,61% при норме кислоты 100%. При повышении нормы кислоты с 70% до 100% содержание водорастворимой формы СаО повышается с 3,03-6,88% до 5,39-12,61%.

При значениях нормы фосфорной кислоты менее 100% от стехиометрии образуется наряду с монокальцийфосфатом и дикальцийфосфат. Это подтверждается и изменением содержания в продуктах разложения усвояемой и водорастворимой форм  $P_2O_5$ .

При введении в фосфорную кислоту 1% нитрата аммония соблюдаются те же закономерности изменения различных форм  $P_2O_5$  и СаО.

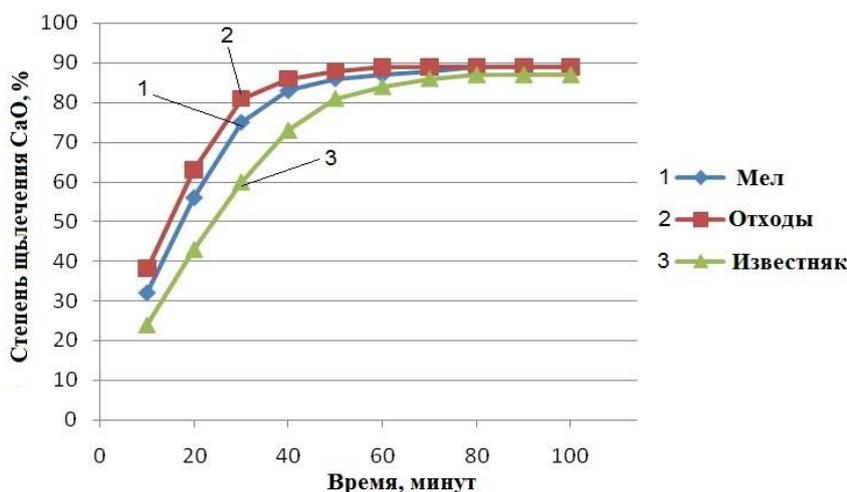
Более существенная разница в содержания водной формы  $P_2O_5$ . При введении нитрата аммония в фосфорную кислоту содержание  $P_2O_{5\text{в.р.}}$  выше и составляет 8,46-19,10% при норме кислоты 70% и 12,43-28,47% при норме 90%, тогда как при отсутствии нитрата аммония эти показатели равны 7,69-17,45% и 12,17-28,20%, соответственно. При нормах 100 и 110% содержания водной формы ниже, чем при использовании кислоты, не содержащей нитрат аммония.

Аналогичные изменения наблюдаются и с содержанием различных форм СаО. Отличия составляют содержания водорастворимых форм СаО, которые несколько ниже, чем в случае отсутствия в составе кислоты нитрата аммония.

Отличительной особенностью при введении в исходную ЭФК сульфата магния в количестве 1,5% в пересчете на MgO является некоторое повышение доли водорастворимой  $P_2O_5$ . Так, при разложении карбоната кальция фосфорной кислотой концентрации 20-50%  $P_2O_5$  при норме 70% отношение водорастворимой формы  $P_2O_5$  к общей составляет 57,09-57,12%, при разложении карбоната магния 60,22-60,03%, при введении нитрата аммония и разложении карбоната кальция 63,41-64,12%, карбоната магния 65,21-65,39%. Введение в исходную фосфорную кислоту 1,5% MgO и 1% нитрата аммония позволяют получить пульпу, содержащую 66,37-66,14% водной формы.

При отсутствии в кислоте нитрата аммония отношение водной формы к общей составляет 59,09-58,94%, что указывает на то, что введение оксида магния и нитрата аммония значительно повышают долю водорастворимой  $P_2O_5$ .

Четвертая глава **«Исследование процессов переработки кальцийсодержащего сырья на одинарные фосфорные удобрения»** посвящена переработке кальций и магнийсодержащего природного сырья и отходов водоподготовки ЭФК и ЭФК, содержащей 1% нитрата аммония. Для достижения поставленной цели в работе использованы ЭФК состава (масс. %):  $P_2O_5$  – 17,23, СаО – 0,32, MgO – 0,66,  $Fe_2O_3$  – 0,30,  $Al_2O_3$  – 0,41, F – 1,18; доломитизированный мел состава (масс. %): СаО = 40,67; MgO = 11,55;  $CO_2$  = 44,76; FeO = 0,48;  $R_2O_3$  = 0,50;  $SO_3$  = 0,36;  $H_2O$  = 0,60; н.о. = 1,08; известняк месторождения Шурсу Ферганской области состава (масс. %): СаО = 54,09; MgO = 1,07;  $CO_2$  = 43,63;  $R_2O_3$  = 0,19;  $SO_3$  = 0,09;  $H_2O$  = 0,29; н.о. = 0,62 и кальций и магний карбонатные отходы цеха водоочистки АО «Ферганаазот» состава (масс. %): СаО = 44,83; MgO = 1,58;  $CO_2$  = 36,50;  $SO_3$  = 0,84;  $R_2O_3$  = 0,74 и н.о. = 0,37.



**Рис. 1. Зависимость степени извлечения кальция от продолжительности процесса.**

процесса нейтрализации ЭФК карбонатными отходами водоочистки, а также мелоподобным сырьём. В процессе нейтрализации степень извлечения кальция, содержащегося в карбонатных отходах и доломитизированном меле в раствор фосфорной кислоты составляет 85-90% через 50 минут. Нейтрализация ЭФК известняком протекает довольно слабо. Так, например, для извлечения более 80% кальция, входящего в состав известняка, в раствор фосфорной кислоты требуется не менее 60 мин.

Дальнейшие исследования проводили доломитизированным мелоподобным сырьем.

Для этого использовали ЭФК, содержащую 1% нитрата аммония, неупаренную и упаренную до содержания 35,2%  $P_2O_5$ . Норма кислоты, в процессе нейтрализации ЭФК доломитизированным мелоподобным сырьем, составляла 70-125% от стехиометрии на образование монокальций- и мономагнифосфатов, а также фосфатов железа и алюминия. Продолжительность процесса нейтрализации составляла 1 час при температуре 25-30°C (табл. 3).

Процесс нейтрализации ЭФК сырьём, содержащим карбонаты кальция и магния, осуществляли при комнатной температуре (20-25°C), при норме кислоты 100% от стехиометрии по отношению к карбонатному сырью (рис. 1).

Установлено более быстрое протекание

**Таблица 3**

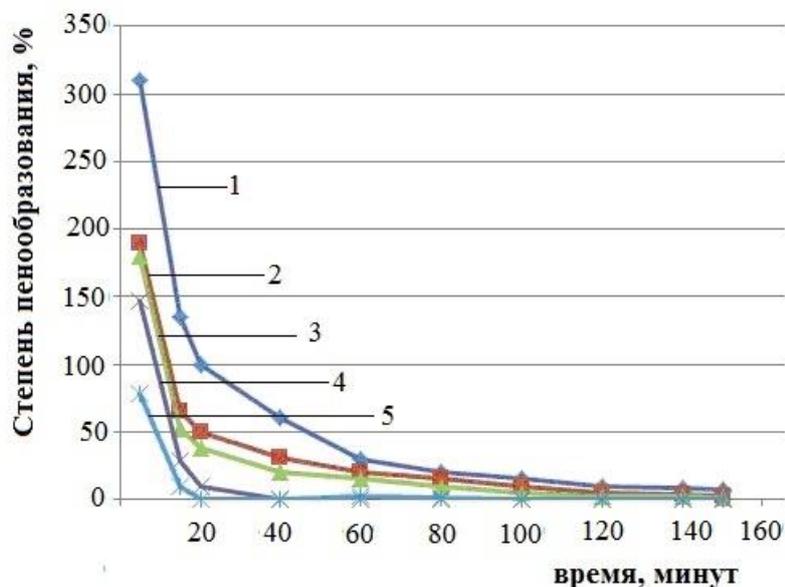
**Химический состав пульпы и технологические показатели процесса**

Показатели	Технологические показатели процесса при норме ЭФК, %							
	70	85	85	85	95	95	100	125
Исходная концентрация ЭФК, % $P_2O_5$	21,5	21,5	31,7	35,2	21,5	35,5	17,23	17,23
$P_2O_5$ (общ.), %	19,03	19,42	27,40	29,96	19,45	30,66	15,91	16,13
$P_2O_5$ (усв.), %	18,10	18,68	26,43	29,01	19,13	30,36	15,80	16,08
$P_2O_5$ (в.р.), %	13,24	15,13	21,52	23,78	16,33	26,02	14,12	14,58
CaO (общ.), %	8,80	7,46	10,52	11,51	6,72	10,60	5,24	4,31
MgO (общ.), %	3,13	2,76	3,89	4,25	2,55	4,02	2,01	1,76
N (общ.), %	0,31	0,31	0,46	0,49	0,32	0,50	0,32	0,33
H <sub>2</sub> O, %	58,96	60,2	43,93	39,48	60,49	39,74	67,79	69,17
$(P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}) \times 100$ , %	95,11	96,19	96,46	96,83	98,36	99,02	99,31	99,69
$(P_2O_{5\text{в.р.}} : P_2O_{5\text{общ.}}) \times 100$ , %	69,57	77,91	78,54	79,37	83,96	84,87	88,75	90,39

При нейтрализации ЭФК с содержанием 21,5%  $P_2O_5$  доломитизированным мелоподобным сырьем при норме кислоты 70% отношение  $P_2O_{5\text{уств.}}:P_2O_{5\text{общ.}} \times 100$  составляет 95,11%. При повышении нормы кислоты до 85% это отношение возрастает до 96,19%. В результате нейтрализации при такой же норме кислоты и при повышении концентрации исходной кислоты с 31,7% до 35,2%  $P_2O_5$  отмечается возрастание отношения до 96,46% и 96,83%, соответственно. При достижении нормы кислоты 95% отношение  $(P_2O_{5\text{уств.}}:P_2O_{5\text{общ.}}) \times 100$  в суспензии, полученной в процессе нейтрализации ЭФК с концентрацией 21,5% и 35,5%  $P_2O_5$ , составляет 98,36% и 99,02%, соответственно.

При нейтрализации ЭФК кальций и магнийсодержащими карбонатными минералами наблюдается сильное, устойчивое пенообразование. Так, при введении в исходную 17,23% по  $P_2O_5$  ЭФК кальций и магнийсодержащих продуктов высота пены в течение 5 минут достигает 310% для доломитизированного мелоподобного сырья, 335% для известняка и 345% для кальцийсодержащих отходов водоподготовки, а для полного гашения пены требуется 45-50 минут для известняка и отходов водоподготовки и 150 минут для доломитизированного мелоподобного сырья.

На рисунке 2 приведены измененные пенообразования в процессе нейтрализации ЭФК доломитизированным мелоподобным сырьем от продолжительности процесса. Через 15 минут пенообразование снижается до 125%, через 60 минут 30% и через 120 минут до 10%.



**Рис. 2. Изменение степени пенообразования в процессе нейтрализации ЭФК от продолжительности процесса и температуры термообработки карбонатного сырья: 1 – не термообработанное; 2 – 500°C; 3 – 700°C; 4 – 850°C; 5 – 950°C.**

образца уменьшается.

С повышением температуры до 700-800°C содержание  $CO_2$  снижается, а остальных компонентов повышается. Так, при температуре 800°C

С целью снижения пенообразования при нейтрализации ЭФК карбонатным сырьем изучены процессы термообработки мелоподобного сырья, известняка и отходов водоподготовки и их влияние на процесс пенообразования.

При термообработке сырья в интервале температуры 100÷500°C происходит уменьшение влажности, выделение кристаллизационной воды и разложение гидроксидов железа, благодаря чему масса

содержание  $\text{CO}_2$  в доломитизированном мелоподобном сырье составляет 35,55%, в известняке 42,18% и в отходе водоподготовки 39,28%. Повышение температуры до  $950^\circ\text{C}$  снижает содержащее  $\text{CO}_2$  до 17,84 – 17,15% в течение 1 часа.

Полное удаление  $\text{CO}_2$  наблюдается при температуре  $1050^\circ\text{C}$  в течении 1 часа и при температуре  $1000^\circ\text{C}$  в течение 3 часов. Для снижения пенообразования в процессе нейтрализации ЭФК целесообразно использовать термообработанное, прокаленное при температуре  $800\text{--}950^\circ\text{C}$  в течение 60 минут сырье.

При нейтрализации ЭФК продуктами, полученными в результате термообработки доломитизированного мелоподобного сырья, степень пенообразования сильно понижается: при использовании термообработанного при  $500^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$ ,  $850^\circ\text{C}$  и  $950^\circ\text{C}$  сырья степень пенообразования через 5 минут составляет 190%, 180%, 147% и 78%, а через 15 минут – 65%, 52%, 30% и 10%, соответственно. При перемешивании суспензии в течение 30 минут наблюдается полное гашение пены, полученной из термообработанного сырья при  $850^\circ\text{C}$  и  $950^\circ\text{C}$ .

С целью снижения пенообразования в процессе нейтрализации ЭФК мелоподобным сырьём целесообразно проведение первоначальной термообработки исходного сырья при  $850^\circ\text{C}$ . В результате этого образуется термообработанное сырьё состава (масс. %):  $\text{CaO}$  – 50,88,  $\text{MgO}$  – 14,45,  $\text{CO}_2$  – 31,64,  $\text{FeO}$  – 0,60,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,63 и нерастворимый остаток – 1,80.

При нейтрализации термообработанным при  $850^\circ\text{C}$  мелоподобным сырьём, ЭФК с концентрацией  $\sim 35\%$   $\text{P}_2\text{O}_5$  при норме, соответствующей стехиометрической на образование монокальций- мономагнийфосфатов, фосфатов железа и алюминия получается суспензия состава (масс. %):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$  – 30,50;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$  – 30,23;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{в.р.}}$  – 27,15;  $\text{CaO}$  – 10,04;  $\text{MgO}$  – 3,86;  $\text{N}$  – 0,62;  $\text{H}_2\text{O}$  – 40,05.

В этих суспензиях количество усвояемого фосфора составляет 99,11%. При сушке суспензии в интервале температур  $95\text{--}100^\circ\text{C}$  образуются кальций и магнийфосфатные удобрения состава (масс. %):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$  – 49,21;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$  – 48,75;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{в.р.}}$  – 43,63;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{своб.}}$  – 2,27;  $\text{CaO}$  – 16,21;  $\text{MgO}$  – 6,23;  $\text{N}$  – 1,00;  $\text{H}_2\text{O}$  – 3,46. В полученном продукте доля  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$  составляет 99,07%, а доля  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{в.р.}}$  равна 88,66% от общего количество фосфатов.

С целью повышения объёмов промышленного производства фосфорных удобрений, снижения его себестоимости (относительно аммофоса), уменьшения расхода ценного сырья – фосфорита (по сравнению с двойным суперфосфатом) изучен процесс получения усвояемых кальций- и магнийсодержащих фосфорных удобрений путём нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты доломитным сырьём.

Для этих целей были использованы ЭФК, содержащая 17,23%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и доломит, содержащий  $\text{CaO}$  – 32,36%,  $\text{MgO}$  – 18,68%. Процесс нейтрализации ЭФК доломитом отличается от карбонатного сырья. При использовании доломитов в процессе нейтрализации стабильное пенообразование практически отсутствуют, что даёт возможность повысить скорость нейтрализации.

Для получения кальций- и магнийсодержащих фосфорных удобрений изучены процессы нейтрализации ЭФК и ЭФК, с добавлением 1% нитрата

аммония, доломитом и получения удобрений путем выпарки и сушки суспензий.

В результате проведённых исследований получены суспензии, которые образуются в процессе нейтрализации ЭФК доломитом состава (масс.%):  $P_2O_{5\text{общ.}}$  – 16,15 и 15,99;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  – 15,92 и 15,77;  $P_2O_{5\text{в.р.}}$  – 15,09 и 14,96; CaO – 4,04 и 4,02; MgO – 2,78 и 2,76;  $R_2O_3$  – 1,11 и 1,10;  $SO_3$  – 1,17 и 1,16; F – 1,07 и 1,06; N – 0 и 0,32;  $H_2O$  – 69,16 и 69,58. В суспензии содержание усвояемого фосфора составляет 98,58% и 98,62%, соответственно.

Технологические показатели процесса, химические составы промежуточных суспензий и конечных продуктов приведены в таблице 4.

**Таблица 4**

**Химический состав суспензии, полученной при нейтрализации ЭФК доломитным сырьём и технологические параметры процесса**

Показатели	Суспензия		Высушенный продукт	
	ЭФК	ЭФК+ $NH_4NO_3$	ЭФК	ЭФК+ $NH_4NO_3$
$P_2O_5$ (общ.), %	16,15	15,99	49,21	49,57
$P_2O_5$ (усв.), %	15,92	15,77	48,60	49,03
$P_2O_5$ (в.р.), %	15,09	14,96	45,94	46,51
CaO (общ.), %	4,04	4,02	12,31	12,46
MgO (общ.), %	2,78	2,76	8,46	8,56
$R_2O_3$ (общ.), %	1,11	1,10	3,39	3,41
$SO_3$ (общ.), %	1,17	1,16	3,57	3,60
F, %	1,07	1,06	2,70	2,55
N (общ.), %	-	0,32	-	1,01
$H_2O$ , %	69,16	69,58	5,96	5,68
$(P_2O_{5\text{усв.}}:P_2O_{5\text{общ.}})\times 100$ , %	98,58	98,62	98,76	98,91
$(P_2O_{5\text{в.р.}}:P_2O_{5\text{общ.}})\times 100$ , %	93,44	93,56	93,35	93,83

В результате сушки образующихся суспензий при температуре  $95\div 100^\circ C$  получены кальций- и магнийсодержащие фосфорные удобрения состава (масс. %):  $P_2O_{5\text{общ.}}$  – 49,21 и 49,57;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  – 48,60 и 49,03;  $P_2O_{5\text{в.р.}}$  – 45,94 и 46,51; CaO – 12,31 и 12,46; MgO – 8,46 и 8,56;  $R_2O_3$  – 3,39 и 3,41;  $SO_3$  – 3,57 и 3,60; F – 2,70 и 2,55; N – 0 и 1,01;  $H_2O$  – 5,96 и 5,68. Отношение  $(P_2O_{5\text{усв.}}:P_2O_{5\text{общ.}})\times 100$  составляет 98,76% и 98,91%, а отношение  $(P_2O_{5\text{в.р.}}:P_2O_{5\text{общ.}})\times 100$  равно 93,35% и 93,83%, соответственно.

В результате проведённых исследований получены суспензии, которые образуются в процессе нейтрализации ЭФК кальциевыми и магниевыми карбонатными отходами, а также продуктами их прокаливания состава (масс.%):  $P_2O_{5\text{общ.}}$  – 15,56 и 15,89;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  – 15,34 и 15,64;  $P_2O_{5\text{в.р.}}$  – 14,46 и 14,75; CaO – 6,59 и 6,72; MgO – 0,84 и 0,76; N – 0,32;  $H_2O$  – 66,72 и 67,72 и др (табл. 5).

При этом доля усвояемого фосфора составляет 98,59% и 98,43%, соответственно, от общего содержания  $P_2O_5$ .

В результате сушки образующихся суспензий при температуре  $95\div 100^{\circ}\text{C}$  получены кальций и магнийсодержащие фосфорные удобрения состава (масс. %):  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$  – 46,53 и 46,72;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$  – 45,84 и 45,94;  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{в.р.}}$  – 43,17 и 43,08;  $\text{CaO}$  – 19,69 и 19,83;  $\text{MgO}$  – 2,52 и 2,59;  $\text{N}$  – 0,95;  $\text{H}_2\text{O}$  – 4,00 и 3,73 и др. Содержание доли усвояемого фосфора в полученных продуктах составляет 98,52% и 98,33%, а доля водных форм 92,35% и 92,20%, соответственно, от общего содержания фосфатов.

С целью установления солевого состава продуктов нейтрализации ЭФК и ЭФК, с содержанием 1% нитрата аммония, проведены их физико-химические исследования.

**Таблица 5**

**Химический состав суспензий, продуктов их сушки и технологические показатели процесса нейтрализации ЭФК карбонатными отходами водоочистки**

Показатели	Суспензия		Высушенный продукт	
	Без прокалки	$700^{\circ}\text{C}$	Без прокалки	$700^{\circ}\text{C}$
$\text{P}_2\text{O}_5$ (общ.), %	15,56	15,89	46,53	46,72
$\text{P}_2\text{O}_5$ (усв.), %	15,34	15,64	45,84	45,94
$\text{P}_2\text{O}_5$ (в.р.), %	14,46	14,75	42,97	43,08
$\text{CaO}$ (общ.), %	6,59	6,72	19,69	19,83
$\text{MgO}$ (общ.), %	0,84	0,86	2,52	2,59
$\text{R}_2\text{O}_3$ (общ.), %	1,16	1,19	3,47	3,44
$\text{SO}_3$ (общ.), %	1,21	1,24	3,62	3,59
F, %	1,07	1,08	3,03	3,02
N (общ.), %	0,32	0,32	0,95	0,95
$\text{H}_2\text{O}$ , %	67,72	66,72	4,00	3,73
$(\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}:\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}})\times 100$ , %	98,59	98,43	98,52	98,33
$(\text{P}_2\text{O}_{5\text{в.р.}}:\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}})\times 100$ , %	92,93	92,81	92,35	92,20

На рентгенограммах продуктов нейтрализации ЭФК, содержащей 1%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , кроме дифракционных максимумов, характерных для продуктов нейтрализации ЭФК, не содержащей нитрата аммония, имеются дифракционные максимумы 8,66; 7,94; 5,94; 4,13; 3,56; 3,21; 3,16; 2,31 и 1,69 Å отвечающие соединению  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 1,78 и 1,73 Å – характерные  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и 1,60; 1,53 Å, которые принадлежат  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ .

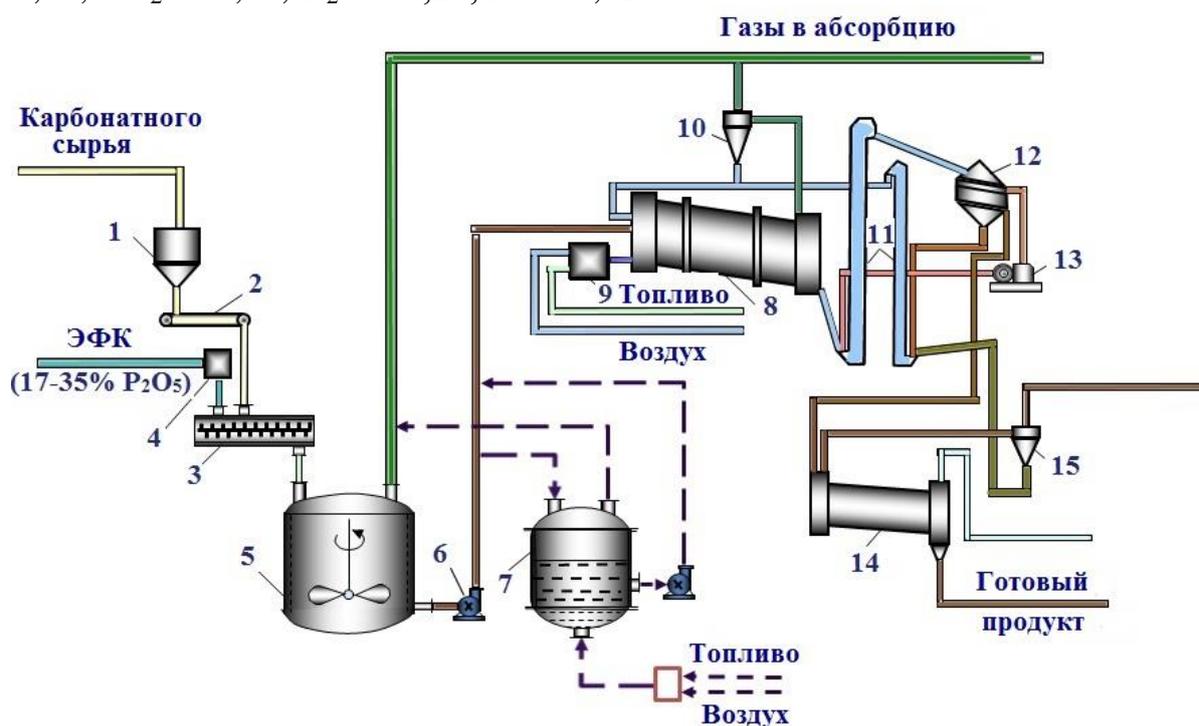
На ИК-спектрах продуктов нейтрализации ЭФК известняком и доломитом имеются полосы поглощения характерные для  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  при 948,98-1076,28  $\text{cm}^{-1}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  при 657,73 и 666,41  $\text{cm}^{-1}$ .

Результаты по нейтрализации ЭФК известняком, доломитом, отходами водоподготовки явились основой для разработки принципиальной технологической схемы получения кальций- и магнийсодержащих одинарных фосфорных удобрений.

Сущность технология заключается в разложении кальций- и магнийсодержащего карбонатного сырья неупаренной и упаренной ЭФК, содержащей 1% нитрата аммония, и без нее. Принципиальная технологическая схема получения концентрированных, одинарных

фосфорных удобрений приведена на рисунке 3, которая позволяет использовать неупаренную ЭФК и упаренную до 35%  $P_2O_5$ .

Апробацию разработанной технологии проводили на опытно-промышленной установке АО «Qo`qon superfosfat zavodi». В ходе испытания технологии использовали ЭФК производства АО «Аммофос-Максам», содержащую 17,23%  $P_2O_5$ , полученную в дигидратном режиме из мытого обожженного фосконцентрат Централных Кызылкумов, состава (масс. %):  $P_2O_5 = 17,23$ ;  $CaO = 0,32$ ;  $MgO = 0,66$ ;  $Fe_2O_3 = 0,36$ ;  $Al_2O_3 = 0,81$ ;  $F = 1,18$ ;  $SO_3 = 1,21$ , мел и известняк месторождения Шурсу Ферганской области: мел состава (масс. %):  $CaO - 40,67$ ,  $MgO - 11,55$ ,  $FeO - 0,48$ ,  $Fe_2O_3 - 0,50$ ,  $CO_2 - 44,76$  и известняк состава (масс. %):  $CaO - 54,09$ ,  $MgO - 1,07$ ,  $R_2O_3 - 0,19$ ,  $SO_3 - 0,09$ ,  $CO_2 - 43,65$ ,  $H_2O - 0,29$ , н.о - 0,62.



**Рис. 3. Технологическая схема производства кальций и магнийсодержащих одинарных фосфорных удобрений**

1-бункер для карбонатного сырья; 2-ленточный дозатор; 3-шнековый смеситель; 4-дозатор ЭФК; 5-реактор; 6-насосы; 7-выпарной аппарат; 8-аппарат БГС; 9-топка; 10,15-циклоны; 11-элеваторы; 12-вибросита; 13-дробилка; 14-холодильник.

Результаты испытаний технологии получения кальций- и магнийсодержащих фосфорных удобрений с использованием мела и известняка на опытно-промышленной установке АО «Qo`qon superfosfat zavodi» показали адекватную воспроизводимость результатов, относительно ранее установленных в лабораторных условиях, оптимальных технологических параметров осуществления процесса и уровня качества получаемой продукции.

Содержания  $P_2O_{5\text{сув.}}$  46,13-47-74%, водной формы 43,08-44,31%. При этом доля усвояемых фосфатов составляет 98,55-99,15% и доля водорастворимых фосфатов 91,82-92,03%, соответственно, от общего количества фосфатов. Удобрения по составу отвечает двойному суперфосфату, содержащему магний.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Используя термодинамические методы расчета изобарно-изотермического потенциала возможности протекания реакций взаимодействия компонентов кальций и магнийсодержащего карбонатного сырья показано, что наиболее вероятными являются реакции с образованием дигидрофосфатов и гидрофосфатов кальция и магния. Причем, карбонат магния легче взаимодействует с фосфорной кислотой.  $\Delta G$  реакций карбоната магния с фосфорной кислотой при образовании дигидрофосфата и гидрофосфата магния составляют  $-94$  кДж/моль и  $-73$  кДж/моль, соответственно, тогда как эти показатели для карбоната кальция составляют  $-88$  кДж/моль и  $-65$  кДж/моль. Для термообработанных продуктов  $\Delta G$  равны  $-143$  кДж/моль и  $-122$  кДж/моль для оксида магния и  $-217$  кДж/моль и  $-194$  кДж/моль для оксида кальция, соответственно, при образовании дигидрофосфатов и гидрофосфатов магния и кальция.

2. Рассчитаны тепловые эффекты реакций взаимодействия известняка и доломита месторождения Шорсув с фосфорной кислотой до образования дигидрофосфатов и гидрофосфатов. Установлено, что тепловые эффекты процессов нейтрализации фосфорной кислоты природными карбонатными минералами значительно ниже, чем при использовании термообработанных продуктов. Для нетермообработанного сырья тепловые эффекты взаимодействия с фосфорной кислотой составляют 135 и 105 кДж/кг, для термообработанного сырья 511 и 481 кДж/кг, соответственно до образования дигидрофосфатов и гидрофосфатов кальция и магния.

3. Изучены процессы разложения карбонатов кальция и магния термической фосфорной кислотой с концентрацией 20-50%  $P_2O_5$  и норме 70-110% от стехиометрии и термической фосфорной кислотой, содержащей 1% нитрата аммония и 1,5% оксида магния в виде сульфата магния. Показано, что введение в состав ТФК 1% нитрат аммония улучшает растворимость солей и увеличивает содержания водорастворимой формы  $P_2O_5$  в продуктах. Так, при разложении карбоната кальция доля  $P_2O_{5\text{водн.}}$  от общего количества фосфатов (т.е. отношение  $P_2O_{5\text{в.р.}}:P_2O_{5\text{общ.}}$ ) повышается с 57,12% при отсутствии нитрата аммония до 63,41-64,12% при введение нитрата аммония. Аналогично и для карбоната магния доля  $P_2O_{5\text{водн.}}$  повышается с 60,22-60,03% до 65,21-65,39% при норме кислоты 70%. Введение в ТФК 1,5%  $MgO$  и 1% нитрата аммония повышает содержание доли  $P_2O_{5\text{водн.}}$  до 66,14-66,37% при разложении карбоната кальция, тогда как при введение только  $MgO$  этот показателя равен 59,09-58,94% при норме ТФК 70% от стехиометрии, что позволяет получить концентрированные, одинарные фосфорные удобрения с регулируемой формой  $P_2O_{5\text{водн.}}$ .

4. Изучены процессы разложения природных кальций- и магнийсодержащих карбонатных сырьевых источников – мела, известняка, доломита и отходов водоподготовки АО «Ферганаазот» экстракционной фосфорной кислотой и ЭФК, содержащей 1% нитрата аммония. Показано,

что при норме 17,23% по  $P_2O_5$  кислоты 100% от стехиометрии степень извлечения кальция в фосфорную кислоту не превышает 80%. Оптимальными условиями являются: продолжительность процесса разложения 40-60 минут при норме кислоты 95-100% и концентрация ЭФК ~35%  $P_2O_5$ .

**5.** Изучено влияние процесса термообработки кальций- и магнийсодержащих карбонатных сырьевых источников и отхода цеха водоподготовки на химический состав продуктов и процессы пенообразования. При температуре термообработки 100-500°C происходит удаление влаги, кристаллизационной воды и разложение гидроксидов железа. С температуры 500°C начинается разложение карбоната магния, с 600°C – доломита и с 850-900°C карбоната кальция. Оптимальной температурой термообработки мелоподобного сырья является 850-950°C. При этом степень пенообразования через 15 минут составляет 10-30%. Полное гашение наблюдается через 30 минут.

**6.** Выявлено отсутствие устойчивого пенообразования при осуществлении процесса нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты доломитом без его предварительной термообработки, что даёт возможность повысить скорость нейтрализации и снизить себестоимость продукции.

**7.** Установлены оптимальные технологические параметры получения концентрированных, одинарных фосфорных удобрений разложением карбонатного сырья и отходов водочистки ЭФК и ЭФК, содержащей 1% нитрата аммония. Для этого карбонатное сырье и отходы необходимо подвергать термообработке при температуре 850-950°C, разлагать ЭФК, содержащей ~35%  $P_2O_5$  в течение 30 минут, упаривать образующую пульпу и гранулировать. При этом образуются концентрированные, кальций и магнийсодержащие фосфорные удобрения состава (масс. %):  $P_2O_{5\text{общ}}$  46,72-49,57;  $P_2O_{5\text{усв}}$  45,94 - 49,03;  $P_2O_{5\text{в.р.}}$  43,08 - 46,51; CaO 12,46 - 20,38; MgO 2,23 - 8,56; N 0,95 - 1,01.

**8.** Разработаны технологические схемы и материальные балансы получения концентрированных, одинарных фосфорных удобрений с использованием ЭФК ЦК, содержащей 1% нитрата аммония, мела, известняка и отхода цеха водоподготовки АО «Ферганаазот». Технология апробирована на опытно-промышленной установке АО «Qo'qon superfosfat zavodi» и выпущено 0,5 т удобрений.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE  
PhD.03/30.12.2019.K/T.66.02 NAMANGAN ENGINEERING AND  
TECHNOLOGY INSTITUTE**

---

**NAMANGAN ENGINEERING-CONSTRUCTION INSTITUTE**

**MAMUROV BAXODIR ARIFJANOVICH**

**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR OBTAINING CALCIUM  
AND MAGNESIUM-PHOSPHATE FERTILIZERS USING LOCAL  
CARBONATE RAW MATERIALS**

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

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

**Namangan - 2020**

**The dissertation subject of Doctor of Philosophy (PhD) is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2018.4.PhD/T863**

Dissertation was carried out at Namangan engineering-construction institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific website ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)

**Research consultant:**

**Shamshidinov Israiljon Turgunovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Official Opponents:**

**Dekhkanov Zulfikakhar Kirgizbaevich**  
Doctor of technical sciences

**Nurmurodov Tulkin Isamurodovich**  
Doctor of technical sciences

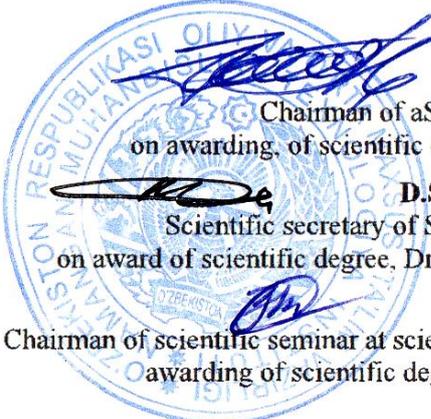
**Leading organization:**

**Fergana polytechnic institute**

Defense will take place on « 12 » 11 2020 y. at 10<sup>00</sup> o'clock at the meeting of scientific council PhD.03/30.12.2019.K/T.66.02 under Namangan engineering and technology institute. Address: 7, Kosonsoy Street, Namangan District, 160115, Namangan, tel.: (99869) 228-76-75, Fax: (99869) 228-76-71, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz).

Dissertation can be reviewed at the Information-resource Centre at the Institute Namangan engineering and technology institute (registration number 3). (Address: 7, Kosonsoy Street, 160115, Namangan, tel.: (99869) 228-76-75, Fax: (99869) 228-76-71).

Abstract of dissertation was mailed by « 29 » 10 2020 y.  
(mailing report No № 3 « 29 » 10 2020 y.).

  
**O.K. Ergashev**  
Chairman of a Scientific council  
on awarding of scientific degree Dr ch.sci.  
**D.Sh. Sherkuziyev**  
Scientific secretary of Scientific council  
on award of scientific degree, Dr of phil. tech.sci.  
**Z.K. Dexkanov**  
Chairman of scientific seminar at scientific council on  
awarding of scientific degree, Dr tech.sci.

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the study** is to develop an effective technology for obtaining calcium- and magnesium-containing concentrated, single phosphoric fertilizers by neutralizing the extraction phosphoric acid obtained from the phosphorites of the Central Kyzylkum with carbonate raw materials - chalk, limestone, dolomite, carbonate industrial waste and products of their thermal treatment.

**The objects of research** are calcium and magnesium-containing carbonate natural minerals - chalk, limestone, dolomite and waste water treatment plants, extraction phosphoric acid based on CK phosphorites, calcium and magnesium-containing concentrated single phosphorus fertilizers.

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

the optimal technological parameters of the heat treatment of calcium and magnesium-containing carbonate minerals - chalk, limestone, industrial waste water treatment, at which a minimum degree of foaming is observed;

for the first time substantiated the processes of obtaining concentrated single phosphorus fertilizers containing calcium and magnesium by neutralizing extraction phosphoric acid from phosphorites of the Central Kyzylkum and EPA activated with ammonium nitrate, calcium and magnesium-containing carbonate natural minerals and waste water treatment, as well as products of their heat treatment;

for the first time the absence of stable foaming was revealed during the process of decomposition of dolomite with extraction phosphoric acid without its preliminary heat treatment;

for the first time, the optimal technological parameters for obtaining concentrated, single phosphorus fertilizers by decomposition of carbonate calcium and magnesium-containing natural minerals and industrial waste water purification concentrated and activated with ammonium nitrate, EPA from phosphorites of the Central Kyzylkum were established;

technologies have been developed for the production of calcium and magnesium-containing concentrated monophosphorus fertilizers by decomposition of natural carbonate minerals and industrial wastewater treatment with the extraction of phosphoric acid from phosphorites of the Central Kyzylkum.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained on the development of technology for processing calcium and magnesium-containing carbonate minerals and industrial waste into concentrated, single phosphorus fertilizers:

received a patent from the Agency for Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan for "Method for obtaining complex nitrogen-phosphorus fertilizer" (No. IAP 05912, 2019). As a result, it becomes possible to obtain concentrated calcium and magnesium phosphate fertilizers by neutralizing EPA and EPA, activated by ammonium nitrate, carbonate raw materials, evaporation of the suspension, granulation and drying of the product;

on the basis of the developed technology, concentrated single phosphorus fertilizers with the use of calcium and magnesium-containing carbonate minerals

and industrial waste water treatment were produced (Reference of JSC "Uzkimyosanoat" dated October 31, 2019 No. 14-6691). The introduction of these results into industrial production will allow to involve in the processing of calcium and magnesium-containing carbonate minerals and wastes from the water treatment shops of nitrogen-fertilizer enterprises and to obtain concentrated, single phosphorus fertilizers.

**The structure and scope of the thesis.** The structure of the thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, an appendix. The volume of the thesis is 121pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

**Илмий мақолалар (научные статьи, scientific articles)**

1. Шамшидинов И., Тураев З., Мамаджанов З., Мамуров Б. Сув тозалаш иншооти чиқиндисини термик қайта ишлаш ва ундан кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш жараёнини ўрганиш // ФарПИ Илмий-техника журнали.– Фарғона: ФарПИ, 2017. – №3. – Б. 105-108 (05.00.00. №20)

2. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т., Усманов И.И., Кодирова Г.К, Исследование процесса нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты мелом // Universum: химия и биология. – 2019. – №. 2 (56). – С. 21-26. (02.00.00. №2)

3. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т., Қодирова Г.Қ. Шўрсув доломитлари асосида кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш // НамМТИ Илмий-техника журнали.– Наманган: НамМТИ, 2019. – №3. – Б. 110-115 (05.00.00. №33).

4. Mamurov B., Shamshidinov I., Kodirova G., Turaev Z. Study of the process of heat treatment of limestone to the process of obtaining calcium-magnesium-containing phosphorous fertilizers // International Journal of Advanced Science and Technology-SCOPUS INDEXED. – 2020. – Vol. 29. – No. 8. – Pp. 3342-3346.

5. Патент IAP 05912 UZ. Способ получения сложного азотно-фосфорного удобрения / Шамшидинов И.Т, Мирзакулов Х.Ч, Усманов И.И, Абдуллаев А.Н., Тураев З., Мамаджанов З.Н., Кодирова Г.К., Мамуров Б.А. (UZ) / Оpub. 26.07.2019. – Бюллетень № 8.

**II бўлим (II часть; part II)**

6. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т, Жамалова Н. Кальций карбонатли хомашёлардан фойдаланган ҳолда фосфорли ўғит олиш // «Таълим сифатини таъминлашда устоз-шогирд тизимини ўрни: тажриба ва истиқболлар» мавзусида вазирлик миқёсидаги илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. – Наманган: НамМПИ, 2015 йил. – Б. 70-72.

7. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т, Жамалова Н. Фосфорли ўғитлар олишда маҳаллий бўр хомашёсидан фойдаланиш // «XXI аср – интеллектуал авлод асри» шиори остидаги ҳудудий илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган: НамДУ, 2015 йил. – Б. 435-437.

8. Шамшидинов И.Т, Мамаджанов З.Н., Ғанибоева Г.Қ., Мамуров Б.А. Карбонатли чиқиндини термик қайта ишлаш ва ундан фосфорли ўғит олиш жараёнини ўрганиш // «Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ҳамда озик-овқат саноатлари инновацион технологияларининг долзарб муаммолари»

мавзусидаги Халқаро илмий-техникавий анжумани материаллари тўплами. – Т.: ТКТИ, 2016. 26-27 май. – Б. 91-92.

9. Мамуров Б.А., Қодирова Г.Қ, Шамшидинов И.Т. Экстакцион фосфат кислотани оҳактош хомашёси билан нейтраллаш асосида кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш жараёнини ўрганиш // Умидли кимёгарлар-2017 Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавирининг талабаларининг XXV-илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами Тошкент: ТКТИ 2017 йил 18-21 апрель.-Б. 141-142.

10. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т. Кальций фосфатли ўғитлар олишда Марказий Қизилқумнинг юқори карбонатли фосфаритларидан фойдаланиш // “Ўзбекистоннинг ижтимоий-иқтисодий ривожланишида ёшларни ўрни” шиори остидаги “Фарғона водийси ёш олимлари” 1-худудий илмий анжумани материаллар тўплами Наманган: НамДУ 2017 йил 16 май.- Б. 279-283.

11. Шамшидинов И.Т., Мамуров Б.А., Қодирова Г.Қ. Кальций ва магний фосфатли ўғитлар олишда маҳаллий доломит хомашёсидан фойдаланиш // НамМТИ Илмий-техника журнали.– Наманган: НамМТИ, 2017. – №1. – Б. 105-108.

12. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т., Қодирова Г.Қ., Отамирзаев С.О. Доломитлашган бўрсимон хомашёдан фойдаланган ҳолда кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш жараёнини ўрганиш // Бинолар ва иншоотларнинг конструкциявий мустаҳкамлиги, ишончлилиги ва сейсмик хавфсизлиги масалалари Республика илмий-амалий конференциялар материаллари тўплами Наманган: НамМҚИ, 2018. 27-28 апрел. –Б. 267-270.

13. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т., Усманов И.И., Неъматжонова М.И. Исследование процесса нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты мелоподобным сырьём // Международной научно-технической конференции современное состояние и перспективы развития производства фосфорсодержащих удобрений на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов и Каратау конференция посвящена 27-летию независимости Республики Узбекистан Ташкент ИОНХ: 2018 г. 25-26 октября. –С. 97-98.

14. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т., Отамирзаев С.О. Оҳактош хомашёсидан фойдаланган ҳолда кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш // “Озиқ-овқат маҳсулотлари хавфсизлиги, ресурс, энергия тежамкор ва инновацион технологиялар самарадорлиги” мавзусида Халқаро микёсида илмий-техник конференция 2019 й. 28-30 ноябрь –Б. 33-36.

15. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т. Маҳаллий доломит хомашёсидан фойдаланган ҳолда фосфорли оддий ўғитлар олиш // “Кимё, озиқ-овқат ва кимёвий технологияларни такомиллаштиришда инновацион ғоялар” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжуман материаллар тўплами Наманган: НамМТИ, 2019 й. 21 октябрь –Б. 175-178.

16. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т. Сув тозалаш иншооти чиқиндисини термик қайта ишлаш ва ундан кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш технологияси // «Янги Ўзбекистонни қуриш ва

ривожланишидаги ёшларнинг фаоллиги» мавзусидаги IV онлайн конференция Наманган: НамДУ 2020 й. –Б. 183-188.

17. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т., Отамирзаев С.О. Доломитлашган бўр хомашёси асосида кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш // «Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар» мавзусида халқаро илмий-амалий конференция Андижон: АдМИ 2020 й. – Б. 552-567.

18. Мамуров Б.А., Шамшидинов И.Т., Отамирзаев С.О. Маҳаллий доломит хомашёсидан фойдаланган ҳолда кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш // “Олий таълим тизимида таълим сифати ва илмий-тадқиқот ишларини ривожлантириш истиқболлари: муаммо ва ечимлар” мавзусида Республика миқёсида илмий-амалий конференция Наманган: НамМҚИ 12-13 июнь 2020 й. – Б. 27-30.

19. Мамуров Б.А. Экстракцион фосфат кислотани оҳактош хомашёси билан нейтраллаш асосида кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш жараёнини ўрганиш // Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги Ўзбекистон ёшлар Иттифоқи Ўзбекистон Республикаси истеъдодли ёшларни қўллаб-қувватлаш «Улуғбек» жамғармаси янги Ўзбекистоннинг истеъдодли ёшлари // Илмий ишлари тўплами Тошкент 2020 й. – Б. 112-120.

20. B.A. Mamurov, I.T. Shamshidinov (2020). DOLOMITE USE IN THE PRODUCTION OF SINGLE PHOSPHATE FERTILIZERS. JournalNX A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal Reserch for revolution ISSN N-2581-4230 Impact Factor-7.223. Is Published Online in Conference Issue ISAR-2020, Oct. -2020.

Автореферат «Наманган муҳандислик-технология институти  
Илмий-техник журнали» тахририятида тахрирдан ўтказилди.

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 240.

Гувоҳнома № 10-3719  
«Тошкент кимё технология институти» босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.



