

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА  
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ТУРСУНОВА ИРОДА НЕМАТОВНА**

**ПАСТ НАВЛИ ҚИЗИЛКУМ ФОСФОРИТЛАРИНИ НИТРОЗА ГАЗЛАРИ  
БИЛАН ҚАЙТА ИШЛАШ УСУЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

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

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

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

**Турсунова Ирода Нематовна**

Паст навли Қизилкум фосфоритларини нитроза газлари билан қайта  
ишлаш усулларини ишлаб чиқиш..... 3

**Турсунова Ирода Нематовна**

Разработка способов переработки низкосортных Кызылкумских  
фосфоритов с использованием нитрозных газов..... 21

**Tursunova Iroda Nematovna**

Development of processing methods of lowgrade Kyzylkum phosphrites using  
nitrous gases..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

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

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА  
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ТУРСУНОВА ИРОДА НЕМАТОВНА**

**ПАСТ НАВЛИ ҚИЗИЛКУМ ФОСФОРИТЛАРИНИ НИТРОЗА ГАЗЛАРИ  
БИЛАН ҚАЙТА ИШЛАШ УСУЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида **B2017.2.Phd/T175** рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Тошкент кимё - технология институтида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:**

**Эркаев Ақтам Улашевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Жуманиязов Максудбек Жаббиевич.**  
техника фанлари доктори, профессор.  
**Таджиев Сайфитдин Мухитдинович**  
кимё фанлари доктори, катта илмий ходим

**Етакчи ташкилот:**

**Навоий электр кимё заводи қўшма  
корхона-акциядорлик жамият**

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «25» апрель 2018 йил соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (11 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Диссертация автореферати 2018 йил «10» апрел куни тарқатилди.  
(2018 йил «10» апрелдаги № 11 рақамли реестр баённомаси).

**Б.С.Закиров**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси, к.ф.д.

**Д.С.Салиханова**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш котиби, т.ф.д.

**С.Тухтаев**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,  
к.ф.д., проф., академик

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Бугунги кунда дунё кимё саноати соҳаларида, жумладан минерал ўғитлар ишлаб чиқаришда ҳар бир мамлакатнинг ўз хомашё ресурслари (имкониятлари)дан ҳар томонлама тўлиқ фойдаланишга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб бориш ва янги технологияларни яратишга алоҳида эътибор берилмоқда. Ҳозирги пайтда жуда муҳим бўлган бу илмий-техникавий муаммолар ечимини топишга соҳага дахлдор олим ва мутахассисларнинг саъйи ҳаракатлари йўналтирилган. Бунда арзон, етарли, имконияти борича кимё ва тоғ-кон саноати чиқиндаларидан фойдаланиб маҳсулот ишлаб чиқариш усуллари кенг қўланилмоқда.

Бугунги кунда жаҳонда фосфорит маъданларини қазиб олиш ва қайта ишлаш бўйича олиб борилаётган илмий тадқиқотлар ишлари ва яратилаётган янги технологияларда нисбатан паст сифатли фосфоритлардан самарадор ва сифатли фосфоконцентратлар олишга алоҳида эътибор берилаяпти. Улардан турли (оддий ва мураккаб) минерал ўғитлар олиш бўйича янги ишлаб чиқаришлар, фосфатли хомашёни қайта ишлашда ноананавий ва ресурстежамкор технологиялар яратишда фойдаланилаяпти.

Ҳозирги пайта республикамызда минерал ўғитлар ишлаб чиқарувчи корхоналарнинг асосий хомашё манбаи бўлган Марказий Қизилқум (МК) фосфоритларини комплекс қайта ишлашнинг янада самарали технологияларини яратиш кимё саноати ривожланишининг асосий йўналишларидан биридир. Бу йўналишда паст навли хомашё ва ишлаб чиқариш чиқиндиларидан фойдаланиб самарадор ва сифатли фосфорли ўғитлар олишнинг илмий асослари яратилган бўлиб, ушбу соҳани модернизациялаш, диверсификациялаш ва сифат жиҳатидан янги босқичга олиб чиқиш бўйича илмий ва амалий натижаларга эришилди. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришга қаратилган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш», «принципиал жиҳатдан янги маҳсулот ва технология турларини ўзлаштириш» ва «мамлакат озиқ-овқат ҳавфсизлигини янада мустаҳкамлаш, экологик тоза маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кенгайтириш» га қаратилаган муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада, паст навли фосфоритларни чиқинди нитроза газлари билан қайта ишлаш ва унинг асосида азотфосфоркальцийли концентрат олишнинг самарали экологик усуллари ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 4 мартдаги ПФ- 4707-сонли «2015-2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий ўзгартириш, модернизация ва диверсификация қилишни таъминлаш бўйича чора-тадбирлар дастури тўғрисида», 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йилларда ривожлантиришнинг бешта тамойили бўйича ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармонлари ва 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги қарорлари, шунингдек мазкур соҳада қабул қилинган

бошқа меъёрий-ҳуқукий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Илмий-техник адабиётларда Ўзбекистон Республикасидаги паст навли фосфоритларни нитрат кислотали қайта ишлашга доир кенг миқёсда олиб борилган тадқиқотлар ва уларнинг натижалари мавжуд. Бу маълумотлар Ўзбекистон РФА академиги М.Н. Набиев ва унинг муносиб шогирдлари – академик Б.М. Беглов, Ш.С. Намазов, профессорлар А.У. Эркаев, Х.Ч. Мирзакулов, С.Таджиев, А.М. Рейимов, А. Сейтназаров ва бошқалар томонидан олиб борилган илмий тадқиқотлар натижаларидир.

Уларнинг илмий ишларида Ўзбекистон ва чет эллардаги азотфосфоркальцийли ўғитлар (АФКЎ) ишлаб чиқариш қувватлари (заводлари)да турли фосфоритларни қайта ишлаш усуллари ва мавжуд технологиялари бўйича маълумотлар йиғилиб ҳар томонлама таҳлил этилган.

Россиялик олимлар М.Е. Позин, Н.Н. Трейшенко, Б.А. Копилев, Г.В. Бельченко, В.А. Ткачёв, М.Х. Кишиневский, А.В. Панфилов, А.К. Чернишев ва бошқаларнинг ишларида азот оксидларининг алоҳида ва фосфорит минераллари, натрий ацетати, силикагеллар, ишқорли торф, сорбентлар иштирокида сувга ютилиши борасидаги дастлабки илмий натижалар келтирилган.

Аммо ушбу ишларда фосфоритлардаги карбонатлар кальций гидро- ва дигидрофосфатларнинг чиқинди нитроза газлари билан ўзаро таъсирлашув жиҳатлари ва механизмлари, компонент концентрациялари ва муҳит рН-ининг кенг интервали орасида тизимли ўрганиб чиқилмаган. Шунингдек, ўзида бир вақтда  $N_xO_y$ ,  $CaCO_3$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$  ва сувни саклаган системаларни ўрганиш бўйича маълумотлар кам бўлиб, улар паст навли фосфоритларни чиқинди нитроза газлари билан қайта ишлаш усуллари ишлаб чиқишни физик-кимёвий асослашга етарли эмас.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институтининг илмий тадқиқот режасининг 2012-2014 йиллардаги Давлат илмий-техникавий дастури (ГНТП-6) га кирувчи №А13-026 «Чиқинди нитроза газларидан минерал хомашё ва ишлаб чиқариш чиқиндиларни қайта ишлаш билан кўп функционал мақсадда ишлатиладиган ноорганик моддалар олишда фойдаланиш технологияларини ишлаб чиқиш» мавзудаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** чиқинди нитроза газлари (ЧНГ)дан ва паст навли фосфорит (ПНФ)лардан азотфосфоркальцийли концентрат (АФКК) олишни экологик самарали усулини ишлаб чиқишдан иборат.

### **Тадқиқотнинг вазифалари:**

ЧНГдан ПНФларни қайта ишлашда фойдаланиш муаммосини ўрганишга бағишланган илмий ишлар мониторингини ўтказиш;

Қизилқум фосфоритлари асосини ташкил этувчи компонентлар – кальций карбонати ва фосфатини сувли муҳитда ЧНГ билан ўзаро таъсирлашувининг физик-кимёвий жihatларини назарий ва экспериментал ўрганиш;

турли ПНФ ларнинг сувли суспензияларига ЧНГларини ютилиш жараёнига таъсир этувчи турли омиллар таъсирини ўрганиш;

ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлашда дастлабки компонентлар, ҳосил бўладиган маҳсулотларнинг кимёвий ва фазавий таркибларини, бўтқа (пульпа)нинг реологик хоссаларини кимёвий ва замонавий физик-кимёвий тадқиқот усуллари билан ўрганиш;

реал ишлаб чиқариш шароитларида ПНФлар суспензиясини ЧНГ билан таъсирлашувига турли омиллар таъсири ва жараёни амалга оширишнинг амалий имкониятларини ўрганиш;

микрозонд таҳлил усули билан ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлаш маҳсулотлари содир бўладиган таркибий ўзгаришларини ўрганиш;

ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлаш жараёнининг оптимал технологик параметрларини аниқлаш, принципа (асосий) технологик схемасини ва маҳсулотлар олишнинг моддий балансини тузиш;

олинган маҳсулотларнинг агрокимёвий фаоллигини аниқлаш;

ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлаш усулининг экологик ва иқтисодий самарадорлигини баҳолаш.

**Тадқиқотнинг объекти** Марказий Қизилқум (МК)нинг паст навли фосфоритлари (ПНФ), «Навоиазот» АЖ нитрат кислота ишлаб чиқаришдаги чиқинди нитроза газлари (ЧНГ), азотфосфоркальцийли концентрат (АФКК).

**Тадқиқотнинг предмети** ПНФ маъданларини ЧНГ билан қайта ишлаш усулини ишлаб чиқишнинг физик-кимёвий асослари.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Термодинамик, графо-аналитик, рентгенфазавий таҳлил, ИК-спектроскопия, сканирловчи электрон-микроскопия (СЭМ), хроматографик, кимёвий, микрозонд ва агрокимёвий тадқиқот усуллари.

**Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

биринчи марта паст навли МК фосфоритларини чиқинди нитроза газлари билан қайта ишлаб, хусусиятлари яхшиланган азофосфоркальцийли концентрат олишнинг экологик самарадор усули яратилган;

паст навли фосфоритларида таркибида кимёвий табиати билан фаркланувчи, муҳит рН ўзгаришига сезгир, уларни қайта ишлашнинг мавжуд ва янги яратиладиган усуллари асослаб берувчи икки хил таркибий қисмлар аниқланган;

сувли муҳитда паст навли фосфоритларни ва нитроза газларини узаро эрувчанлиги ва таъсирлашув механизмлари бўйича янги илмий маълумотлар олиниб, технологик жараёнининг оптимал шароитлари аниқланган;

ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлаш жараёни ва ундан кейинги сақлаш (етилиш) даврида фосфорит таркибидаги эндокальцит тўлиқ парчаланиб, фосфатли хомашёнинг аппатит кўринишлари қолиши аниқланган;

ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлаш махсулотларининг пахта чигити (уруги)нинг униб чиқиши уларни азотфосфоркальцийли ўғит холида ишлатилиши аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

термодинамик, графоаналитик усуллар билан ўрганиш натижалари асосида « $N_xO_y-H_2O$ » система компонентлари ўзаро таъсир махсулотларининг ион алмашилиб парчалаш хоссасини намоён қилиши ва ундан фосфоритлар ва техноген чиқиндилар таркибига кирувчи кам эрувчан моддаларни қайта ишлашда фойдаланиш имконини беради;

паст навли фосфоритлар ва чиқинди нитроза газлардан АФКК олиш усулни қўллаш орқали Қизилкум фосфорит комбинатида йиғилиб қолаётган паст навли фосфоритларни қайта ишлашга ишлатишни имконини беради;

олинган махсулотнинг агрокимёвий хусусиятлари ўрганилиб, ундан азотфосфоркальцийли ўғитлар сифатида фойдаланиш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Кимёвий ва физик-кимёвий таҳлилларнинг натижалари тажриба синов текширувлари билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундай иборатки, паст навли фосфоритларини чиқинди нитроза газлари билан қайта ишлаш ва унинг асосида АФКК ва АФКЎ олишининг назарий асосларини яратишга илмий асос солинди.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ПНФларни нитрат кислота ишлаб чиқаришдан ЧНГ билан қайта ишлаш усули ва унинг асосида АФКК, АФУ, кальций нитрит-нитрати олиш усуллари ишлаб чиқилди. Олинган натижалар ишлаб чиқилган усулнинг технологик схемаси, моддий баланси, технологик регламенти ва экологик самарадорлигининг асосини ташкил этган.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Паст навли Марказий Қизилкум фосфоритларини чиқинди нитроза газлари билан қайта ишлаш усулини ишлаб чиқиш асосида:

паст навли МК фосфоритларини чиқинди нитроза газлари билан қайта ишлаш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан ихтирога патенти олинган (патентга № IAP 04343). Натижада шу усул асосида азотфосфоркальцийли концентрат ва кальций нитрит-нитрати олиш имконини берган;

паст навли МК фосфоритларини ЧНГ билан қайта ишлаш усули «Навоiazот» АЖда амалиётда жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинати давлат корхонасининг 2018 йил 30 январдаги 02-06-01/1290 - сон маълумотномаси). Натижада олинган махсулотда  $CaO/P_2O_5$  ни 2,67 дан 1,45 гача камайитириш имконини берган;

паст навли МК фосфоритларини ЧНГ билан қайта ишлаш усули «Навоiazот» АЖда амалиётда жорий этилган («Навоiazот» АЖнинг 2018 йил 12 февралдаги 03/1568 - сон маълумотномаси). Натижада нитрат кислотаси

ишлаб чиқаришда махсулот таннари камайиши ва атроф муҳитга чиқарилаётган захарли чиқинди нитроза газларининг миқдори камайишига имконият яратган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 8 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларнинг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 25 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссияси томонидан чоп этишга тавсия этилган журналларда 10 та мақола, жумладан 7 таси республика ва 3 таси хорижда нашр этилган ва 1 та ЎЗР Давлат патент олинган.

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

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ

**Кириш** қисмида ишнинг долзарблиги асосланиб, олиб борилган тадқиқотларнинг зарурийлиги, мақсад ва вазифаси, тадқиқотларнинг Ўзбекистон Республикаси фани ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги олинган натижаларнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти тажриба-саноат синовлари, чоп этилган ишлар ва диссертация тузилмаси тўғрисидаги маълумотлар баён этилган.

**Биринчи бобда** муаммонинг ўрганилганик ҳолатига доир илмий – техникавий нашрдаги маълумотлар таҳлили келтирилган. Фосфоритларни қайта ишлаш назарияси ва мавжуд ноанавий ва ресурстежамкор технологиялар, нитроза газларининг суюқлик ва қаттиқ моддалар билан ўзаро таъсири, ишқорлар эритмаларига абсорбцияси ва қаттиқ адсорбентларга ютилишининг ўзига хос жиҳатлари, нитроза газларидан тўрли мақсадларда фойдаланиш, шу жумладан кондицион фосфоритларни қайта ишлашда қўлланилиши тўғрисида маълумотлар ўрганилиб, таҳлил этилган, улар асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

**Иккинчи бобда** тадқиқот объектларининг тавсифлари, экспериментлар ўтказиш усуллари, дастлабки моддалар оралик ва охириги махсулотлар таркиби, тузилиши ва геотехнологик характеристикаларини ўрганиш ва тадқиқ этишда қўлланилган кимёвий ва физик-кимёвий тадқиқот усуллари баён этилган. Паст сифатли фосфоритларни илк маротаба сканирловчи электрон микроскопия (РЭМ, SEM) усули билан ўрганиш натижалари келтирилган.

Минераллашган фосфоритларнинг (12-14%  $P_2O_5$ ) икки намунасининг РЭМ спектрлари асосида таркиб-тузилиш таҳлиллари натижаларига кўра Марказий Қизилқум паст сифатли фосфоритлари таркибида кимёвий табиати жиҳатдан ўзаро фарқланувчи, муҳитнинг рН қиймати ўзгаришига сезгир, уларни қайта ишлашнинг мавжуд технологик усуллари белгилаб берувчи икки хил таркибий қисмлар борлиги аниқланган.

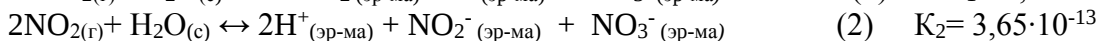
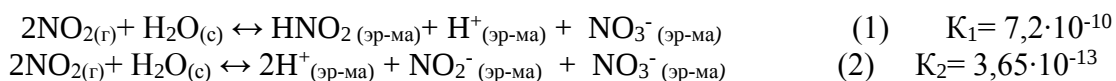
Биринчиси – водород ион ( $H^+$ )лари таъсирига сезгир бўлган фосфат-карбонатли таркибий қисмлар бўлиб, уларга фосфорли ўғитлар ишлаб чиқараётган амалдаги кимёвий заводлардаги фосфоритларни ананавий кислотали қайта ишлаш усуллари асосланган.

Иккинчиси - силикат-алюминатли ва фосфат-вольфрамат (янги) таркибий қисмлар бўлиб, улар тузилишининг мураккаблиги ва қаттиқлиги билан ажралиб туради. Улар умумий таркиби  $Me_3[PW_{12}O_{40}]_2 \cdot xH_2O$  ( $Me=Ca^{+2}, Mg^{+2}; x = 5 \div 10$ ) бўлган жуда мустахкам полиэдрик кристаллар ҳосил қилади. Шу сабабли бу таркибий қисмлар юқори температура ва  $H^+$ - ионлари таъсирига 120-150% ортиқча кислота реагенти сарфи таъсирига ҳам жуда чидамлидир. Бизнинг фикримизча шу боисдан фосфоритларни кислотали қайта ишлашда ҳар доим ҳам асосий компонент ( $P_2O_5$ )ни тўлиқ чиқариб олиб бўлмайди. Юқоридагилардан келиб чиқиб, карбонатларни тўлиқ чиқариб юбориш ва фосфотларни фаоллашган ҳолатга ўтказиш мақсадида паст сифатли фосфоритларни қайта ишлаш жараёнида ҳосил бўлувчи, алмашилиб парчаловчи реагент –  $H^+$  ионлари таъсиридан фойдаланишга асосландик. Бу мақсадда эритмада реакция муҳитда  $H^+$  - ионлари ҳосил қилувчи модда сифатида «Навои азот» АЖ №5 цехидаги, азот оксидининг ҳажмий улуши  $0,7 \div 1,0\%$ , ҳарорати  $30 \div 40^\circ C$  бўлган чиқинди нитроза газларидан фойдаланилди.

**3-боб. Фосфоритларни қайта ишлашнинг физик-кимёвий асосларини ишлаб чиқиш.** ПСФ ларни НГ билан қайта ишлаш усуллари ишлаб чиқишнинг мақсад ва вазифаларидан келиб чиққан ҳолда қуйидаги кетма-кетликда назарий ва экспериментал тадқиқотлар олиб борилди. Диссертация ишининг кейинги бобларида қўлланилган услублар, олинган натижалар, уларнинг муҳокамаси, улар асосида қилинган хулосалар баён этилган.

Термодинамик ва графо-аналитик усуллар билан " $NO_2-H_2O$ " ( $T=298K$ ,  $P=101,325KPa$ ) системасида компонентлар таъсирлашув механизми, реакция маҳсулотларининг таркиби ва уларнинг мавжуд бўлиш соҳалари рН-қийматлари ўрганилди ва аниқланди.

Сувга  $NO_2$  газни ютилганда термодинамик жиҳатдан эҳтимоллиги юқори бўлган қуйидаги реакциялар содир бўлиши аниқланган:

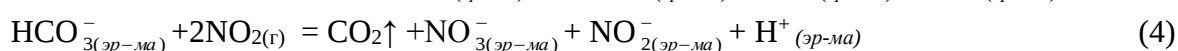


(1) ва (2) тенгламалар " $NO_2-H_2O$ " системасида иккала реакциянинг маҳсулотлари сифатида  $HNO_2$ ,  $H^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  лар ҳосил бўлиши ва мувозанати чапга сезиларли даражада силжиган қайтар жараёнлар эканлигидан далолат беради.

Тадқиқот натижаларига кўра ушбу системада ютилаётган  $NO_2$  нинг миқдорига боғлиқ ҳолда водород ионлари миқдори (рН) нинг ўзгариши ҳосил бўлаётган эритма кислоталик хусусиятини белгилаб, эритма етарлича кислоталик (рН=1) ва оксидловчилик хоссасига эга бўлиши, у қийин эрувчан, лекин кислота таъсирида парчаланувчан минерал ва маъданларни қайта ишлашда қўлланилиши мумкинлиги аниқланди.

**NO<sub>2</sub> нинг сувда қийин эрувчан моддалар билан таъсирлашувини ўрганиш.** Юқоридаги хулосаларнинг амалда тўғрилигини текшириш мақсадида қийин эрувчан, лекин кислота таъсирида парчаланадиган моддалар - CaCO<sub>3</sub> ва Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>нинг "NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O" системасида эриш жараёнлари ва уларнинг ўзига хос жиҳатларини ўрганиш бўйича назарий ва экспериментал тадқиқотлар ўтказилди.

CaCO<sub>3</sub> нинг NO<sub>2</sub> таъсирида сувда эриш эҳтимоллиги «CaCO<sub>3</sub>-NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O» системасидаги компонентларнинг кимёвий табиатига кўра, улар ўртасида бориши мумкин бўлган қуйидаги реакциялар бўйича термодинамик таҳлил этилди:



### 1 жадвал

#### «CaCO<sub>3</sub>-NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O» системасида бориш эҳтимоликлари аниқланган реакцияларнинг термодинамик омиллари қийимати

| Реакция | ΔH <sub>х.р.</sub> ,<br>кДж/моль | ΔS <sub>х.р.</sub> ,<br>Дж/моль·град | ΔG <sub>х.р.</sub> ,<br>кДж/моль | K <sub>мув</sub>     |
|---------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 3       | -150,8                           | -384,5                               | -36,0                            | 4,4·10 <sup>-4</sup> |
| 4       | -95,96                           | -63,2                                | -77,26                           | 5,1·10 <sup>-3</sup> |
| 5       | -84,06                           | -90,8                                | -56,01                           | 4,6·10 <sup>-3</sup> |

Ҳисобланган термодинамик омиллар таҳлили, жараёнининг бориши энергетик (ΔH) ва энтропия (тузилиш) (ΔS) эффект ўзгаришлари билан содир бўлишини кўрсатди. Сўнгги омилнинг таъсири жараён бошланишида яъни ютилаётган NO<sub>2</sub> миқдори ва унинг ютилиши маҳсулотларини система компонентлари фазалараро чегарасида қаттиқ фаза сиртига диффузиясида кучлироқ намоён бўлади.

Кейинги (4) ва (5) реакциялар эриш жараёнини қайтмаслигини (ΔG<sub>кр</sub><0) таямлаб, жараён боришининг кинетик соҳасини ташкил этади. Компонентлар таъсирлашувида юзага келадиган энергетик етишмовчилик бу босқичдаги энтропия ўзгариши билан қопланади. Бу кўп миқдорда NO<sub>2</sub> ни суюқ фазага ютилиши ва NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sup>+</sup> ионларининг ҳосил бўлиши туфайли CO<sub>2</sub> нинг чиқиб кетиши билан бир томондан изоҳланади. Иккинчи томондан (5) реакциянинг маҳсулотларининг H<sup>+</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ↔ HNO<sub>2</sub> бўйича диссоциатив – ассоциатив жараёни содир бўлиши билан изоҳланади. Бундан кўринадики, жараён боришининг кинетик соҳадаги миқёси нафакат ютиладиган NO<sub>2</sub> миқдори, H<sup>+</sup> ва NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ионларининг ассоцияланганлиги, ҳамда муҳит кислоталиги ортиши туфайли системадан CO<sub>2</sub> нинг ажралиб чиқишга ҳам боғлиқдир.

Барча олинган маълумотларга кўра жараён бошланишида нитроза газлари сувга ютилиб NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, HNO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ва H<sup>+</sup>ларга айланади. Ҳосил бўлаётган H<sup>+</sup> ионлари эритмада қаттиқ ҳолдаги CaCO<sub>3</sub> билан ион алмашилиш реакциясига киришиб Ca<sup>+2</sup> ва HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ларни ҳосил қилади (жадвал 2).

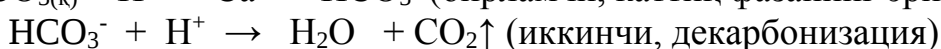
**«CaCO<sub>3</sub>-N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>-H<sub>2</sub>O» системаси кимёвий таркибининг ўзгариши**

| № | Суспензия<br>рН- и | Вакт,<br>мин | Газ сарфи, л. | Суюқ фазанинг таркиби, % |                               |                                                            | Қолдик<br>каттик фаза, % |
|---|--------------------|--------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|
|   |                    |              |               | CaO                      | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |                          |
| 1 | 6,2                | 5            | 1,38          | 2,43                     | 3,45                          | 8,69                                                       | 79,5                     |
| 2 | 4,0                | 15           | 8,72          | 6,24                     | 6,8                           | 9,93                                                       | 37,4                     |
| 3 | 2,0                | 30           | 13,4          | 7,10                     | 7,81                          | 44,02                                                      | 11,2                     |
| 4 | 1,50               | 50           | 16,9          | 7,57                     | 0                             | 51,89                                                      | -                        |

Тажриба натижаларига асосан рНнинг 6,2 дан 4,2 гача қийматлари оралиғи кинетик жиҳатдан жараён бориши тезлигини белгилаб беради. Муҳит(рН)нинг бу қийматлари оралиғида қаттик фаза (CaCO<sub>3</sub>)нинг кўпчилик қисми HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> га айланиб, кейинчалик эритмада унинг миқдори рН=2,0 да максимумга (7.81%) етиб, қолдик каттик фаза миқдори 11,2% ни ташкил этади.

рН нинг бу интервалида 68,3% қаттик фаза эритмага ўтади. Жараённинг бу босқичи секин боради. Бу кальций карбонатнинг тузилиши ва суюқ фазанинг Ca<sup>+2</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ионлари билан тўйинганлиги билан боғлиқ бўлиб, эритмада Н<sup>+</sup> - ионлари концентрацияси ортиши, яъни ютилаётган N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>нинг миқдори ошиши билан тезлашади.

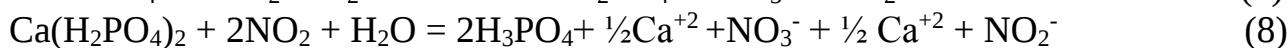
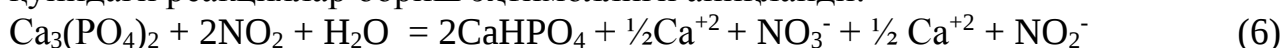
Бунинг сабабини батафсил ўрганиш бу босқичда Н<sup>+</sup> - ионлари эритмада ўзаро кетма-кет боровчи икки реакцияда иштирок этишини аниқлаш имконини берди:

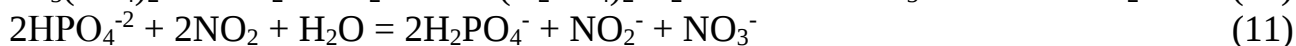
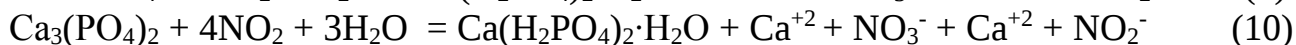


Маълум миқдорда эритмага ўтган HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ионлари, кучсиз, беқарор карбонат кислотанинг аниони сифатида рН≤4 да ҳосил бўлаётган Н<sup>+</sup> - ионларини ўзига бириктириб, бу ионларни кўшимча ютиб олиш эффекттини намоён қилади. Бу калций карбонатнинг декарбонизацияланиш жараёни, яъни СО<sub>2</sub> газининг чиқишини бошлаб беради. рН ≤2 да бу иккала реакция янада юқори тезликда яъни қаттик фаза тўлиқ эриб кетгунча ва таркибида фазанинг Ca<sup>+2</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ионларини сақлаган тиниқ эритма ҳосил бўлгунча давом этади.

**Са<sub>3</sub>(РО<sub>4</sub>)<sub>2</sub> нинг нитроза газлари билан сувли муҳитда таъсирлашувини ўрганиш.** Маълумки ПНФнинг керакли таркибий қисми Са<sub>3</sub>(РО<sub>4</sub>)<sub>2</sub>нинг турли кўринишлари бўлиб, улар қайта ишлаш жараёнида турли гидратланган ҳолатларни ва Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>ни ҳосил қилади. Уларнинг бу хусусияти кимё ва технология нуқтаи назаридан фосфорли хомашёларни қайта ишлаб минерал ўғитлар олиш бўйича тадқиқотларнинг асосини ташкил этади. Шу сабабли сувли муҳитда Са<sub>3</sub>(РО<sub>4</sub>)<sub>2</sub>ни нитроза газлар билан ўзаро таъсирлашув механизми ўрганиб чиқилди.

«Са<sub>3</sub>(РО<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O» системасида содир бўладиган реакцияларнинг мураккаб ва кўп сонли эканлигини эътиборга олиб, уларнинг қайсылари амалга ошиш эҳтимоллиги ΔG<sub>кр</sub> қийматига кўра термодинамик таҳлил этилиб, қуйидаги реакциялар бориш эҳтимоллиги аниқланди:





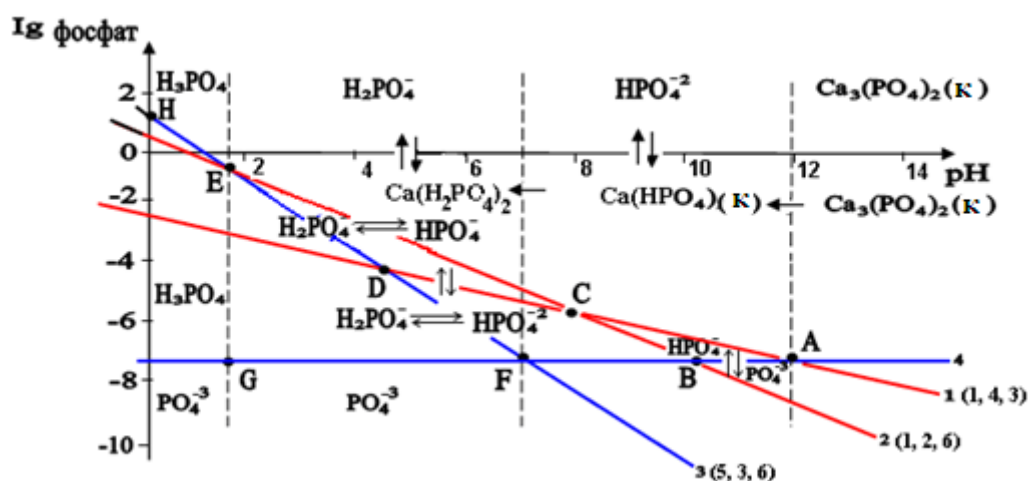
Реакцияларнинг изобар-изотермик потенциаллари ўзгариши  $\Delta H_{x,p}$ ,  $\Delta S_{x,p}$ ,  $\Delta G_{x,p}$  Гиббс тенгламасига асосан  $T = 298-318 \text{ K}$  ва  $P = 101,325 \text{ Kпа}$  шароитда мувозанат доимийси қийматлари  $K_{\text{мув}} = \exp\{-\Delta G/RT\}$  тенглама асосида ҳисобланган.

**Жадвал 3**

**« $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » системасида бориш эҳтимоликлари аниқланган реакцияларнинг термодинамик омил қиймати**

| Реакцион тенглама рақами | $\Delta H_{x,p}$<br>кДж/моль | $\Delta S_{x,p}$<br>Дж/моль·град | $\Delta G_{x,p}$<br>кДж/моль | $K_{\text{мув}}$     |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------|
| 6                        | -152,7                       | -399,5                           | -33,0                        | $2,6 \cdot 10^{-4}$  |
| 7                        | -153,4                       | -321,6                           | -57,74                       | $3,3 \cdot 10^{-4}$  |
| 8                        | -33,26                       | +118,6                           | -68,6                        | $3,5 \cdot 10^{-4}$  |
| 9                        | -376,0                       | -10,11                           | -373,04                      | $2,71 \cdot 10^{-2}$ |
| 10                       | -276,81                      | -719,98                          | -66,85                       | $5,68 \cdot 10^{-4}$ |
| 11                       | -103,34                      | -27                              | -95,29                       | $4,47 \cdot 10^{-4}$ |

Ушбу системадаги компонентлар таъсирлашуви ўзига хос жиҳатларининг назарий тадқиқоти бориши мумкин бўлган реакцияларнинг кўплигини ҳисобга олиб ютилаётган  $\text{NO}_2$  миқдори ва ҳосил бўладиган  $\text{H}^+$  - миқдориға боғлиқлиги асосида графо-аналитик усулда амалга оширилди. Бунинг учун  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  нинг эришининг рН-ға боғлиқ графиги ҳар бир босқичнинг мувозанат хусусияти ва термодинамик катталиклари ўзгариши эътиборга олиниб тузилди (1-расм).



1.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  нинг 6-реакция бўйича; 2.  $\text{CaHPO}_4$  нинг 7-реакция бўйича; 3.  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  нинг 8-реакция бўйича; 4.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  нинг сувда ( $\text{N}_x\text{O}_y$  иштирокис) эриш чизиклари.

**1-Расм.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  нинг сувда нитроза гази таъсирида эриш графиги**

« $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » системасини назарий таҳлил хулосалари тажриба натижалари билан тасдиқланиб,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  нинг эриши аввалида ( $\text{pH} = 10-6,4$ ) тез, сўнгра 2 та секин боровчи босқичларда ( $\text{pH} = 6,2$  ва  $4,0-3,8$ ) бориб,  $\text{pH} = 1,8$  да тўлиқ эриши аниқланди.

Ушбу системада дастлабки моддалар, оралиқ ва якуний махсулотлар таркибиларини НГ миқдори ва муҳитнинг рНига боғлиқ ҳолда ўзгаришини ўрганиш ҳосил бўлаётган  $\text{H}^+$ -ионларини  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  га босқичли ютилиши туфайли  $\text{pH}=10-6,2$  оралиғида  $\text{CaHPO}_4$ ;  $\text{pH} = 6,2-4,0$  да  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$  ҳосил бўлиб, эритмага турли миқдорда  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  ионлари ўтишини кўрсатди.  $\text{pH}$  4 дан 1,8 гача камайиши  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  миқдорини оширади. Аммо  $\text{pH}=4,0-2,8$  оралиғида эритмада  $\text{HPO}_4^{-2}$  ва  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$  ионлари миқдорий нисбатлари ўзгарувчанлиги сабабли барқарор буфер система юзага келади.

Шу сабабли бу босқичда жараён секинлашади ва уни тезлатиш учун кўп миқдорда НГ сарфланади.  $\text{pH}=1,8$  ва ундан пастда каммиқдорда  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ҳосил бўлади.

« $\text{CaCO}_3\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » ва « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » системаларни урганиш натижалари улардаги компонентларнинг узаро таъсирлашуви мувозанати сезиларли даражада ўнгга силжиган қайтар жараён эканлигини кўрсатди. Бу системаларда қаттиқ, суюқ ва газ фазалари ўртасида муҳитнинг рН қиймати камайиши, яъни ютилаётган НГ миқдори ортиши билан кучайиб борадиган ион алмашилиш реакцияси бориши билан изоҳланади. Реакцияларнинг махсулотлари сифатида  $\text{CO}_2$ , кальций гидро-, дигидрофосфат ва нитрит-нитратлари ҳосил бўлади.

Бу маълумотлар кислота таъсирида парчаланадиган қийин эрувчан моддаларни қайта ишлашда НГдан фойдаланиш мумкинлигини тасдиқлайди.

**4-боб. Паст навли Марказий Қизилқум фосфоритларини нитроза газлари билан қайта ишлаш жараёнлари тадқиқоти.** Диссертация ишининг кейинги қисмларида юқоридаги тадқиқотлар натижаларига асосланиб нокондицион фосфат хомашёларини қайта ишлашда НГдан амалда фойдаланиш мумкинлиги ва унда содир бўладиган ўзаро таъсирлашув жиҳатлари, ҳосил бўлувчи махсулотлар таркиби ва хоссалари ўрганилган.

ПНФ ларидан (10-18%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) фосфорит уни, минераллашган масса ва чиқинди шлам турларини «фосфорит- $\text{N}_x\text{O}_y\text{-H}_2\text{O}$ » системасида лаборатория тажрибалари асосида ўрганиб, фосфоритларнинг сувли суспензияларидан НГ таъсирида карбонатларнинг декарбонизацияниши, фосфатларнинг гидро-, дигидрофосфатларга айланиши аниқланди. Тажриба якунида қаттиқ ҳолдаги фосфорит (рядовой фосфорит)даги карбонатлар 19,03% дан 1,6% гача камайиб, эритмада карбонат ва гидрокарбонатлар мавжуд эмаслиги аниқланди, фосфоритнинг декарбонизацияланиш даражаси 91,33% ни ташкил этиши аниқланди.

Асосий таркибий қисм -  $\text{P}_2\text{O}_5$  нинг миқдори қаттиқ фазада 15,66 дан 22,8% га етиб, 1,5-2% суюқ фазага ўтади. Бу натижалар сувли муҳитда ПНФ НГ таъсирида кимёвий ўзгаришга учраб,  $\text{P}_2\text{O}_5$  бўйича бойийди ва қийин эрувчан фосфатлар эрувчан шаклларга ўтишини исботлади. Ютилган НГ эритмада  $\text{NO}_2^-$  ва  $\text{NO}_3^-$  ларни ҳосил қилади, уларнинг қаттиқ фазага адсорбцияси туфайли қаттиқ махсулотда  $\text{N}_{\text{умум}}$  2,92% ни ташкил этади.

Шунга кўра  $\text{pH}$  9,2 дан 2 гача камайганда охириги олинган пулпанинг қаттиқ фазасида  $\text{Ca}^{+2}$  ва  $\text{Mg}^{+2}$  миқдорининг камайиши 65,66 ва 90,65%ни ташкил этади (4 - жадвал).

**ПНФларни НГ билан қайта ишлашда ҳосил бўладиган  
пулпанинг кимёвий таркиби**

| № | Суспен-зия рН-и | Вакт, мин | Газ сарфи, литр | Қаттиқ фазанинг кимёвий таркиби, % |                                       |                                        |                     |              |      |                 |                                      |
|---|-----------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------|------|-----------------|--------------------------------------|
|   |                 |           |                 | N<br>умум                          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>умум | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>узлаш | CaO <sub>умум</sub> | CaO<br>узлаш | MgO  | CO <sub>2</sub> | CaO<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| 1 | 9,8             | -         | -               | -                                  | 15,3                                  | 7,8                                    | 41,17               | 30,87        | 5,59 | 19,0            | 2,67                                 |
| 2 | 8,2             | 5         | 2,65            | 0,89                               | 15,8                                  | 8,0                                    | 41,09               | 30,96        | 4,68 | 18,5            | 2,60                                 |
| 3 | 6,2             | 10        | 5,3             | 0,99                               | 16,2                                  | 8,95                                   | 41,01               | 31,47        | 3,75 | 13,5            | 2,51                                 |
| 4 | 5,5             | 15        | 7,95            | 1,51                               | 16,5                                  | 9,57                                   | 39,76               | 31,13        | 1,60 | 11,3            | 2,40                                 |
| 5 | 4,2             | 25        | 13,2            | 2,06                               | 18,1                                  | 10,8                                   | 37,3                | 29,89        | 1,58 | 10,3            | 2,05                                 |
| 6 | 3,5             | 90        | 47,7            | 2,17                               | 18,2                                  | 11,2                                   | 35,8                | 29,2         | 1,24 | 2,92            | 1,96                                 |
| 7 | 2,2             | 135       | 71,5            | 2,45                               | 18,2                                  | 11,8                                   | 33,66               | 28,9         | 1,05 | 2,05            | 1,84                                 |
| 8 | 1,5             | 165       | 87,4            | 2,8                                | 21,5                                  | 13,9                                   | 32,8                | 28,2         | 0,99 | 1,24            | 1,52                                 |
| 9 | 0,5             | 180       | 95,4            | 2,92                               | 22,0                                  | 14,5                                   | 32,05               | 28,0         | 0    | 1,09            | 1,45                                 |

Тадқиқ этилган системаларни ўрганиш бўйича олинган натижалар фосфоритларни ташкил этган қийин эрувчан таркибий қисмлар НГ таъсирида эрувчан ҳолатга ўтиб, қаттиқ фазаси юқори дисперсликка эга бўлган пулпалар ҳосил қилишини кўрсатади.

**ПНФ ларни НГ билан қайта ишлашда ҳосил бўлган пулпанинг реологик хоссалари тадқиқи.** Технологик жиҳозларда дисперс тизимлар иштирокида амалга оширилган масса алмашинуви жараёнларида жуда муҳим бўлаган физик-кимёвий катталиклари - пулпаларнинг реологик хоссалари ўрганилди.

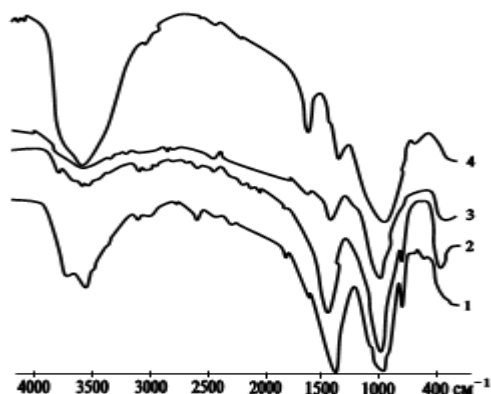
Бу мақсадда пулпадаги Қ:С= 1,2÷1,5 нисбатлари ва температурага 20-80<sup>0</sup>С боғлиқ ҳолда уларнинг зичлиги, қовушқоқлиги ва уларнинг ўзгаришлари ўрганилди.

Пулпанинг зичлиги ўрганилган Қ:С нисбатларида температура ортиши билан камайиб боради. Шу сингари қовушқоқликнинг барча Қ:С нисбатларида температура ортиши билан фосфорит турига боғлиқ ҳолда камайиб бориши кузатилди.

Умуман, бу бўлимда олиб борилган тадқиқотлар натижалари ПНФларни НГ билан қайта ишлаб олинган пулпаларнинг реологик хоссалари технологик талабларига жавоб беради, улар оқувчан ва бир ускунадан бошқа ускунага қийинчиликларсиз ўтказиш имконини беради.

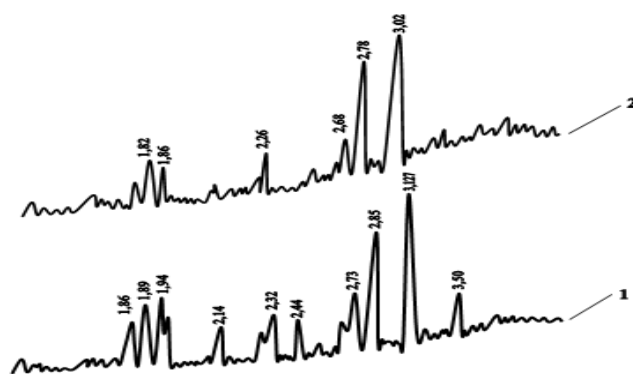
**ПНФларни НГ билан қайта ишлашдаги дастлабки моддалар ва маҳсулотларнинг кимёвий ва фазавий таркибларини физик-кимёвий тадқиқот усуллари билан ўрганиш.** Тажриба усул билан олинган таркиб-тузилиш ўзгаришларни тасдиқлаш мақсадида дастлабки компонентлар ва қайта ишлаш маҳсулотларининг ИК-спектрлари, рентгенограмма ва хроматограммалари ўрганилди. ИК – спектрлардаги  $\nu(\text{CO}_3^{2-})$ ,  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$ ,  $\nu(\text{NO}_3^-)$ ,  $\nu(\text{HO})$  ютилиш соҳалари частоталари қийматларини солиштириш асосида ПНФлар НГ билан қайта ишлаганда кимёвий ўзгаришга учраши аниқланди.

Муҳитнинг рНига боғлиқ ҳолда дастлабки компонентлар ИК-спектрларидан қайта ишлаш маҳсулотлари спектрларига ўтганда  $\nu(\text{HO})$ га тегишли  $3300\text{--}3600\text{см}^{-1}$  даги ютилиш соҳаси (полоса)си интенсивлиги ортиб, унинг кенгайиши кузатилади. Шу билан бирга (расм 2.) 4 спектрда  $1600\text{--}1630\text{см}^{-1}$  оралиғида  $\delta(\text{НОР})$  деформацион тебраниш соҳаси ва  $1100\text{--}1250\text{см}^{-1}$  даги  $\nu(\text{P=O})$  ва  $\nu(\text{P-O})$  тебраниш соҳаси кенгайиши аниқланди.



- 1- дастлабки фосфорит;  
2 – рН = 4,5да; 3 – рН = 3,4да;  
4 – рН = 2,0да қайта ишланган фосфорит

**2-Расм. Дастлабки ва қайта ишланган фосфоритнинг ИК спектрлари**



- 1 – дастлабки фосфорит уни;  
2 – қайта ишланган фосфорит уни

**3-Расм. Дастлабки ва қайта ишланган фосфорит унининг рентгенограммалари**

Бу фосфат гуруҳлари гидратланиб, гидро- ва дигидрофосфат ҳолида эканлигидан далолат беради. рН-қийматининг пасайиши муҳит кислоталигининг ортиши билан  $\nu(\text{CO}_3^{2-})$  га тегишли бўлган  $1450\text{--}1530\text{см}^{-1}$  даги соҳа интенсивлигининг пасайиб бориши фосфоритларни НГ билан қайта ишлашда карбонатлар миқдори камайиши (декарбонизация)ни исботлайди.  $\nu(\text{NO}_3^-)$ ,  $\nu(\text{NO}_2^-)$  ларга тегишли  $1100\text{--}1300\text{см}^{-1}$ да намоён бўладиган соҳалар фосфат гуруҳлари валент тебранишлари соҳалари билан қопланиб қолган. Бу хулосаларнинг барчаси рентгенофазавий таҳлил маълумотлари билан тасдиқланган. (3-расм.)

ПСФ ни НГ билан ишлашдаги дастлабки моддалар ва якуний маҳсулотларининг таркибий ўзгаришларини аниқ ва батафсил ўрганиш мақсадида Х.М.Абдуллаев номидаги ЎзРФА Геология ва геофизика институтидаги JeolJXA – 8800R ва ЭДС LinkISIS микроанализаторида микрозонд таҳлил ўтказилди. Тадқиқот натижаларига асосан қайта ишлаш жараёнидаги компонентларнинг ўзаро таъсирлашуви қайта ишлаш тухтагандан кейин ҳам 10-15 кун давом этиб, бунда фосфоритнинг эндокалцит таркиб қисми тўлиқ парчаланиб, фосфатли қисм фақат апатит шаклида гидратланган (кальций гидро- ва дигидрофосфати) ҳолида бўлиши аниқланди.

**5- боб. ПНФларни НГ билан қайта ишлаш жараёнини ишлаб чиқариш модул қурулмасида тадқиқ этиш.** Лаборатория тадқиқотлари натижаларини ишлаб чиқариш шароитида текшириш ва ПНФни НГ билан қайта ишлашнинг амалий имкониятларини ишлаб чиқиш мақсадида ишлаб чиқариш модел

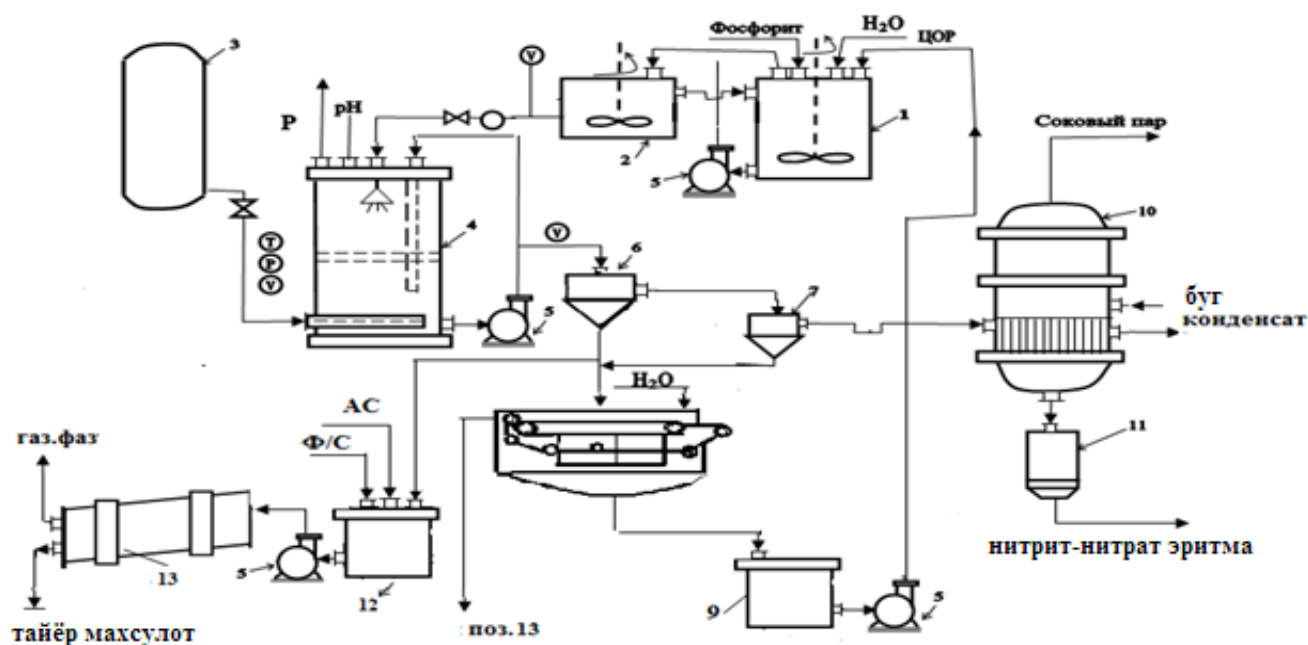
қурилмасида тадқиқотлар ўтказилди. Бунинг учун ишлаб чиқаришнинг модел қурилмаси яратилди.

ПНФларни қайта ишлашда НГдан фойдаланиб АФКК олиш жараёни қуйидаги асосий босқичлардан иборат бўлади:

1. Қ:С=1:2 бошланғич  $pH=10,0$  бўлган МК ПСФнинг сувли суспензиясини ҳосил қилиш;
2. МК ПНФ суспензиясини ЧНГ билан абсорберда  $pH=2$  бўлгунча барботаж қилиш;
3. Тиндириш ва қаттиқ фазани филтрлаб ажратиш. Қуриштириш ва донадорлаш;
4. Суюқ фазани буғлатиш.

Ишлаб чиқариш модел қурилмаси ҳажми 5л ( $0,005\text{м}^3$ ), ХТ18Н10Т маркали зангламайдиган пўлатдан ясалган цилиндрсимон реактор бўлиб, барбатёр, электромеханик аралаштиргич, тешиклари диаметри 2 мм ли элаксимон ликопча билан жиҳозланган. Реактор копкасида  $pH$ -метр электродлари ва термокомпенсаторни ўрнатиш учун “чунтак”, чиқинди газларни чиқариб юбориш жумраги ўрнатилган. Реакторга юбориладиган газнинг миқдорини ўлчаш учун максимал сарф қиймати 10л/мин бўлган газ ҳисоблагич ўрнатилган. Доимий мўтадил босимни таъминлаш ва ўлчаш учун манометр, реактордан чиқадиган газлардан намуна олиш учун махсус мослама ўрнатилган.

Модел қурилмасида ўтказилган тажриба синов натижалари асосида АФКК ишлаб чиқишнинг асосий технологик схемаси ишлаб чиқилди (4-расм).



1-суспензия тайёрлаш учун хомашё аралаштиргич; 2 – босимли идиш; 3-моногидрат абсорбери; 4 – реактор; 5 – марказдан кочма насос; 6 – қуюқлантиргич; 7 – тиндиригич; 8 – лентали филтр; 9 – эритмани йиғгич; 10 – буғлатиш аппарати; 11 – кальций нитрит- нитрати эритмасини йиғгич; 12 – аралаштиргич; 13 – барабансимон донадорлагич, қуригич.

**4-Расм. ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлашнинг асосий технологик схемаси**

Ушбу технологик схеманинг ишлаш тартиби куйидагича: фосфорит хомашёси аралаштиргичга (1) юкланиб, унга фосфорит: $\text{H}_2\text{O}$  =1:2 нисбатга кўра ҳисобланган миқдордаги сув қўшилади. Ҳосил бўлган суспензия босимли идиш (2) орқали реакторга (4) келади, унга моногидрат абсорбердан (3) чиқувчи ( $\text{NO}_2=0,63-0,90\%$ ,  $\rho_{\text{газ}} = 2,4 \text{ кг/с}\cdot\text{см}^2$ ,  $t^0 = 50-60^\circ\text{C}$ ) ЧНГ суспензия  $\text{pH} = 1.8\div 2$  га етгунча 180-270 минут давомида аралаштириб турилган ҳолда юбориб турилади. Ҳосил бўлган маҳсулотда фосфорит гидро- ва дигидрофосфатларга айланиб, калцийли модули  $\text{CaO/P}_2\text{O}_5 1.57$  гача камаяди. Жараён потенциометрик усулда муҳит рНини ўлчаш билан назорат қилинади.

Ҳосил қилинган пулпа қуюқлантиргич (6)га юборилиб тиндирилади, сўнгра қаттиқ ва суюқ фазаларга ажратилади, ажратилган суюқ фаза тиндиргич (7)га юборилади, ундан буғлатиш аппарати (10)га, кейин кальций нитрит-нитрати эритмасини йиғгичи (11)га, ундан истеъмолчи ёки омборга юборилади. Қўюқ суспензиядан ажратиб олинган (маточный) эритма йиғгич (9) га, ундан кейин жараён бошига (1) (АИЭБ)га келади. Концентрацияси РЭК (ПДК)дан юқори бўлмаган ютилмаган газлар эса атмосферага чиқариб юборилади.

Олиб борилган тадқиқотлар натижалари ПНФни ЧНГ билан қайта ишлаб АФКК ишлаб чиқариш усулини яратишнинг илмий асоси бўлиб хизмат қилди.

Қайта ишланган фосфоритдан олинган маҳсулотларнинг агрокимёвий самарадорлигини аниқлаш мақсадида пахта чигитининг ўниб чиқиши ва ўсиши тадқиқ этилди. Агрокимёвий тадқиқотлар натижалари олинган маҳсулот – АФКК пахта чигити ўниб чиқишига ижобий таъсир этишини кўрсатди. Фосфоритларни қайта ишлаш маҳсулотлари ишлатилган миқдорларда пахта чигити ўниб чиқиши 80-96,7%ни ташкил этиши ва 0,001% концентрацияли эритма ишлатилганда энг юқори натижа қайд этилган. Тажриба назорат намуналари иштирокида - 73,33%, ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлаш маҳсулотлари қўлланилганда ўниб чиқиш 100% эканлиги аниқланди. Бу натижаларга асосланиб АФККни минерал ўғит сифатида ишлатиш мумкинлигини тўғрисида хулоса қилинди.

Техник-иқтисодий ҳисобларга кўра ЧНГлардан фойдаланиб ва АФКК олиш эвазига «Навоиазот» АЖда чиқинди нитроза газларини каталитик тозалаш харажатлари 27,8 млрд. сўмга камайиши ва ишлаб чиқариладиган 1 тонна нитрат кислотанинг таннархи 77901,4 сўмга камаяди.

ПНФларни НГ билан қайта ишлаш маҳсулотларидан фойдаланиш соҳаларини кенгайтириш мақсадида улардан АФУнинг сифатини яхшилаш учун фойдаланиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди (2-далолатнома).

## ХУЛОСА

Диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида олинган асосий илмий ва амалий натижалар:

1. Термодинамик ва графоаналитик усуллар билан « $\text{NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » системасида сувга НГнинг ютилиш жараёни ўрганилиб, ҳосил бўладиган эритма етарли кислоталик ва оксидловчилик хоссаларига эга бўлиши, ҳосил

бўлган эритма кислота таъсирида парчаланадиган кам эрувчан моддалар, минераллар ва рудаларни қайта ишлашга яроқлилиги аниқланган.

2. « $\text{CaCO}_3\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » ва « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » системаларида таркибий қисмларнинг эрувчанлиги ўрганилиб, қаттиқ ва суюқ фазалар ўртасида ион алмашилиш реакциялари бориши реакцияларнинг маҳсулотлари сифатида  $\text{CO}_2$ , кальций гидро-, дигидрофосфати ва нитрит- нитрат тузлари ҳосил бўлиши курсатилган. « $\text{CaCO}_3\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » ва « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » системаларидаги қаттиқ фазалар  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  эрувчанлигига НГнинг миқдори, юбориш тезлиги, Қ:С нисбати ва эритма рН-и ўзгариши таъсир этиши аниқланган.

3. «Фосфорит- $\text{NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » системасида ПСФ ҳар хил (13-18% $\text{P}_2\text{O}_5$ ) турларини ЧНГлар билан қайта ишлаш жараёнлари ва суюқ фаза сифатида айланма эритма (ЦОР)дан фойдаланиш жараёнлари тадқиқ этилиб, фосфоритдаги карбонатларнинг декарбонизацияланиши,  $\text{P}_2\text{O}_5$  миқдори ортиши ва фосфатли таркибий қисмларнинг фаоллашуви аниқланган.

4. Олинган охириги маҳсулотларнинг  $\text{P}_2\text{O}_5$  ни лимон кислотаси, «трилон - Б» ва сувда эрувчан кўриниш бўйича ўзлашрилиш даражалари, шламли чиқинди, чангсимон фракция ва оддий руданинг кальцийли модуллари ( $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ )қийматлари ўзгаришлари аниқланиб, ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлаш натижасида  $\text{P}_2\text{O}_5$ ни 15,3 дан 22,0%гача ошиши,  $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$  ни 2,67 дан 1,45 гача камайиши исботланган.

5. Реал ишлаб чиқариш шароитларида ПНФ ларни ЧНГ билан қайта ишлашнинг тажриба-саноат синовлари натижасида охириги маҳсулот - азотфосфоркальцийли концентрат олиниб, атроф-муҳитга чиқариб юбориладиган НГ миқдорини 0,7-1,0% дан 0,015% гача камайишига эришилган. Бу НГнинг чиқинди сифатида руҳсат этилган экологик нормаси ( $\text{РЭК}=0,02\%$ )дан камлигини ва ишлаб чиқилган усулнинг экологик самарадорлигини кўрсатади (Ўзбекистон Республикаси патенти № 04343. 2012 йил).

6. ПСФ ни НГ билан ишлашдаги дастлабки моддалар ва якуний маҳсулотларининг таркибий ўзгаришларини аниқ ва батафсил ўрганиш мақсадида JeolJXA – 8800R ва ЭДС LinkISIS микроанализаторида микрозонд таҳлил ўтказилди. Тадқиқот натижаларига асосан қайта ишлаш жараёнидаги компонентларнинг ўзаро таъсирлашуви қайта ишлаш тухтагандан кейин ҳам 10-15 кун давом этиб, бунда фосфоритнинг эндокалцит таркиб қисми тўлиқ парчланиб, фосфатли қисм фақат аппатит шаклида гидратланган (кальций гидро- ва дигидрофосфати) ҳолида бўлиши аниқланди.

7. Сувли муҳитда ПНФларни ЧНГ билан қайта ишлаш усули ишлаб чиқилган, унинг асосида АФКК ва кальций нитрит-нитрати олишнинг технологик параметрлари аниқланган ва схемаси тузилган. Таклиф этилаётган усул ҳисобга киритилмайдиган паст сифатли фосфат маъданларини ва заҳарли ЧНГ ларни ишлаб чиқаришда фойдаланиш имкониятини бериб, "Навоиазот" АЖ да 1 тонна нитрат кислота ишлаб чиқариш таннархини 77901,4 сўмга камайтиради (Далалотномалар тузилган).

8. Тадқиқотлар натижалари ноорганик моддалар технологияси, минерал хомашёни бойитиш ва экология соҳалари бўйича олинган янги назарий ва амалий маълумотлардир.

9. Олинган маҳсулотларнинг агрокимёвий хоссалари тадқиқ этилиб, уларнинг агрокимёвий самарадор эканлиги ва улардан азотфосфоркальцийли ўғит сифатида фойдаланиш мумкинлиги аниқланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**ТУРСУНОВА ИРОДА НЕМАТОВНА**

**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНЫХ  
КЫЗЫЛКУМСКИХ ФОСФОРИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
НИТРОЗНЫХ ГАЗОВ**

02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе

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

**Ташкент – 2018**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером B2017.2.PhD/T175 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте

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

**Научный руководитель:**

**Эркаев Актам Улашевич**

доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Жуманиязов Максудбек Жаббиевич.**

доктор технических наук, профессор.

**Таджиев Сайфитдин Мухитдинович**

доктор химических наук, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:**

**Совместное предприятие – акционерное общество Навоийский электрохимзавод**

Защита состоится «25» апрель 2018 г. в «10<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 при Институте общей и неорганической химии и Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 11, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан «10» апреля 2018 года  
(реестр протокола рассылки № 11 от «10» апреля 2018 года.

**Закиров Б.С.**

Председатель научного совета по присуждению  
ученой степени, д.х.н.

**Салиханова Д.С.**

Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученой степени, д.т.н.

**Тухтаев С.**

Председатель Научного семинара при научном совете  
по присуждению ученой степени, д.х.н., проф., академик

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мире при создании эффективных технологий в отраслях химической промышленности, в том числе производства минеральных удобрений, особое внимание уделяется на проведение исследования и разработке технологии, предусматривающие наиболее полного и рационального использования собственных сырьевых ресурсов каждой страны. При этом уделяется больше внимания на разработке способов, опирающихся на использование дешевых, доступных химических реагентов, а по мере возможности, на применение отходов химической и горнодобывающей промышленности.

В сегодняшний день во всем мире в проводимых научных исследованиях и создаваемых новых технологиях по добычи и переработки фосфоритовых руд особое внимание уделяется на разработки, позволяющие получать из сравнительно бедных фосфоритов более эффективные и качественные фосфоконцентраты. Они используются в новых производствах различных (простых и сложных) минеральных удобрений, направленные на создание нетрадиционных и ресурсосберегающих технологии переработки минерального фосфатного сырья.

В сегодняшний день в республике одним из основных направлений развития химической промышленности является разработка наиболее эффективных технологий комплексной переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов (ЦК), являющиеся основной сырьевой базой предприятий, производящих минеральные удобрения. В этом направлении созданы научные основы получения эффективных и качественных фосфорных удобрений из низкосортного сырья и отходов производства, позволяющие модернизировать, диверсифицировать и вывести на качественно новый уровень данной отрасли. Исходя из третьего направления стратегии развития Республики Узбекистан, в котором отмечены важные задачи, направленные на опережающее «развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов», «освоение выпуска принципиально новых видов продукции и технологий» и «дальнейшее укрепление продовольственной безопасности страны, расширение производства экологически чистой продукции», определены важнейшие задачи. В этом аспекте, разработка новых экологически эффективных способов переработки низкосортных фосфоритов с выбросными нитрозными газами и получение на их основе азотфосфоркальциевого концентрата является актуальной и имеет особое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистана №4707 от 7 марта 2015 года «О программе мер по обеспечению преобразований, модернизаций и диверсификации производства на 2015-2019 годы» и №УП- 4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-

2021годах» и Постановлении Президента Республики Узбекистан от 23 августа 2017 года ПП-3236 «О программе развития химической промышленности на 2017-2021», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** В научно-технической литературе имеется большой объём материалов по исследованию азотнокислотной переработки бедных фосфоритов Республики Узбекистан разработанные учеными ИОНХ АН под руководством академика М.Н.Набиева и проводимые его достойными учениками академиком Б.М. Бегловым, Ш.С. Намазовым, профессорами А.У. Эркаевым, Х.Ч. Мирзакуловым, С.М.Таджиевым, А.М.Реймовым, А. Сейтназаровым и других.

В их работах собраны и всесторонне проанализированы существующие технологии переработки фосфоритов на производственных мощностях (заводах) Узбекистана, производящих азотфосфоркальций содержащие удобрения, методы переработки различных фосфоритов Республики и зарубежья.

В работах Российских ученых Позина М.Е., Треущенко Н.Н., Копылёва Б.А., Бельченко Г.В., Ткачева В.А., Кишиневский М.Х., Панфилова А.В., Чернышева А.К. и др. приведены первоначальные данные о абсорбции окислов азота водой в отдельно взятом состоянии и в присутствии фосфорсодержащих минералов, ацетата натрия, диметилсульфооксида, трибутилфосфата (ТБФ), цеолитов и силикагелей, торфощелочных сорбентов.

В этих работах не рассмотрено систематизированное изучение характера и механизма взаимодействия карбонатов, дигидро-, гидрофос-фатов кальция в присутствии нитрозных газов в широком интервале концентрации компонентов и рН среды, имеются скудные сведения в системах, включающих  $N_xO_y$ ,  $CaCO_3$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$  и вода, которые недостаточны для физико-химического обоснования и разработки способа переработки низкосортных фосфоритовых руд нитрозными газами.

**Связь темы диссертационной работы с научно-исследовательскими работами, где выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института и прикладного проекта № А13-0-26 «Разработка технологии утилизации выбросных нитрозных газов в переработки минерального сырья и отходов производства для получения неорганических веществ многофункционального назначения», входящее в Государственную научно-техническую программу (ГНТП-6) на 2012-2014 гг.;

**Целью исследования** является разработка экологически эффективной способа получения азотфосфоркальциевого концентрата (АФКК) на основе

переработки низкосортных фосфоритов (НФ) и выбросных нитрозных газов (ВНГ).

**Задачи исследования:**

проведение мониторинга изученности проблемы использования ВНГ в переработке НФ;

теоретическое и экспериментальное изучение физико-химических особенностей взаимодействия ВНГ в водной среде с карбонатами и фосфатами кальция, являющихся как основными компонентами Кызылкумских фосфоритов;

изучить влияния различных технологических факторов на процессы поглощения ВНГ водной суспензией различных сортов НФ и их отдельных составных частей;

изучение химического и фазового составов исходных компонентов, продуктов и реологических свойств пульп, образующихся при переработке НФ с ВНГ с помощью химических и современных физико-химических методов исследований;

исследование практической возможности процесса и влияния различных параметров взаимодействия ВНГ суспензией НФ в реальных производственных условиях;

изучение происходящих составных изменений в процессе созревания продуктов переработки НФ ВНГ микронзондовым анализом;

определить оптимальные технологические параметры процессов, разработать принципиальную технологическую схему и составление материального баланса получения АФКК переработкой НФ выбросными нитрозными газами;

определить агрохимическую активность полученных продуктов;

оценка экологической и экономической эффективности разработанного способа переработки НФ с ВНГ;

**Объектом исследования** является низкосортные фосфатные сырья Центрального Кызылкума (НФ ЦК), выбросные нитрозные газы (ВНГ) производства азотной кислоты АО «Навоиазот», азотфосфоркальциевый концентрат (АФКК).

**Предмет исследований** являются физико - химические основы, разработки способов переработки НФ руд с ВНГ.

**Методы исследования.** Термодинамический, графо-аналитический, рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопический, сканирующий электронно-микроскопический – РЭМ (SEM), хроматографический, химический, микронзондовый, агрохимические методы исследования.

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

впервые создан экологический эффективный способ переработки низкосортных фосфоритов ЦК выбросными нитрозными газами, позволяющий получить азотфосфоркальциевый концентрат улучшенными свойствами;

выявлено наличие в низкосортных фосфоритах две составные части, отличающиеся по химической природе, чувствительные к изменению pH среды, обосновывающие существующие и вновь разрабатываемые способы их переработки;

выявлены закономерности процесса с определением оптимальных технологических параметров по полученным новым научным сведениям растворимости и механизмов взаимодействия нитрозных газов и низкосортных фосфоритов в водной среде;

выявлено в составе фосфорита полное разложение эндокальцитного составляющего по сравнению с апатитовой формой фосфатного сырья при переработки НФ с ВНГ и после его периодов хранения;

выявлено использования в качестве азотфосфоркальциевого удобрения продуктов переработки НФ с ВНГ на их проращивание хлопковых семян.

**Практические результаты исследования** определяются тем, что:

на основе термодинамических, графо-аналитических методов исследований в зависимости от количества нитрозных газов и pH среды установлено проявление обменно-разлагающего свойства системы « $\text{NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » и выявлена возможность использования её в переработке плохо растворимых веществ, входящих в состав фосфоритов и техногенных отходов;

внедрения способа получения азотфосфоркальциевого концентрата на основе переработки низкосортных фосфоритов и выбросных нитрозных газов позволяет вовлечь в переработку низкосортные фосфориты, накопленные на Кызылкумском фосфоритовом комбинате;

изучением агрохимической активности продуктов переработки выявлена возможность их пригодности в качестве азотфосфоркальциевого удобрения.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химических и физико-химических анализов подтверждены опытно-промышленными испытаниями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований определяется тем, что заложены научные основы для создания теоретических основ способов переработки низкосортных фосфоритов с выбросными нитрозными газами и получения на их основе АФКК и АФУ.

Практическая значимость результатов исследования определяется тем, что разработан экологически эффективный способ переработки низкосортных фосфоритов с выбросными нитрозными газами производства азотной кислоты и способ получения АФКК, способ получения нитрит-нитрат кальция на их основе. Полученные данные явились основой разработки технологической схемы, материальных балансов, технологических регламентов и экологической эффективности разработанного способа.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов при разработке способов переработки низкосортных фосфоритов Центрального Кызылкума нитрозными газами:

на разработанный способ переработки низкосортных фосфоритов с выбросными нитрозными газами выдан патент агентством Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (Патент РУз № IAP 04343). В результате на основе этого способа созданы возможности получения азотфосфоркальциевого концентрата и нитрит-нитрата кальция;

способ переработки низкосортных фосфоритов ЦК с ВНГ внедрена в практику на АО «Навоiazот» (справка Государственного предприятия Навоийского горно-металлургического комбината от 30.01.2018 года № 02-02-01/1290). В результате созданы возможности уменьшения  $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$  от 2,67 до 1,45 в полученном продукте.

способ переработки низкосортных фосфоритов ЦК с ВНГ внедрена в практику на АО «Навоiazот» справка АО «Навоiazот» от 12.02.2018 года № 03/1568). В результате созданы возможности уменьшения себестоимости цеха получения азотной кислоты и уменьшения выбросы токсичных нитрозных газов в окружающую среду.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 7 международных и 8 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 25 научных работ. Из них 10 научных статей, в том числе 7 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций и получен 1 патент РУз.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновываются актуальность работы и востребованность проведенного исследования, характеризуются цель и задачи, излагаются соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов исследования, опытно-промышленные испытания, сведения об опубликованных работах, структуре диссертации.

**Первая глава** представляет собой обзор данных научно-технической литературы по состоянию изученности проблемы. Подробно изучены теории и существующие технологии, нетрадиционные и ресурсосберегающие технологии переработки фосфоритов, особенности взаимодействия НГ с жидкостями и твердыми веществами, особенности абсорбции их растворами щелочей, твердыми адсорбентами, использования оксидов азота в различных целях, в том числе в переработке кондиционных фосфоритов. На основе

анализа литературных данных сформулированы основные цели и задачи исследования.

**Во второй главе** представлены характеристика объектов исследования, методика проведения экспериментов, химические и физико-химические методы исследования состава, структуры и геотехнологических характеристик исходных веществ, промежуточных и конечных продуктов. Впервые приведены результаты исследований низкосортных фосфоритов методом растровой сканирующей электронной микроскопии – РЭМ (SEM).

На основе изучения составно-структурного анализа РЭМ спектров двух образцов минерализованных фосфоритов (12-14%  $P_2O_5$ ) установлено, что в составе низкосортных фосфоритов Центрального Кызылкума содержатся две отличающиеся по химической природе составные части, которые чувствительны к изменению pH среды, что определяют причину использования существующих основных технологических способов их переработки.

Первое – фосфатно-карбонатные составляющие, которые чувствительны к действию водородных  $H^+$ -ионов, на чем основаны традиционные способы промышленной кислотной переработки фосфоритов в действующих химических заводах по производству фосфорных удобрений.

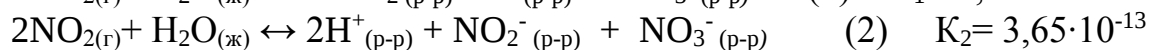
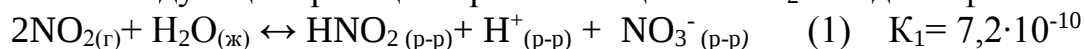
Второе – силикатно-алюминатное и фосфатно-вольфраматное (новое) составляющие, отличающиеся сложностью структуры и высокой твердостью. Обычно эти соединения, имеющий, примерно, общий состав  $Me_3[PW_{12}O_{40}]_2 \cdot xH_2O$  ( $Me=Ca^{+2}, Mg^{+2}$ ;  $x=5 \div 10$ ) образуют очень прочные полиэдрические кристаллы. По этому эти составные части достаточно устойчивы к действиям  $H^+$ -ионов и в следствии этого даже при многократном избыточном расходе (120-150% от нормы) кислотного реагента, а также при высоких температурах не поддаются химическим изменениям. Видимо из-за этого, на наш взгляд, при кислотной переработке не всегда удаётся полное вскрытие основного компонента -  $P_2O_5$ .

Исходя из вышеизложенного, в целях удаления карбонатных примесей и превращения фосфатных частей в более активные формы при переработке НФ мы основывались на использовании действия водородных ионов – как обменно-разлагающего реагента, образующегося в той же реакционной среде в момент взаимодействия. С этой целью в качестве вещества, способного образовать в реакционной среде  $H^+$ -ионы, в производственных условиях использовали ВНГ цеха №5 АО «Навоиазот», с объемной долей окислов азота -  $0,7 \div 1,0 \%$ , с температурным интервалом  $30 \div 40^\circ C$ .

**Глава 3. Физико-химические основы переработки низкосортных фосфоритов нитрозными газами.** Исходя из цели и задачи разработки способа переработки НФ с ВНГ нами в последующей последовательности проведены теоретические и экспериментальные исследования. Описания методов, результаты, их обсуждения, сделанные выводы и заключения на их основе составляют содержания данной и следующих глав диссертационной работы.

Термодинамическим и графо-аналитическим способами в зависимости от количества поглощаемых водой нитрозных газов изучены и установлены механизм взаимодействия компонентов, состав и интервалы pH существования образуемых продуктов в системе “NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O” (T=298K, P=101,325КПа).

Установлено, что наиболее термодинамически вероятным является протекание следующих реакций при поглощении NO<sub>2</sub> в водной фазе:

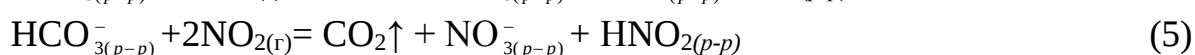
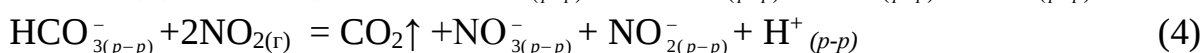
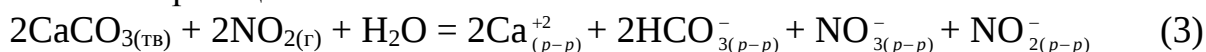


Как показывают уравнения (1) и (2) в обоих случаях основными продуктами взаимодействия в системе «NO<sub>2(г)</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>(ж)</sub>», являются HNO<sub>2</sub>, H<sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Однако, необходимо учесть того, что процесс имеет сильно обратимый характер с заметным сдвигом равновесия в лево.

По результатам экспериментального изучения установлены состав продуктов взаимодействия компонентов и изменение концентрации водородных ионов (pH) как функция кислотной активности образующегося раствора и в зависимости от количества поглощенного NO<sub>2</sub> этот раствор проявляет достаточной кислотной (pH=1) и окислительной активности, возможно, пригодного для переработки труднорастворимых кислотноразлагаемых веществ, минералов и руд.

**Изучение взаимодействия NO<sub>2</sub> с труднорастворимыми веществами в воде.** С целью проверки выше высказанного вывода нами проведены теоретические и экспериментальные исследования возможности растворения и особенности взаимодействия труднорастворимых, но кислотноразлагаемых веществ - CaCO<sub>3</sub> и Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> с продуктами “NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O” системы.

Для определения возможности растворения CaCO<sub>3</sub> в воде под действием NO<sub>2</sub> в системе «CaCO<sub>3</sub>-NO<sub>2(г)</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>(ж)</sub>» в соответствии с химической природой компонентов были проведены термодинамические исследования следующих химических реакций:



Анализ рассчитанных термодинамических данных (табл.1) показывает, что протекание процесса определяется энергетическими (ΔH) и структурными эффектами (ΔS).

Таблица 1.

**Значение термодинамических параметров реакций в системе “CaCO<sub>3</sub>-NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O”**

| Уравнения реакция | ΔH <sub>х.р.</sub> , кДж/моль | ΔS <sub>х.р.</sub> , Дж/моль·град | ΔG <sub>х.р.</sub> , кДж/моль | K <sub>p</sub>       |
|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 3                 | -150,8                        | -384,5                            | -36,0                         | 4,4·10 <sup>-4</sup> |
| 4                 | -95,96                        | -63,2                             | -77,26                        | 5,1·10 <sup>-3</sup> |
| 5                 | -84,06                        | -90,8                             | -56,01                        | 4,6·10 <sup>-3</sup> |

Последняя особенность сильнее проявляется в начале процесса, т.е. определяющим является количество поглощенного  $\text{NO}_2$  и диффузия продуктов абсорбции  $\text{NO}_2$  к поверхности твердой фазы в межфазном контакте компонентов системы.

Последующие реакции 4 и 5 обеспечивают необратимость процесса растворения ( $\Delta G_{\text{х.р.}} \leq 0$ ), составляя кинетическую область протекания процесса. При этом возникающий некоторый энергетический недостаток перекрывается значительными энтропийными изменениями этих стадий, что в основном обусловлено достаточно большим количеством поглощенного  $\text{NO}_{2(\text{газ})}$  в жидкой фазе с образованием  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{H}^+$ , сопровождающееся выделением  $\text{CO}_2$  с одной стороны, и диссоциативно-ассоциативными процессами  $\text{H}^+ + \text{NO}_2^- \leftrightarrow \text{HNO}_2$  этих же продуктов (реакция 5) с другой стороны. Поэтому глубину протекания процесса в кинетической области определяет не только содержание поглощенного  $\text{NO}_2$ , но и содержания  $\text{H}^+$  и  $\text{NO}_2^-$  в виде  $\text{HNO}_2$  и удаление  $\text{CO}_2$  из системы с повышением кислотности среды.

По совокупности полученных данных заключено, что в начале процесса, поглощенные  $\text{N}_x\text{O}_y$  превращаются в  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{H}^+$ , далее образовавшиеся ионы  $\text{H}^+$  в растворе вступают в обменно-разлагающие реакции с  $\text{CaCO}_3$  (диффузионная область), способствуя растворению и образованию  $\text{Ca}^{+2}$  и  $\text{HCO}_3^-$ , о чем свидетельствуют данные таблицы 2.

Таблица 2.

**Химический состав компонентов системы « $\text{CaCO}_3\text{-N}_x\text{O}_y\text{-H}_2\text{O}$ »**

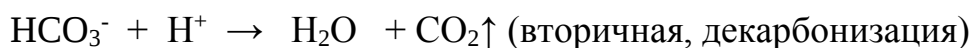
| № | рН суспензии | Время, мин | Расход газа, л. | Химический состав жидкой фазы, % |                  |                                 | Остаток твердой фазы, % |
|---|--------------|------------|-----------------|----------------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------|
|   |              |            |                 | CaO                              | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ |                         |
| 1 | 6,2          | 5          | 1,38            | 2,43                             | 3,45             | 8,69                            | 79,5                    |
| 2 | 4,0          | 15         | 8,72            | 6,24                             | 6,8              | 9,93                            | 37,4                    |
| 3 | 2,0          | 30         | 13,4            | 7,10                             | 7,81             | 44,02                           | 11,2                    |
| 4 | 1,50         | 50         | 16,9            | 7,57                             | 0                | 51,89                           | -                       |

Экспериментально установлено, что с кинетической точки зрения определяющим скорости процесса является интервал изменения рН от 6,2 до 4,2. В этой области рН большая часть твердой фазы ( $\text{CaCO}_3$ ) превращается в  $\text{Ca}^{+2}$  и  $\text{HCO}_3^-$ , количество последнего в растворе достигает максимума (7,81%) при рН=2, а содержание твердой фазы составляет 11,2%.

В этом интервале рН 68,3% твердой фазы переходит в раствор. Данный этап процесса протекает медленно, видимо, это связано со структурными особенностями карбоната кальция и насыщенностью жидкой фазы ионами  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , но ускоряющегося в зависимости от повышения концентрации  $\text{H}^+$ -ионов, следовательно, от количества поглощаемого  $\text{N}_x\text{O}_y$ .

Более подробное изучение причины экспериментально обнаруженного факта позволило выяснить то, что в данном этапе  $\text{H}^+$ -ионы участвуют в двух последовательных реакциях:

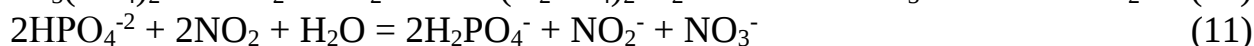
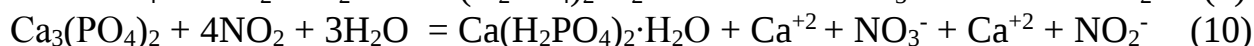
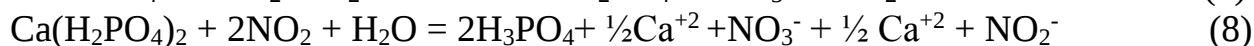
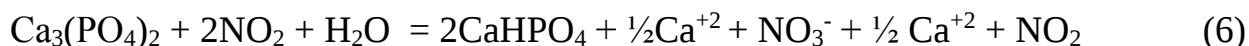




Переходившие в раствор ионы  $\text{HCO}_3^-$ , как анионы слабой неустойчивой угольной кислоты, начиная с  $\text{pH} \leq 4$  проявляют дополнительный поглощающий эффект образующиеся  $\text{H}^+$ -ионов и способствуют к началу реакции декарбонизации  $\text{CaCO}_3$ с выделением  $\text{CO}_2$ . Более ускоренное протекание этих двух реакций продолжается до  $\text{pH} \leq 2$ , т.е. до полного растворения твердой фазы и образования прозрачного раствора, содержащего  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ .

**Изучение взаимодействия  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  с нитрозными газами в водной среде.** Как известно, что в НФ основным ценным компонентом являются разновидности  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , которые при переработке превращаются в гидратированные формы, вплоть до образования  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . По этому, с химической и технологической точки зрения данная особенность составляет основу проводимых исследований переработки фосфатного сырья для получения минеральных удобрений и другой продукции. В связи с этим представлял интерес исследование особенности взаимодействия  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  с НГ в водной среде.

Учитывая сложности и многочисленности всевозможных реакций в системе “ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{NO}_2$ - $\text{H}_2\text{O}$ ” проведены термодинамические исследования вероятности их протекания по значению  $\Delta G_{\text{x.p.}}$  и установлены наиболее вероятными протекания следующие реакции:



Вычисления параметров  $\Delta H_{\text{x.p.}}$ ,  $\Delta S_{\text{x.p.}}$ ,  $\Delta G_{\text{x.p.}}$  выполнены в пределах 298-318К. Значения  $K_{\text{равн}}$  для каждой реакции вычислено по  $K_{\text{равн}} = \exp\{-\Delta G/\text{RT}\}$ .

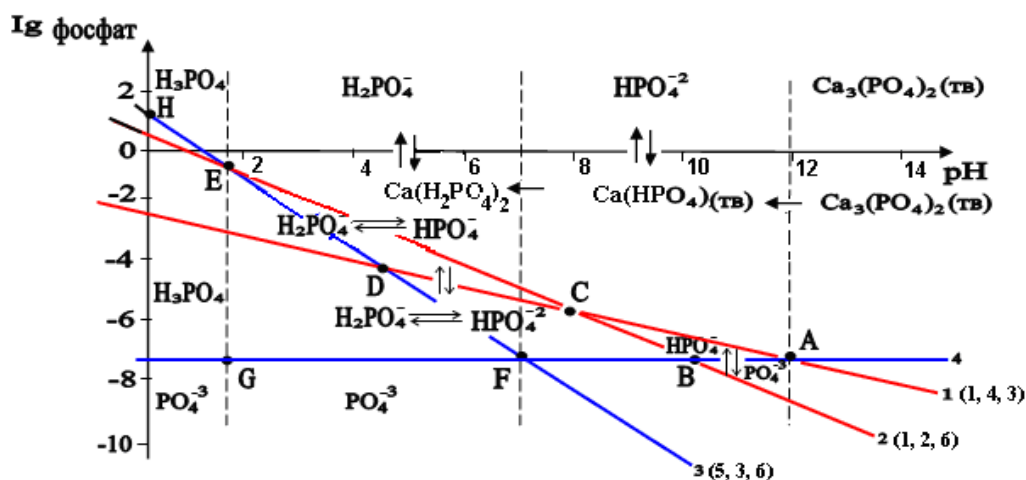
**Таблица 3.**

**Значение термодинамических параметров реакций в системе “ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{NO}_2$ - $\text{H}_2\text{O}$ ”**

| Уравнения реакции | $\Delta H_{\text{x.p.}}$<br>кДж/моль | $\Delta S_{\text{x.p.}}$<br>Дж/моль·град | $\Delta G_{\text{x.p.}}$<br>кДж/моль | $K_p$                |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 6                 | -152,7                               | -399,5                                   | -33,0                                | $2,6 \cdot 10^{-4}$  |
| 7                 | -153,4                               | -321,6                                   | -57,74                               | $3,3 \cdot 10^{-4}$  |
| 8                 | -33,26                               | +118,6                                   | -68,6                                | $3,5 \cdot 10^{-4}$  |
| 9                 | -376,0                               | -10,11                                   | -373,04                              | $2,71 \cdot 10^{-2}$ |
| 10                | -276,81                              | -719,98                                  | -66,85                               | $5,68 \cdot 10^{-4}$ |
| 11                | -103,34                              | -27                                      | -95,29                               | $4,47 \cdot 10^{-4}$ |

Теоретические исследования протекания процесса и установление по стадийного образования продуктов растворения  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в зависимости от

количества  $\text{NO}_2$  и образовавшихся ионов  $\text{H}^+$  (раствор) проведены графоаналитическим методом. Для этого был построен график растворимости фосфата кальция в зависимости от pH (рис.1) с учетом равновесного характера и изменения термодинамического потенциала в каждой стадии процесса.



1. Линия растворения  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  по реакции 6; 2. Линия растворения  $\text{CaHPO}_4$  по реакции 7;
3. Линия растворения  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  по реакции 8; 4. Линия растворения  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в воде (в присутствии  $\text{N}_x\text{O}_y$ )

**Рис. 1. График растворения  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  под действием  $\text{N}_x\text{O}_y$**

Результаты теоретических исследований системы « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-N}_x\text{O}_y\text{-H}_2\text{O}$ » подтверждены экспериментально и установлено, что растворение  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в начале ( $\text{pH}=10\div6,4$ ) идет быстрее, а потом - с двумя медленными стадиями при  $\text{pH}=6,2$  и  $4,0\div3,8$ , а полное растворение - при  $\text{pH}=1,8$ .

Исследования изменения состава исходных веществ, промежуточных и конечных продуктов системы « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-N}_x\text{O}_y\text{-H}_2\text{O}$ » в зависимости от количества НГ и pH среды, показали, что благодаря постадийного диффундирования  $\text{H}^+$ -ионов в твердую фазу, в интервале  $\text{pH}=10\div6,2$  образуется  $\text{CaHPO}_4$ , а при  $\text{pH}=6,2\div4,0$   $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  и образованием в растворе  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  в различных количествах. С понижением pH от 4 до 1,8 количество  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  увеличивается. Однако, в этом интервале  $\text{pH}=4,0\div2,8$  в растворе создается очень устойчивое кислотное буферное действие, обусловленное изменяющимися количественными соотношениями  $\text{HPO}_4^{2-}$  и  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ионов. Отметим, что это сильно замедляет процесса и ускорение сопровождается с большим количеством потребления НГ в данном этапе.

При  $\text{pH} = 1,8$  и ниже в растворе начинает образовываться  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в незначительном количестве. Образование гидро-, дигидрофосфатов и нитрит-нитрата кальция подтверждено методами ИК-спектроскопии и рентгенофазового анализа промежуточных и конечных продуктов.

По совокупности полученных результатов исследования систем « $\text{CaCO}_3\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » и « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » установлено, что в этих системах взаимодействия компонентов имеют обратимый характер с заметным сдвигом равновесия вправо. Это объясняется с протеканием обменно-разлагающие (ионообменные) реакции между твердой и жидкой фазами и усиление их

эффекта с понижением рН среды, т.е. увеличением количества поглощаемых НГ. Продуктами реакций являются диоксид углерода, гидро-, дигидрофосфаты и нитрит-нитраты кальция, что подтверждает практической возможности использования НГ для переработки труднорастворимых кислотноразлагаемых веществ в водной среде.

**Глава 4. Исследование процессов переработки низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов нитрозными газами.** Принимая за основу результатов выше проведенных исследований к изучению особенностей взаимодействия, состава и свойства продуктов и установлению практической возможности использования НГ в переработке различных видов некондиционного фосфатного сырья посвящены следующие части диссертационной работы.

На основе лабораторных экспериментальных исследований процесса растворения различных видов НФ, таких как фосфоритовая мука, минерализованная масса и шламовый отход (10-18%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в системе «фосфорит-NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O» установлено, что под действием НГ в водной суспензии фосфорита происходят процессы декарбонизации карбонатов, гидратирование и растворение фосфатных составляющих. Определено, что в конце опыта содержание карбонатов в твердой фазе уменьшается от 19,03 до 1,6%, а в жидкой фазе наличие карбонатов или гидрокарбонатов не обнаружено. Степень декарбонизации фосфорита составляет 91,33%.

Количество основного компонента - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> увеличивается от 15,66 до 22,8% в твердой фазе, а его определенное количество 1,5-2,0% переходит в жидкую фазу. Это свидетельствует о том, что под действием НГ в водной среде фосфорит подвергается химическим изменениям, способствующим одновременно обогащению по P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и превращению труднорастворимых фосфатов в более растворимые формы. Поглощенные НГ в растворе превращаются в нитрит-нитраты, а общее содержание азота в твердом продукте составляет 2,92% . При изменении рН от 9,8 до 2 в конечной пульпе суммарное уменьшение содержания в твердой фазе составляет Са-65,66%, а Mg - 90,95% от исходного (табл. 4.).

Совокупность полученных результатов изменения состава и содержания основных компонентов фосфорита в изученной системе свидетельствуют о том, что под действием НГ в воде труднорастворимые компоненты НФ переходят в более растворимые формы с образованием пульпы с наибольшей степени дисперсности твердой фазы.

**Исследование реологических свойств пульп, образующихся при обработке фосфоритов нитрозными газами.** С целью определения физико-химических характеристик, являющиеся определяющими в массообменных процессах с участием дисперсных систем в технологических оборудовании, изучены реологические свойства пульп. Для этого определены значения плотности и вязкости пульп и их изменения в зависимости от соотношения Т:Ж и температуры.

Таблица 4.

**Химический состав нитрит-нитрофосфатных пульп, образующихся при переработке рядовой фосфоритовой муки нитрозными газами**

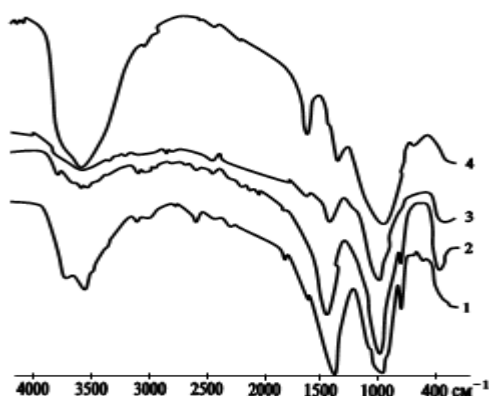
| № | рН суспензии | Время, мин | Расход газа, литр | Химический состав твердой фазы, % |                                      |                                              |            |            |      |                 |                                      |
|---|--------------|------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|------------|------------|------|-----------------|--------------------------------------|
|   |              |            |                   | N <sub>общ</sub>                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>общ | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>усв</sub> | CaO<br>общ | CaO<br>усв | MgO  | CO <sub>2</sub> | CaO<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| 1 | 9,8          | -          | -                 | -                                 | 15,3                                 | 7,8                                          | 41,17      | 30,87      | 5,59 | 19,0            | 2,67                                 |
| 2 | 8,2          | 5          | 2,65              | 0,89                              | 15,8                                 | 8,0                                          | 41,09      | 30,96      | 4,68 | 18,5            | 2,60                                 |
| 3 | 6,2          | 10         | 5,3               | 0,99                              | 16,2                                 | 8,95                                         | 41,01      | 31,47      | 3,75 | 13,5            | 2,51                                 |
| 4 | 5,5          | 15         | 7,95              | 1,51                              | 16,5                                 | 9,57                                         | 39,76      | 31,13      | 1,60 | 11,3            | 2,40                                 |
| 5 | 4,2          | 25         | 13,2              | 2,06                              | 18,1                                 | 10,8                                         | 37,3       | 29,89      | 1,58 | 10,3            | 2,05                                 |
| 6 | 3,5          | 90         | 47,7              | 2,17                              | 18,2                                 | 11,2                                         | 35,8       | 29,2       | 1,24 | 2,92            | 1,96                                 |
| 7 | 2,2          | 135        | 71,5              | 2,45                              | 18,2                                 | 11,8                                         | 33,66      | 28,9       | 1,05 | 2,05            | 1,84                                 |
| 8 | 1,5          | 165        | 87,4              | 2,8                               | 21,5                                 | 13,9                                         | 32,8       | 28,2       | 0,99 | 1,24            | 1,52                                 |
| 9 | 0,5          | 180        | 95,4              | 2,92                              | 22,0                                 | 14,5                                         | 32,05      | 28,0       | 0    | 1,09            | 1,45                                 |

Пульпы были получены путем разложения НФ с на модельной установке в различных соотношениях Т:Ж=1:2÷1:5. Температурная зависимость плотности при всех изученных соотношения Т:Ж имеет одинаковый характер, который сводится к тому, что с повышением температуры плотность пульп уменьшается. Вязкость пульп, так же как и плотность, заметно снижается с возрастанием температуры в зависимости от разновидности фосфоритов в 6 раз. Это объясняется образованием и влиянием количества более вязкого компонента – нитрит-нитрата кальция на общую вязкость пульпы. В целом, результаты исследования данного раздела указывают на то, что реологические свойства пульп, получаемых при разложении НФ с ВНГ, вполне приемлемы для технологических целей, т.е., пульпы текучи и без особых затруднений их можно перекачивать из аппарата в аппарат.

**Изучение химического и фазового составов азотнофосфорно-кальциевого концентрата с помощью современных химических и физико-химических методов анализа.** С целью подтверждения полученных экспериментальных данных об составно-структурных изменений в лабораторных и производственных условиях были изучены ИК-спектры, рентгенограммы и хроматограммы исходных фосфоритов и их продуктов переработки. На основании сравнения значений частот  $\nu(\text{CO}_3^{2-})$ ,  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$ ,  $\nu(\text{NO}_3^-)$ ,  $\nu(\text{HO})$  установлено, что под действием НГ в суспензии фосфориты подвергаются химическим изменениям.

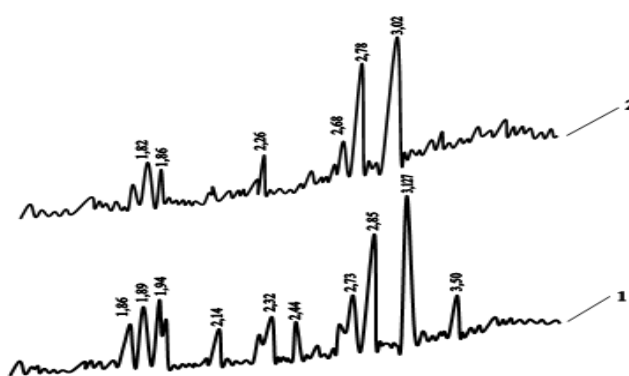
При переходе от ИК-спектра исходного фосфорита к спектрам переработанных образцов (рис.2) в зависимости от понижения рН среды обнаруживается увеличение интенсивности и расширения полосы при  $3300 - 3600\text{см}^{-1}$ , относящаяся к  $\nu(\text{HO})$ .

На ряду с этим в спектре 4 появляются полоса при  $1600-1630\text{см}^{-1}$ (рис.2), относящиеся к деформационным колебанию  $\delta_{\text{НОР}}$  и расширенная полоса при  $1100 - 1250\text{ см}^{-1}$  характерные валентным колебаниям  $\nu(\text{P=O})$  и  $\nu(\text{P-O})$ . Это означает, что фосфатные группы гидратированы, т.е. находятся гидро- и дигидрофосфатной форме.



1- исходный фосфорит; 2 –при pH = 4,5;  
3 –при pH = 2,4. 4 – до pH = 2,0

**Рис. 2. ИК спектры исходного и переработанного фосфорита.**



1 – исходная рядовая фосмука;  
2 – переработанная рядовая фосмука

**Рис. 3. Рентгенограммы исходного и переработанного фосфорита.**

С понижением pH среды - повышением кислотности наблюдается постепенное уменьшение интенсивности широкой интенсивной полосы при  $1450-1530\text{ см}^{-1}$ , характерной для  $\nu(\text{CO}_3^{2-})$  карбонатной группы, указывающее на уменьшение количества (декарбонизации)  $\text{CO}_3^{2-}$  фосфорита при переработке с НГ.

Характерные полосы  $\nu(\text{NO}_3^-)$ ,  $\nu(\text{NO}_2^-)$  проявляемые при  $1100-1300\text{ см}^{-1}$  перекрыты широкими полосами валентных колебаний фосфатных групп. Все эти выводы подтверждено данными рентгенофазового анализа (рис.3).

Для детального и точного слежения за происходящими составными изменениями в исходном и конечном продуктах при переработки НФ в твердом состоянии продукты, полученные после переработки фосфоритов НГ, нами проведены исследования методом микрозондового анализа на микроанализаторе JeolJXA – 8800R и ЭДС LinkISIS в Институте геологии и геофизики имени Х.М. Адуллаева АН РУз. Результаты исследования показали, что при переработке и после его прекращения процессы взаимодействия между компонентами продукта в течении 10-15 дней продолжают. При этом обнаружено отсутствие эндокальцитного составляющего из-за его полного разложения, а фосфатная часть в продукте присутствует только в апатитовой форме в гидратированном состоянии (гидро- и дигидрофосфатов кальция).

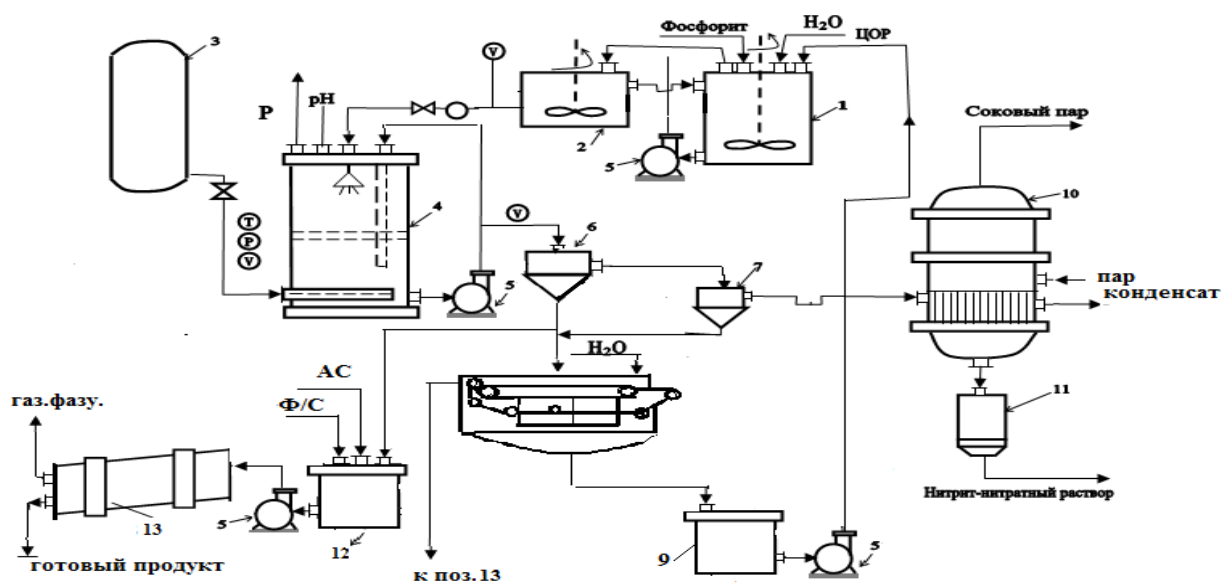
**Глава 5. Исследование переработки низкосортных фосфоритов нитрозными газами на модельной производственной установке.** С целью проверки лабораторных данных и практической возможности переработки НФ с ВНГ в производственных условиях, а также отработки оптимальных параметров разработанного способа проведены исследования в модельной производственной установки. Для этого нами создана модельная производственная установка.

Процесс использования ВНГ в переработке НФ для получения АФКК состоял из следующих основных стадий:

1. Получение водной суспензии НФ ЦК при соотношении Т:Ж = 1:2 с исходными значением рН = 10,0.
2. Барботирование ВНГ суспензии низкосортного фосфорита ЦК в абсорберах до конечного значения рН=2,0.
3. Отстаивание и фильтрация твердой фазы, сушка и грануляция.
4. Выпарка жидкой фазы.

Модельная производственная установка состояла из цилиндрического реактора объемом 5 литров ( $0,005\text{ м}^3$ ), изготовленного из нержавеющей стали марки Х18Н10Т, снабженного барботером и электромеханической мешалкой, ситчатой тарелкой с диаметром отверстий 2 мм. В крышке реактора расположен карман для установления электродов рН-метра и термометра (термокомпенсатора), а также воздушник для отвода выходящих газов. Для измерения количества газов на входе расположен газовый счетчик с максимальным расходом 10л/мин. Для измерения и поддержания стабильного давления на входе в реактор установлен манометр. Отборы проб газов выходящих из реактора осуществляется через пробоотборник.

Результаты опытных работ на модельной установке позволили нам разработать принципиальную технологическую схему получения АФКК(рис. 4).



1-смесительная ёмкость для приготовления суспензия; 2 – напорный бак; 3-моногидратный абсорбер; 4 – реактор; 5 – центробежный насос; 6 – сгуститель; 7 – отстойник; 8 – ленточный фильтр; 9 – сборник маточного раствора; 10 – выпарной аппарат; 11 – сборник раствора (нитрит-нитрат кальция); 12 – смеситель; 13 – барабанный гранулятор, сушилка.

**Рис. 4. Принципиальная технологическая схема переработки НФ с ВНГ**

Фосфатное сырье загружается в смесительную емкость (1) куда одновременно подается расчетное количество воды, исходя из расчета фосфорит: $\text{H}_2\text{O}$  = 1:2. Образовавшаяся суспензия через напорный бак (2) поступает в реактор (4), в который подаются ВНГ, выделившиеся из моногидратного абсорбера (3), с содержанием  $\text{NO}_2 = 0,63-0,90\%$  ( $\rho_{\text{газа}} = 2,4 \text{ кг/с}\cdot\text{см}^2$ ,  $t^0 = 50-60^\circ\text{C}$ ) при перемешивании в течении 180-270 минут и до достижения  $\text{pH} = 1,8-2$ . В полученном продукте фосфаты превращаются в

гидрофосфаты и дигидрофосфаты, а кальциевый модуль понижается и в конце процесса составляет  $\text{CaO/P}_2\text{O}_5 = 1,57$ . Процесс контролируется потенциометрическим методом измеряя pH среды.

Образовавшаяся пульпа подается в сгуститель (6), где разделяется на твердую и жидкую фазу, твердая фаза фильтруется (8), а жидкая фаза через отстойник (7) подается на выпарной аппарат (10), откуда идет в сборник раствора (нитрит -нитрат кальция) (11) потребителю или на склад, а отработанный маточный раствор идет из сборника маточного раствора (9) к началу процесса ЦОР(1). Непоглощенные газы, с концентрацией не превышающей нормы ПДК выбрасываются в атмосферу.

Результаты выполненных исследований стали научной основой для создания технологии производства АФКК на основе переработки НФЦК с ВНГ азотной промышленности.

С целью установления агрохимической эффективности полученных продуктов переработанного фосфорита проведены исследования по определению всхожести и энергии прорастания семян хлопчатника.

Данные агрохимических исследований показали, что полученный продукт – АФКК оказывает положительное воздействие на всхожесть и прорастание семян хлопчатника. Выявлено, что всхожесть семян хлопчатника достигала 80-96,7% во всех применяемых концентрациях удобрения переработанного фосфорита, однако наиболее высокий процент всхожести семян зафиксирован при его концентрации, равной 0,001%. В контрольной серии опыта всхожесть семян достигала 73,33%, а при применении продукта переработки НФ с ВНГ выявлено 100% прорастания семян. По результатам испытания заключено, что полученный АФКК можно использовать как удобрение.

Технико – экономические расчеты показывают, что за счет использования ВНГ и получения АФКК уменьшаются расходы на каталитическую очистку на 27,8 млрд. сумов, уменьшается себестоимость 1 т азотной кислоты на АО «Навоiazот» снизится на 77901,4 сумов.

Для расширения круга использования продукта переработки НФ с ВНГ проведены исследования по использованию полученного АФФК для улучшения качества АФУ.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенных исследований полученными основными научными и практическими результатами являются следующие:

1. Термодинамическим и графико-аналитическим способами исследован процесс поглощения НГ водой в системе « $\text{NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » и выявлено, что образующийся раствор обладает достаточной кислотной и окислительной активностью и пригоден для переработки кислотноразлагаемых труднорастворимых веществ, минералов и руд.

2. Изучена растворимость компонентов в системах « $\text{CaCO}_3\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » и « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ », установлено протекание ионообменной разлагающей реакций между компонентами, продуктами реакций являются  $\text{CO}_2$ , гидро-,

дигидрофосфаты и нитрит-нитратные соли кальция. В системах « $\text{CaCO}_3\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » и « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » выявлено влияние количества, скорости подачи НГ, соотношения компонентов Т: Ж, изменения рН среды на растворимость твердой фазы -  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в лабораторных условиях

3. Исследованием процесса переработки различных видов НФ (13-18%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) в системе «фосфорит- $\text{NO}_2\text{-H}_2\text{O}$ » и использованием в качестве жидкой фазы циркулирующий отработанный раствор (ЦОР) установлено протекание декарбонизации карбонатных составляющих фосфорита, повышения содержания  $\text{P}_2\text{O}_5$  и активирование фосфатных составляющих.

4. Исследованием усвояемости  $\text{P}_2\text{O}_5$  по лимонной кислоте, по трилону Б, по водорастворимой форме и изменения кальциевых модулей ( $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ ) шламового отхода, пылевидной фракции и рядовой руды доказано достаточной степени улучшения качественных характеристик конечного продукта переработки НФ с ВНГ повышения содержания  $\text{P}_2\text{O}_5$  от 15,3 до 22,0%, уменьшения  $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$  от 2,67 до 1,45.

5. Исследованием процесса поглощения ВНГ с низкой концентрацией водными суспензиями фосфоритов в реальных производственных условиях установлена полная воспроизводимость результатов лабораторных исследований и получен конечный продукт - азотфосфоркальциевый концентрат, а также снижение содержания ВНГ в атмосферу от 0,7% - 1,0% до 0,015%. Это соответствует экологическим нормам выброса (ПДК 0,02%) НГ в окружающую среду и указывает на экологическую эффективность разработанного способа (Патент Республики Узбекистан № 04343 2012 йил).

6. Для детального и точного слежения за происходящими составными изменениями в исходном и конечном продуктах при переработки НФ в твердом состоянии продукты, полученные после переработки фосфоритов НГ, проведены исследования методом микрозондового анализа на микроанализаторе JeolJXA – 8800R и ЭДС LinkISIS показано, что при переработке и после его прекращения процессы взаимодействия между компонентами продукта в течении 10-15 дней продолжаются. При этом обнаружено отсутствие эндокальцитного составляющего из-за его полного разложения, а фосфатная часть в продукте присутствует только в апатитовой форме в гидратированном состоянии (гидро- и дигидрофосфатов кальция).

7. Разработан способ переработки НФ с ВНГ в водной среде, определены параметры и составлена технологическая схема получения АФФК, нитрит-нитрата кальция. Предлагаемый способ позволяет использовать забалансовых низкосортных фосфатных руд и токсичных ВНГ в производстве и снижает себестоимости 1 тонны азотной кислоты на АО «Навоизот» на 77901,4 сумов

8. Результаты проведенных исследований являются новыми теоретическими и практическими данными по технологии неорганических веществ, обогащения минерального сырья и экологии.

9. Исследованы агрохимические свойства полученных продуктов, выявлено агрохимическая эффективность, позволяющая использовать продукта переработки в качестве азотфосфоркальциевого удобрения.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE  
DSc27.06.2017.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF  
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY AND TASHKENT  
CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

---

**TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**TURSUNOVA IRODA NEMATOVNA**

**DEVELOPMENT OF PROCESSING METHODS OF LOW-GRADE  
KYZYLKUM PHOSPHORITES USING NITROUS GASES**

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

**DISSERTATION ABSTRACT  
OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) IN TECHNICS**

**Tashkent –2018**

**The dissertation subject of doctor of philosophy is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2017.2.PhD/T175**

Dissertation was carried out at Tashkent chemical-technological institute.

Abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, and English (resume)) is posted on the web of Scientific council at the address of [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and Information-educational portal of «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz))

**Scientific consultant:**

**ErkaevAktam Ulashevich**

doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Jumaniyazov Maxsudbek Jabbievich**

doctor of technical sciences, professor

**Tadjiev Sayfiddin Mukhitdinovich**

doctor of chemistry sciences

**Leading organization:**

**Joint venture - joint-stock company Navoi  
Electrochemical Plant**

Defense will take place on 25 april 2018 at 10<sup>00</sup> o'clock at the meeting of scientific council DSc 27.06.2017.K/T.35.01 under Institute of General and Inorganic Chemistry and Tashkent chemical-technological Institute. Address: 77-a, Mirzo Ulugbek street, Mirzo Ulugbek district, 100170, Tashkent, tel.: (99871) 262-56-60, Fax: (99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)

Dissertation can be reviewed at the Information-resource centre at the Institute of General and Inorganic Chemistry of AS RUz (registration number 11). (Address: 77-a, Mirzo Ulugbek street, 100170, Tashkent. tel.: (99871) 262-56-60).

Abstract sent out on 10 of april 2018 year  
(mailing report No 11 on 10 april 2018 year)

**B.S.Zakirov**

Chairman of scientific council on awarding of  
scientific degree, d.ch.s.

**D.S.Salihanova**

Scientific secretary of scientific council on award of  
scientific degree, d.t.s.

**S.Tukhtaev**

Chairman of scientific seminar at scientific council  
on awarding of scientific degree, d.ch.s., prof.,  
academician

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research** work is to develop an ecologically efficient method for production of nitrogen calcium phosphate concentrate (NCaPC) and exhausted nitrous gases (ENG).

**The objects of the research:** low-grade phosphate raw materials of the Central Kyzylkum, ENG of exhausted nitric acid production of JSC "Navoiazot", nitrogen calcium phosphate concentrate (NCaPC).

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

first it is created an ecologically effective method for processing of low-grade phosphorites of the Central Kyzylkum by with ejected nitric gases allowing get of nitrogen phosphorus concentrate is obtained, which would have good properties;

it is revealed that in low-grade phosphate presence it was established that the two composition contains chemical components that are chemically different, which are sensitive to a change in the pH of the environment, motivating existing and newly under development ways of their conversion;

it is revealed regularities of the process with determination optimum technological parameter on got new scientific information data on the solubility and mechanisms of interaction of nitrous gases and of low-grade phosphorites in water of the environment;

it is revealed in composition phosphorit full decomposition of the of the endocalcite contain component in comparison with the apatite forms of phosphorus raw material in for processing of LP with ENG and after his(its) period of keeping;

proved used as nitrogen phosphorus fertilizer of products of processing of LP with ENG on base result studies of the germination cotton seeds.

**Implementation of the research results** based on obtained results in the development of methods for processing of low-grade phosphorites of the Central Kyzylkum by nitric gases:

it was submitted that patent Agency of intellectual property of the Republic of Uzbekistan (the Patent RUZ IAP 04343) for developed technologies of the conversion low-grade phosphorites with nitrous gases. As a result it has been established the possibility of involving of low-grade phosphorites and exhaust nitrous gases of nitric acid production for obtaining nitrogen phosphorus concentrate;

way of the conversion for processing low-grade phosphorites with ejected nitric gases was introduced at Navoiazot JSC (reference of the State Enterprise Navoi Mining and Metallurgical Combine at 01.01.2018 No. 02-02-01 / 1290). As a result possibility of the reduction  $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$  are created from 2,67 before 1,45 in got product.

way of the conversion for processing for processing low-grade phosphorites with ejected nitric gases was introduced at Navoiazot JSC (reference by Navoiazot JSC dated 02.02.2018 № 03/1568). Are they as a result created possibility of the reduction prime cost shop of the reception of the nitric acid and reduction in the release of toxic nitrous gases in surrounding the environment.

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, the list of references and application. The volume of the dissertation is 120 pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Патент РУз № 04343. Способ обогащения высококарбонизированных фосфоритов с получением нитрит-нитрата кальция. / Эркаев А.У., Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Нурмуродов Т.И. (UZ) - №IAP2008 0249.заявл.04.07.2008. опуб.31.05.2011. Бюллетень. №5.

2. Эркаев А.У., Турсунова И.Н., Мардонов У.М. Применение расчетно-графических и спектрофотометрических методов для исследования системы “NO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-X”// Химия и химическая технология. – Ташкент, 2009. – №2 –С.6-8. (02.00.00. №3)

3. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Эркаев А.У. Получение фосфоконцентрата и азотно-фосфорно-кальциевых удобрений на основе низкосортных фосфоритов Центрального Кызылкума и отходов азотной промышленности // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2011. – №5 – С. 51-54.(02.00.00. №6)

4. Турсунова И.Н, Мардонов У.М., Муратова М.Н., Умиров Ф.Э., Эркаев А.У. Изучение составно-структурных особенностей низкосортных фосфоритов методом электронной микроскопии и некоторые вытекающие из него прикладные аспекты //Доклады академии наук Республики Узбекистан. – Ташкент, 2013. – №1. – С.56-60.(02.00.00. №8)

5. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Эркаев А.У. Изучение растворимости фосфата кальция в водной среде под действием нитрозных газов // Химия и химическая технология. – Ташкент, 2014. – №1. – С. 6-9. (02.00.00.№3)

6. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Муратова М.Н., Эркаев А.У. Использование продуктов переработки низкосортных фосфоритов в производстве азотнофосфорных удобрений // Химическая технология. Контроль и управления. – Ташкент, 2014. – №2. – С.22-25. (02.00.00. № 10).

7. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Муратова М.Н.,Эркаев А.У. Изучение реологических свойств пульп, полученной переработкой низкосортных фосфоритов нитрозными газами //Химическая технология. Контроль и управления. – Ташкент, 2014. – №3. – С.14-18.(02.00.00. № 10).

8. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Муратова М.Н. Исследование в области нетрадиционного применения низкосортных фосфоритов Центрального Кызылкума с получением материалов специального назначения// Universum: технические науки. – Москва, 2016. – № 5(26) – С. 51-62.(02.00.00.№1)

9. Турсунова И.Н. Агрохимическое исследование удобрений, полученных при переработки низкосортных фосфоритов нитрозными газами // Научный вестник. - Самарканд, 2016. – № 5 (99) – С.88 - 93. (02.00.00. №9)

10. Турсунова И.Н., Эркаев А.У., Мардонов У.М., Муратова М.Н., Мухамеджанова Д. Микрозондовое исследование продуктов переработки низкосортных фосфоритов нитрозными газами // Universum: технические науки. – Москва, 2016. – № 12(33). – С. 46-50. (02.00.00. №1)

## **II бўлим (II часть; part II)**

11. Tursunova I.N., Mardonov U.M, Nurmurodov T.I., Erkaev A.U., Turaev M. Alternative methods of low-grade phosphate mineral processing. Towards technical on resource saving for industrial development, Maribor-Slovenia, 2015. – p.117-127.

12. Tursunova I.N., Mardonov U.M., Muratova M.N. Research of processing phosphorites of Central Kyzylkum with nitrose gases // European Applied sciences. – Germany, 2016. – № 4 – С. 30- 35. (02.00.00. №6)

13. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Суярова С, Юнязева Н., Ходжиева Ш. Экологик муҳитни яхшилаш учун Кизилкум фосфоритларини қайта ишлашда саноат - чиқинди газларидан фойдаланиш. Республика илмий анжуман материаллари: «Ўрта осие куйи Амударё бўйи региони экологик муаммолари». Бухоро, 2003. – С.53-56.

14.Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Нурмуродов И.О., Юнязева Н.О. Исследование процессов растворения карбоната и фосфата кальция под действием диоксида азота. Сборник научных статей международной научной конференции «Инновация». Ташкент, 2004. – С. 56-59.

15. Турсунова И.Н., Журабекова Г., Мардонов У.М. Изучение растворения нитрозных газов системе “NO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O”. Труды международной конференции молодых ученых: «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск, 2008. – С.208-210.

16. Турсунова И.Н., Норкулов Д.А., Мардонов У.М. Изучение процесса декарбонизации под действием оксидов азота. Труды международной конференции молодых ученых: «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск, 2008. – С. 210-212.

17. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Нурмуродов Т.И., Турдиева О.Д., Эркаев А.У. Изучение составно-структурных особенностей фосфоритов Центральных Кызылкумов методом электронной микроскопии. Сборник материалов республиканской научно-технической конференции: «Разработка эффективной технологии получения минеральных удобрений и агрохимикатов нового поколения и применения их на практике». Ташкент, 2010. – С. 123-132.

18. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Санаева У., Эркаев А.У. Использование низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов для получения закрепителей сыпучих засоленных песков. Сборник материалов республиканской научно-технической конференции: «Разработка эффективной технологии получения минеральных удобрений и агрохимикатов нового поколения и применения их на практике». Ташкент, 2010. – С. 132 -134.

19. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Эркаев А.У., Нурмуродов Т.И. Использование продуктов переработки низкосортных фосфоритов в

производстве удобрений Сборник материалов республиканской научно-технической конференции: «Разработка эффективной технологии получения минеральных удобрений и агрохимикатов нового поколения и применения их на практике». Ташкент, 2010. – С. 113-117.

20 Турсунова И.Н. Мардонов У.М., Муратова М.Н. О некоторых аспектах нетрадиционного использования низкосортных фосфоритов. Материалы республиканской научно-технической конференции: «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». Навоий, 2012. – С. 105- 106.

21. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Муратова М.Н., Умиров Ф.Э., Эркаев А.У. Антипирены на основе низкосортных фосфоритов Центрального Кызылкума. Материалы VI международной научно-технической конференции: «Современные техника и технологии горно- металлургической отрасли и пути их развития». Навоий, 2013. – С.54.

22. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Муратова М.Н., Умарова А.Т., Рахматов И.Х. Изучение и разработка способа утилизации нитрозных газов в переработке минерального сырья. Материалы республиканской научно-технической конференции «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистане». Навоий, 2014. – С.31-32.

23. Tursunova I.N. Development of processing technology of the Central Kyzylkum`sphosphorites using nitrous gases. XV International scientific and practical conference: «European research: Innovation in science, education and technology». London. United Kingdom, 2016. – p. 25-26.

24. Турсунова И.Н., Мардонов У.М., Эркаев А.У. Разработка способов переработки низкосортных фосфоритов нитрозными газами. Первая международная конференция: «Ресурсосберегающие технологии переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов в фосфорсодержащие удобрения и фосфорные соли». Ташкент, 2016. – С. 36- 38.

25. Турсунова И.Н., Муратова М.Н., Атакулова М.Н. Нетрадиционные исследования в области переработки низкосортных фосфоритов нитрозными газами. Материалы IX международной научно-технической конференции: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». Навоий, 2017. – С.366.

Автореферат «Ўзбекистон кимё» журналида таҳрирдан ўтказилди

Босишга рухсат этилди: 10.04.2018 й.  
Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Шартли босма табағи: 3  
Буюртма рақами № 39  
Адади: 100 нусха

МЧЖ “Fan va ta’lim poligraf” босмахонасида чоп этилди  
100170, Тошкент шаҳар, Дўрмон йўли кўчаси, 24-уй.