

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

ULUG'BERDIEVA ZIYADA XOTAMOVNA

**MARKAZIY QIZILQUM FOSFORITLARIDAN AMMONIY VA KALSIY
POLIFOSFATLARINI OLIH TEXNOLOGIYASINI YARATISH**

02.00.13 – Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent - 2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

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

Ulug‘berdiyeva Ziyada Xotamovna

Markaziy Qizilqum fosforitlaridan ammoniy va kalsiy polifosfatlarini olish
texnologiyasini yaratish. 5

Улугбердиева Зияда Хотамовна

Разработка технологии получения полифосфатов аммония и кальция
из фосфоритов Центральных Кызылкумов. 21

Ulugberdieva Ziyada Khotamovna

Development of technology for obtaining ammonium and calcium
polyphosphates from phosphorites of Central Kyzylkum. 39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works. 42

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

ULUG'BERDIEVA ZIYADA XOTAMOVNA

**MARKAZIY QIZILQUM FOSFORITLARIDAN AMMONIY VA KALSIY
POLIFOSFATLARINI OLIH TEXNOLOGIYASINI YARATISH**

02.00.13 – Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent - 2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2018.4.PhD/T867 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent kimyo-texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.ionx.uz) va «ZiyoNet» axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Mirzakulov Xoltura Chorievich

texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy apponentlar:

Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich

texnika fanlari doktori, professor

Sherquziev Doniyor Shermatovich

texnika fanlari doktori, professor

Etakchi tashkilot

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti.

Dissertatsiya himoyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti huzuridagi DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 raqamli Ilmiy kengashning « 15 » yanvar 2025 yil soat 14⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; faks: (99871) 262-79-90; e-mail: ionx@academy.uz).

Dissertatsiya bilan Umumiy va noorganik kimyo institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (47 - raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo-Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil « 25 » dekabr kuni tarqatildi.
(2024 yil « 23 » dekabrda 47 - raqamli reestr bayonnomasi).



KIRISH ((PhD) doktorlik dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyo miqyosida qishloq xo'jaligida foydalanayotgan yerlarning hosildorligi kamayib ketishi tufayli fosforli o'g'itlarga bo'lgan talab ortib bormoqda. Yuqori sifatli fosfat xomashyosining yetishmasligi va termik fosfor kislotasi (TFK) mavjud emasligi muammoni yanada kengaytiradi. Bu muammolarni bartaraf etish uchun fosforli o'g'itlarning ozuqaviy tarkibiy qismlari konsentratsiyasini va foydali ish koeffitsientini oshirish zarurdir. Buning uchun, tarkibida fosfor polimer shaklda bo'lgan polifosfat tuzlarini olish zarurati mavjud. Chunki polifosfatlarning sekin gidrolizlanishi sababli o'zlashuvchan fosfor davomli ta'sirga ega bo'ladi va o'simliklar tomonida o'zlashtirilish koeffitsiyenti yuqori bo'ladi. Shuning uchun, ekstraksiya fosfor kislotasidan (EFK) quyipolimerlangan suvda eruvchan kalsiy polifosfati (QPSEKPF) hamda quyipolimerlangan suvda eruvchan ammoniy polifosfatlarini (QPSEAPF) ishlab chiqarish muhim ahamiyatga ega.

Dunyo miqyosida kalsiy, ammoniy, natriy va kondensatsiyalangan polifosfatlarni olish bo'yicha ilmiy –tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, apatit va fosforitlardan olingan EFKni yuqori konsentratsiyalargacha bug'latish; kondensirlangan QPSEKPF va QPSEAPFni ishlab chiqarishda energiya xarajatlarini kamaytirishga olib keladigan jarayonning maqbul texnologik omillarini o'rnatish; bir mahsulotda bir necha turdagi polishakldagi ozuqa komponentlarini tutgan polifosfat o'g'itlarini olish jarayonini o'rganish; konsentrlangan EFKni gaz holatidagi ammiak bilan neytrallashtirish jarayonini takomillashtirish; fizik-kimyoviy va tovar xossalari yaxshilangan va yuqori miqdorda suvda eruvchan shakldagi ozuqa komponentlarini tutgan polifosfat o'g'itlarini olishning energiya va resurstejamkor texnologiyasini ishlab chiqishga alohida e'tibor berilmoda.

Respublikamizda mahalliy fosfat xomashyosidan olingan EFKdan turli konsentratsiyadagi fosforli o'g'itlar va toza fosfat tuzlarini olish sohasida olimlarimiz tomonidan keng miqyosda innovatsion ishlanmalga oshirilmoqda. Respublikamizda so'ngi yillarda fosforli o'g'itlar ishlab chiqarish korxonalarini modernizatsiya qilish, yangi ishlab chiqarish korxonalarini yaratish, import o'rnini bosadigan eksportbop mahsulotlar ishlab chiqarish va chindisiz texnologiyalar joriy qilish bo'yicha keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. Yangi O'zbekistonning 2026-yilgacha mo'ljallangan taraqqiyot strategiyasida "...Milliy iqtisodiyot barqarorligini ta'minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini oshirish"¹ga qaratilgan muhim vazifalar belgilangan. Bu borada, mahalliy xomashyolar asosida past haroratli suvda eriydigan kalsiy va ammoniy polifosfatlarini ishlab chiqarish bo'yicha tadqiqotlarni o'tkazish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28-yanvardagi PF-60-sonli «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28- yanvardagi PF-60 son «2022-2026 yillarda Yangi O'zbekistonni taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni

to'g'risida»gi farmoni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 3-apreldagi PQ-4265 sonli «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 28-dekabrda PQ-4937 sonli «O'zbekiston Respublikasining 2021-2023 yillarga mo'ljallangan investitsiya dasturini amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 13-fevraldagi PQ-4992 sonli «Kimyo sanoati korxonalarini yanada isloh qilish va moliyaviy sog'lomlashtirish, yuqori qo'shimcha qiymatga ega bo'lgan kimyo mahsulotlari ishlab chiqarishni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi qarorlari, shuningdek, mazkur faoliyatga tegishli me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining asosiy ustuvor yo'nalishlariga bog'liqligi. Mazkur tadqiqot ishi Respublika fan va texnologiyalarni rivojlanishining VII «Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiyalar» ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoni o'rganilgan darajasi. Nashr etilgan adabiyot manbalarida turli xil konlar fosfat xomashyolarining kimyoviy va mineralogik tarkiblari o'rganish, apatitlar, boyitilgan va past konsentratsiyali fosforitlardan EFK olish va ular asosida fosforli o'g'itlar, polifosfat tuzlari olishga bag'ishlangan. Bu borada, ilmiy izlanishlar X.W.Wang, G.X.Chu, A.B.Bekturov, D.Z.Serazetdinov, M.E.Pozin, V.F.Karmishov, B.A.Dmitrevskiy, S.P.Kachetkov, D.L.Grishin, A.A.Hanna, D.Touabia, A.A.El-Asmy, H.M.Serag, V.F.Iskulov, A.A.Kiselev va boshqa yetakchi olimlarning ilmiy maktablari tomonidan olib borilgan.

Respublikamizda mahalliy xomashyolardan EFK, orto- va polifosfat shaklidagi oddiy va murakkab fosforli o'g'itlar, fosfor kislotasini toza tuzlarini olish bo'yicha bir qator tadqiqotlar B.M.Beglov, A.T.Zdukos, Sh.S.Namazov, B.D.Abdullayev, A.U.Erkayev, X.Ch.Mirzakulov, E.V.Sxay, X.M.Kanoatovlarning ishlarida o'z aksini topgan.

Ammo, olingan natijalarga qaramasdan, past haroratli suvda eruvchan polifosfatlarni olishning tavsiya etilayotgan usullarini muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun MQ fosforitlarini turli harorat va EFK me'yorlar sarfida kislotali-termik qayta ishlash jarayonida fizik-kimyoviy o'zgarishlari bo'yicha tizimli va chuqur tadqiqotlar olib borilmagan. Tarkibida suvda eruvchan polishakldagi kalsiy, fosfor va ammoniyli azotini tutgan birikmalar olish uchun jarayonning maqbul texnologik omillarini aniqlash muhimdir. Mahalliy xomashyolardan sekin ta'sir etuvchi ammoniy va kalsiy polifosfatlar ishlab chiqarish texnologiyalari to'g'risida ishonchli va ilmiy asoslangan ma'lumotlar mavjud emas.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent kimyo-texnologiya instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq №6-099 «Markaziy Qizilqumning ekstraksiya fosfat kislotasi asosida natriy va ammoniy fosfatlar va polifosfatlarning toza tuzlarini ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish» va №IOT-7-14 «Mahalliy fosfatli xomashyolar asosida natriy va ammoniy

fosfatlarning toza tuzlarini tajriba-sanoat texnologiyasini o'zlashtirish va joriy qilish» mavzularidagi amaliy va innovatsion loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi yuvib kuydirilgan fosfat konsentrati (YuKFK), MQ fosforitidan olingan EFK va gazsimon ammiak asosida ammoniy va kalsiy polifosfatlarini olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

MQ YuKFKdan konsentrlangan EFK olish jarayonini tadqiq qilish va ularning fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish;

jarayonning maqbul texnologik parametrlarni o'rnatish bilan MQ YuKFK va konsentrlangan EFK asosida QPSEKPF olishni tadqiq qilish;

MQ YuKFK va konsentrlangan EFK asosida QPSEKPF ishlab chiqarishning texnologik jarayonlarining maqbul me'yorlarini aniqlash, hamda texnologiyasini ishlab chiqish va aprobatsiya qilish hamda moddiy balansini tuzish;

bug'latilgan EFK va ammiak asosida suvda eruvchan shakldagi P_2O_5 miqdori yuqori bo'lgan QPSEAPF sintezini o'rganish;

QPSEAPF olish texnologik parametrlarning ta'sirini, quyqaning reologik va kimyoviy xossalarini texnologik parametrlarga ta'sirini o'rganish;

MQ fosforitlaridan olingan konsentrlangan EFK asosida QPSEAPF ishlab chiqarishning texnologik jarayonlarining maqbul me'yorlarini o'rnatish, texnologiyasini ishlab chiqish va aprobatsiya qilish hamda moddiy balansini tuzish;

quyi polimerlangan suvda eruvchan polifosfat o'g'itlarini olishning texnik-iqtisodiy samaradorligini asoslash.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida MQ fosforitidan olingan quyi va yuqori konsentrlangan EFK, YuKFK, gaz holatidagi ammiak, kalsiy polifosfat va ammoniy polifosfat olingan.

Tadqiqotning predmeti: fosforli o'g'itlarni termik degidratatsiyalash texnologiyasini hamda ular asosida kalsiy va ammoniy polifosfatlar olish texnologiyalari ishlab chiqish jarayonidagi kimyoviy xossalarini texnologik parametrlarga ta'sirini o'rganish hamda maqbul texnologik parametrlarni o'rnatishdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishida kimyoviy va fizik-kimyoviy, shuningdek spektroskopik (rentgenografik, differensial termal tahlil, IQ-spektroskopik, skanerlovchi elektron mikroskopiya) tahlil usullaridan foydalanilgan.

Dissertatsiyaning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

MQ YuKFKdan olingan konsentrlangan EFK asosida QPSEKPFni olish jarayoniga texnologik omillarning ta'siri aniqlangan;

$R=1,33\div 2,04$ qiymatlarida sintez qilingan monokalsiyfosfat digidratini termik degidratatsiyalash usuli bilan QPSEKPF olish jarayoniga haroratning, degidratatsiyalash davomiyligiga va donalar o'lchamlariga bog'liqligining maqbul sharoitlar aniqlangan;

MQ YuKFKdan olingan 56-60% li EFKni ammiak gazi bilan neytrallash, ammiakni uzatish tezligi ta'sirida P_2O_5 -ning polimerlanish darajasini 47-81% gacha oshirish mumkinligi isbotlangan;

Konsentrlangan EFK, MQning YuKFK va ammiak asosida kalsiy va ammoniy

polifosfatlarini olishning moddiy balanslari va ishlab chiqarishning prinsipial texnologik sxemalari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

uzoq muddatli ta'sir etuvchi polishakldagi ozuqaviy komponent – fosfor tutuvchi QPSEKPF va QPSEAPF larni olish jarayonining maqbul texnologik ko'rsatkichlari aniqlangan;

MQning fosfatli xomashyosidan olingan konsentrlangan EFK, fosforit va gazsimon ammiak bilan ishlov berish orqali, suvda eruvchan polishakldagi ozuqaviy komponentlarni tutuvchi kondensirlangan QPSEKPF va QPSEAPF o'g'itlari olingan;

QPSEKPF va QPSEAPF larini olish texnologiyalari ishlab chiqilgan va ular tajriba-sanoat miqyosida sinovdan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi zamonaviy kimyoviy tahlillar usullari va fizik-kimyoviy usullari, quyi polimerlangan suvda eruvchan kalsiy va ammoniy polifosfatlarini ishlab chiqarish natijalari, ishlab chiqarish sharoitidagi sanoat sinovlari mutanosibli bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati foskonsentrat, konsentrlangan ekstaksion fosfor kislotasi va gazsimon ammiak asosida kalsiy va ammoniy polifosfatlarni olish uchun maqbul texnologik ko'rsatkichlar, jumladan, datlabki xomashyo komponentlarining konsentratsiyasi, ularning o'zaro nisbati, gazsimon ammiak bilan neytrallash jarayonidagi neytrallanish darajalarining polimerlanish darajasiga ta'siri hamda olingan QPSEKPF va QPSEAPF larining kimyoviy va fizik-kimyoviy xossalriga bog'liq ravishda o'zgarishi qonunoyatlari aniqlashlar bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundaki, konsentrlangan EFK, foskonsentrat va gazsimon ammiakni kalsiy va ammoniy polifosfatlarga qayta ishlash texnologiyalarini ishlab chiqilganligi va mamlakatning fosforli o'g'itlarga bo'lgan ehtiyojini ta'minlash, mavjud fosforli xomashyolardan unumli foydalanish, qishloq xo'jaligida yerlarining hosildorligi oshirish, import o'rnini bosuvchi eksportbop mahsulotlar olish hamda mamlakatning eksport salohiyatini oshirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. MQ YuKFKni konsentrlangan EFK bilan qayta ishlash va yuqori konsentrlangan EFKni gaz holatidagi ammiak bilan neytrallash, hamda ularni termik degidratatsiyalash bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

MQ fosforitlarini konsentrlangan EFK bilan QPSEKPFga qayta ishlash texnologiyasi «Elektrokimyozavod» AJ-QKda amaliyotga joriy etilgan («Elektrokimyozavod» AJ-QKning 2024-yil 30-iyuldagi 74-son ma'lumotnomasi). Natijada $R=1,33-2,04$ nisbatlarining keng oralig'ida MQ fosforitlarini konsentrlangan EFK bilan parchalanishi natijasida olingan kalsiy fosforli o'g'itlarni termik degidratatsiya qilish orqali uzoq muddat davomli ta'sir etuvchi QPSEKPFni ishlab chiqarishni tashkil etish imkonini bergan;

MQ fosforitlaridan olingan konsentrlangan EFK va gazsimon ammiak asosida

yuqori ozuqaviy komponentli QPSEAPFga qayta ishlash texnologiyasi «Elektrokimyozavod» AJ-QKda amaliyotga joriy etilgan («Elektrokimyozavod» AJ-QKning 2024-yil 30-iyuldagi 74-son ma'lumotnomasi). Natijada, MQ YuKFKdan olingan konsentrlangan EFKni gaz holatidagi ammiak bilan neytrallash yo'li bilan QPSEAPFni ishlab chiqarishni tashkillashtirish imkoniyatini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 10 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 18 ta ilmiy ish chop etilgan. Shundan O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiyasi komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta ilmiy maqola, jumladan 3 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiya tuzilishi va hajmi. Dissertatsiyaning tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 120 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida tadqiqotni o'tkazishning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari shakllantirilgan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalar taraqqiyoti ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqot natijalarining ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, ilmiy natijalarning amaliyotga joriy etilishi, dissertatsiya tuzilishi va chop etilgan ilmiy ishlar bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Ammoniy va kalsiy polifosfatlar ishlab chiqarish va ulardan foydalanishning hozirgi holati**» deb nomlangan **birinchi bobida** kalsiy va ammoniy polifosfatlarning xomashyo bazasi, ularni ishlab chiqarish va qo'llash ko'lamini, uzoq muddat ta'sir etuvchi fosforli o'g'itlarni olishning fizik-kimyoviy asoslari va kalsiy va ammoniy polifosfatlar olish sohasidagi texnologik echimlarni o'rganish holatiga ko'ra patent va ilmiy texnik echimlari haqidagi adabiyot ma'lumotlari ko'rib chiqilgan. Adabiyotlarni tahlil qilish asosida tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirgan.

Dissertatsiyaning «**Boshlang'ich va oraliq mahsulotlarning xususiyatlari va tadqiqotning fizik-kimyoviy usullari**» nomli **ikkinchi bobi** qo'llanilgan materiallarning xususiyatlari va kimyoviy tahlillar, fizik xususiyatlarini aniqlash, fizik-kimyoviy tadqiqotlar va tajribalar o'tkazish usullari berilgan.

Dissertatsiyaning «**Markaziy Qizilqum fosforitidan olingan ekstraksiyon fosfor kislotasi asosida kalsiy polifosfatlar sintezi jarayoni tadqiqoti**» nomli **uchunchi bobida** MQ fosforitidan olingan konsentrlangan EFK va uning asosida fosforitni parchalab, ammiak bilan neytrallab olingan fosforli o'g'itni degidratatsiyalab kalsiy polifosfat olishga bag'ishlangan.

Tadqiqotlar uchun MQ YuKFKning quyidagi tarkibidan foydalanildi (og'ir.%): P_2O_5 -28,34; CaO-53,20; CaO: P_2O_5 -1,88; MgO-0,45; Fe_2O_3 -0,39; Al_2O_3 -0,41; SO_3 -3,05; F-2,94 va ushbu xomashyodan olingan EFK tarkibi (og'ir.%): P_2O_5 -21,6; CaO-

0,21; MgO-0,41; Fe₂O₃-0,37; Al₂O₃-0,43; SO₃-2,00; F-1,30. YuKFK EFk bilan 80°C da 60 daqiqa davomida parchalandi.

Polifosfat shakldagi o'g'itlarini ishlab chiqarish yuqori konsentrlangan EFkni talab qiladi. Buning uchun EFk 40,6-58,5 % P₂O₅ gacha bug'latildi. P₂O_{5EFK} i P₂O_{5FX} og'irlik yig'indisining fosforit va EFk (R) tarkibidagi kalsiy, magniy, temir, alyuminiy oksidlarining yig'indisiga nisbati 1,33 dan 2,04 gacha o'zgarib turadi, P₂O_{5 EFK} : P₂O_{5 FX} = 2,15 - 4,50 nisbatlariga mos keladi. R qiymati quyidagi formula yordamida hisoblangan: $R = \frac{\sum(P_{2O_5\text{ EFK}} / P_{2O_5\text{ FX}})}{\sum[(CaO, MgO, R_2O_3\text{ EFK} + CaO, MgO, R_2O_3\text{ FX})]}$. Olingan o'g'itlarning kimyoviy tarkibi, P₂O_{5 EFK} : P₂O_{5 FX} yoki R nisbatiga qarab, 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Fosforli o'g'itlarning kimyoviy tarkibiga P₂O_{5EFK}:P₂O_{5FX} nisbatining ta'siri

№	$\frac{P_{2O_5\text{ EFK}}}{P_{2O_5\text{ FX}}}$	R	pH ammonizatsiyagacha	Kimyoviy tarkibi, og'ir, %				
				P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ o'zl.	P ₂ O ₅ suv.	$\frac{P_{2O_5\text{ y3l}}}{P_{2O_5\text{ ymym}}}$	$\frac{P_{2O_5\text{ cy6}}}{P_{2O_5\text{ ymym}}}$
1	2,15	1,33	1,80	36,42	26,07	14,13	71,58	38,80
2	2,85	1,56	1,67	39,77	32,65	17,18	82,09	43,20
3	3,65	1,80	1,53	44,16	37,59	26,57	85,13	60,17
4	4,00	1,90	1,48	45,19	39,37	28,84	87,12	63,82
5	4,50	2,04	1,45	45,59	40,82	31,87	87,62	68,41

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, P₂O_{5 EFK} : P₂O_{5 FS} nisbati 2,15 dan 4,5 gacha yoki R 1,33 dan 2,04 gacha ko'tarilishi bilan P₂O_{5 umum.} miqdori 36,42% dan 45,59 % gacha, P₂O_{5 o'zl.} 26,07 % dan 40,82 % gacha va P₂O_{5 suv.} 14,13 % dan 31,87 % gacha ortadi. Shu bilan birga, o'zlashuvchan shakldagi P₂O₅ 71,58 % dan 87,62 % gacha, suvda eruvchan shakli 38,8 % dan 68,41 % gacha oshadi.

Amoniydagi fosforli o'g'itlar 60 daqiqa davomida 150 - 300 °C haroratda termik degidratatsiyalanadi. Degidratlash uchun donalar o'lchami -4 dan +3 gacha, -3 dan +2 gacha, -2 dan +1 mm gacha bo'lgan o'g'itlar namunalari tanlangan. Olingan o'g'itlarning kimyoviy tarkibi P₂O_{5 EFK} : P₂O_{5 FX} yoki R nisbatiga qarab, 2-va 3-jadvallarda keltirilgan.

R ning 1,33 dan 2,04 gacha oshishi bilan jadvallardan ko'rinib turibdiki, P₂O_{5 umum.}, P₂O_{5 o'zl.} va P₂O_{5 suv.} miqdorlari teng qiymatlarda oshib borishi kuzatilgan. Shunday qilib, +3 ÷ -2 mm li fraksiya uchun P₂O_{5 umum.} 38,22 - 40,41 % dan 47,88 - 52,31 % gacha ortadi, P₂O_{5 o'zl.} 19,89 - 25,99 dan 39,02 - 47,15 % gacha, P₂O_{5 suv.} 2,27-12,84 % dan 6,61-20,89 % gacha ortib boradi. R = 2,04 da P₂O_{5 suv.} ko'rsatkichlari ham oshadi va P₂O_{5 o'zl.} ko'rsatkichlari 250°C haroratda 39,37 % dan 47,15 % gacha ko'tariladi. P₂O_{5 suv.} ko'rsatkichlari R ning barcha qiymatlari uchun harorat oshishi bilan kamayadi. P₂O_{5 umum.}, P₂O_{5 o'zl.} va P₂O_{5 suv.} ko'rsatkichlari o'g'itlarning qolgan fraksiyalari uchun R va haroratning oshishi bilan xuddi shunday tarzda o'zgarib boradi. R = 1,33 da -3 ÷ +2 mm fraksiya uchun harorat oshishi bilan P₂O₅ ning o'zlashuvchan orto shakldagi ulushi 150°C haroratda 35,87% dan 7,45 % gacha kamayadi, P₂O₅ ning o'zlashuvchan polishakldagi ulushi 250°C haroratda 32,13 % dan 50,59 % gacha oshadi va 300°C haroratda esa 41,77 % gacha kamayadi. Bunday sharoitda suvda eruvchan P₂O₅ ulushi 33,6 % dan 5,62 % gacha kamayadi.

R ning 1,56 gacha ko'tarilishi bilan o'zlashuvchan poli shaklining ulushi $-3 \div +2$ mm li fraksiya uchun 150°C da 37,48 % dan 250°C haroratlarda 54,49 % gacha oshadi va 300°C haroratda termik ishlov berishda 46,29 % gacha kamayadi.

2-jadval

$\text{P}_2\text{O}_5_{\text{EFK}} : \text{P}_2\text{O}_5_{\text{FX}} = 3,65$ ($R = 1,33$) nisbatda degidratlangan kalsiy fosfatlarining kimyoviy tarkibiga donalar o'lchami, kuydirish haroratlari va $\text{P}_2\text{O}_5_{\text{EFK}} : \text{P}_2\text{O}_5_{\text{FX}}$ nisbatining ta'siri

№	t, °C	Donalar o'lchami d, mm	P_2O_5 , og'ir. %				P ₂ O ₅ o' zl. P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ o' zl. orto. P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ o' zl. poli. P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ suv. P ₂ O ₅ umum.	
			umum.	o'zlashuvchan							suv.
				orto+ poli	orto	poli					
1	Dast. mahs.		36,42	26,07	26,07	-	14,13	71,58	71,58	-	38,80
2	150	+1 ÷ -2	38,79	26,46	13,51	12,95	12,54	68,21	34,83	33,38	32,33
3	200		39,32	26,07	6,19	19,88	6,98	66,30	15,74	50,56	17,75
4	250		40,07	25,42	3,71	21,71	2,69	63,44	9,26	54,18	6,71
5	300		41,21	21,08	2,83	18,25	1,98	51,15	6,87	44,28	4,80
6	150	+2 ÷ -3	38,22	25,99	13,71	12,28	12,84	68,00	35,87	32,13	33,60
7	200		38,90	25,65	6,66	18,99	7,42	65,94	17,12	48,82	19,07
8	250		39,73	24,98	4,88	20,10	3,06	62,88	12,28	50,59	7,70
9	300		40,41	19,89	3,01	16,88	2,27	49,22	7,45	41,77	5,62
10	150	+3 ÷ -4	37,84	25,56	14,16	11,40	13,02	67,55	37,42	30,13	34,41
11	200		38,25	24,13	7,38	16,75	8,01	63,08	19,29	43,79	20,94
12	250		39,46	24,31	4,63	19,68	3,64	61,61	11,73	49,87	9,22
13	300		40,07	19,65	3,94	15,71	2,95	49,04	9,83	39,21	7,36

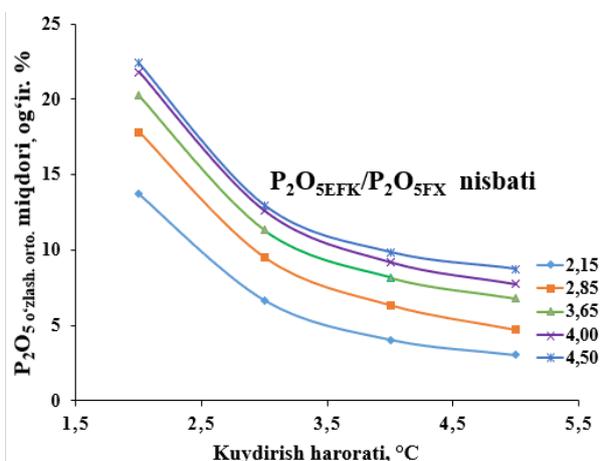
3-jadval

$\text{P}_2\text{O}_5_{\text{EFK}} : \text{P}_2\text{O}_5_{\text{FX}} = 4,5$ ($R = 2,04$) nisbatda degidratlangan kalsiy fosfatlarining kimyoviy tarkibiga donalar o'lchami, kuydirish haroratlari va $\text{P}_2\text{O}_5_{\text{EFK}} : \text{P}_2\text{O}_5_{\text{FX}}$ nisbatining ta'siri

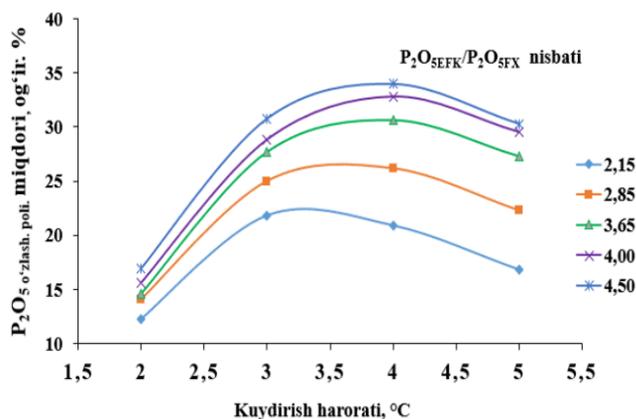
№	t, °C	Donalar o'lchami d, mm	P_2O_5 , og'ir. %				P ₂ O ₅ o' zl. P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ o' zl. orto. P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ o' zl. poli. P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ suv. P ₂ O ₅ umum.	
			umum.	o'zlashuvchan							suv.
				orto+ poli	orto	poli					
1	Dast. mahs.		46,59	40,82	40,82	-	31,87	87,62	87,62	-	68,41
2	150	+1 ÷ -2	48,58	43,07	21,77	21,30	20,10	88,65	44,81	43,84	41,37
3	200		49,30	44,50	12,18	32,32	9,48	90,26	24,70	65,56	19,23
4	250		52,63	51,10	10,61	40,49	6,37	97,09	20,16	76,93	12,10
5	300		53,72	41,58	8,31	33,27	5,78	77,40	15,47	61,93	10,76
6	150	+2 ÷ -3	47,88	39,37	19,50	19,87	20,89	82,23	40,73	41,50	43,63
7	200		48,39	41,66	12,49	29,17	10,88	86,09	25,86	60,28	22,48
8	250		50,90	47,15	13,47	33,68	8,03	92,63	26,46	66,17	15,78
9	300		52,31	39,02	8,75	30,27	6,61	74,59	16,73	57,87	12,64
10	150	+3 ÷ -4	47,24	38,51	19,45	19,06	22,06	81,52	41,17	40,35	46,70
11	200		47,82	39,80	15,11	24,69	12,10	83,23	31,58	51,60	25,30
12	250		49,61	44,45	12,61	31,84	8,57	89,59	25,42	64,18	17,28
13	300		50,90	35,99	12,28	23,71	7,90	70,70	24,13	46,58	15,52

Shunga o'xshash holat $-3 \div +2$ mm fraksiya uchun $R = 1,90$ va $2,04$ da kuzatiladi. Fraksiyalar o'lchamining $-2 \div +1$ dan $-3 \div +2$ gacha va $-4 \div +3$ hamda R oshishi bilan P_2O_5 umum. miqdorida biroz pasayishi va P_2O_5 suv. ulushi ortishi kuzatildi. Qolgan qonuniyatlar amalda o'zgarishsiz qoladi.

Kuydirish haroratining turli o'zlashuvchan shakldagi kalsiy fosfatlari tarkibiga ta'siri o'rganildi. 1- va 2-raslarda $P_2O_{5EFK} : P_2O_{5FX}$ nisbatlari va kuydirish haroratlarining fosforning umumiy va o'zlashuvchan shaklidagi miqdorlariga, shuningdek kalsiy polifosfatidagi o'zlashuvchan orto- va polifosfatlar tarkibiga ta'siri ko'rsatilgan.



1-rasm. O'zlashuvchan ortofosfatlar shakllari miqdoriga P_2O_{5EFK}/P_2O_{5FX} va kuydirish haroratlarining ta'siri



2-rasm. O'zlashuvchan polifosfatlar shakllari miqdoriga P_2O_{5EFK}/P_2O_{5FX} va kuydirish haroratlarining ta'siri

1-rasmda $P_2O_{5EFK} : P_2O_{5FX}$ nisbati va KPF tarkibidagi o'zlashuvchan fosfatlarning turli o'zgarishsiz shakllarini kuydirish haroratlarini kuydirish haroratining ta'siri natijalari ko'rsatilgan. Yuqoridagi rasmdan ko'rinib turibdiki, o'zlashuvchan ortofosfat shakllari kuydirish harorati ortishi bilan birinchi navbatda keskin – o'rtacha 2 marta (harorat 200°C gacha ko'tarilishi bilan), keyin esa bir me'yorda, o'rtacha 30% ga kamayadi, haroratning 200 dan 250°C gacha ko'tarilishi bilan va harorat 250 dan 300°C gacha ko'tarilganda 15% ga kamayadi. Ortofosfatlar miqdorining kamayishi ularning polifosfatlarga aylanishi bilan izohlanadi. Kuydirish haroratlari va $P_2O_{5EFK} : P_2O_{5FX}$ nisbatlarining polifosfat (2-rasm) tarkibiga ta'siri haroratning 150 dan 200°C gacha ko'tarilishi bilan o'zlashadigan P_2O_5 poli shakllarining tarkibi $P_2O_{5EFK} : P_2O_{5FX}$ nisbatidan qat'iy nazar o'rtacha 77-91 % gacha oshadi.

$P_2O_{5EFK} : P_2O_{5FX} = 1,33$ da olingan QSEKPF da haroratning 250°C gacha ko'tarilishi bilan o'zlashuvchan P_2O_5 poli shaklining miqdori $\sim 5\%$ kamayadi va yuqori nisbatlarda – kuydirish harorati 200°C solishtirganda 5-10 % ga oshadi. Harorat 300°C ga etganda, P_2O_5 ning o'zlashadigan poli shakli miqdori o'rtacha 10-20 % ga kamayadi. Fosforning o'zlashmaydigan shakli miqdorining pasayishi o'zlashuvchan polifosfatlarning o'zlashmaydigan metafosfatlarga o'tish tufayli yuzaga keladi.

Shunday qilib, P_2O_5 o'zlashadigan poli shaklining maksimal miqdori bilan maqbul kuydirish harorati $230-260^\circ\text{C}$ deb hisoblash mumkin. $P_2O_{5EFK} : P_2O_{5FX} = 3,65$ og'irlik nisbatlarida olingan ammoniylashgan, donador

fosforli o'g'itlarning kimyoviy tarkibiga kuydirish davomiyligining ta'siri 200, 240 va 260 °C haroratlarda o'rganildi, eksperimental ma'lumotlarning natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval

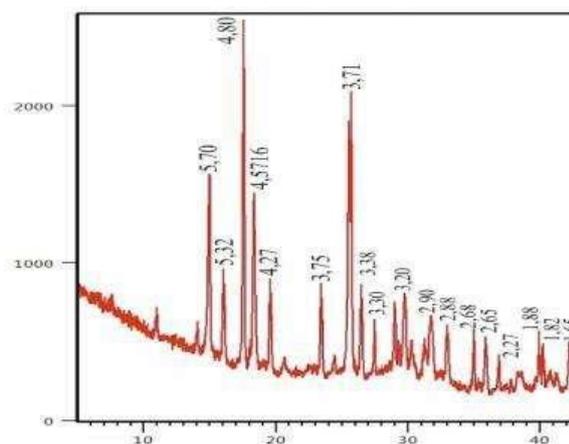
Mahsulotdagi P₂O₅ turli shakllariga kuydirish jarayoni davomiyligi va haroratlarining ta'siri

Kuydirish vaqti, daq.	Polifosfatdagi P ₂ O ₅ miqdori, og'ir. %				P ₂ O ₅ o'zl.	P ₂ O ₅ suv.	γ poli,%
	P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ o'zl.	P ₂ O ₅ suv.	P ₂ O ₅ poli.	P ₂ O ₅ umum.	P ₂ O ₅ umum.	
Dastlabki	43,70	35,80	28,83	-	81,90	65,9	-
200 °C haroratda							
20	44,12	36,26	19,16	82,16	43,42	38,74	38,77
40	45,19	37,56	11,54	83,12	25,54	57,58	57,58
60	46,63	39,89	10,38	85,55	22,26	63,29	63,32
90	46,97	40,41	8,79	86,00	18,72	67,28	67,37
120	47,22	41,23	8,27	87,31	17,51	70,70	69,68
240 °C haroratda							
20	46,31	38,22	16,77	82,53	36,21	46,32	46,40
40	46,93	39,28	10,92	83,70	23,27	60,43	60,40
60	48,09	41,31	7,80	85,90	16,22	69,68	69,70
90	48,78	42,33	5,89	86,78	12,07	74,71	74,68
120	49,21	43,16	4,58	87,71	9,31	78,40	78,38
260 °C haroratda							
20	48,53	40,28	11,79	83,00	24,29	58,71	58,80
40	48,91	41,22	9,34	84,28	19,10	65,18	65,20
60	49,14	42,31	6,19	86,10	12,60	73,50	73,60
90	50,11	41,89	4,85	83,60	9,68	73,92	73,90
120	51,19	42,06	3,49	82,16	6,82	75,34	75,40

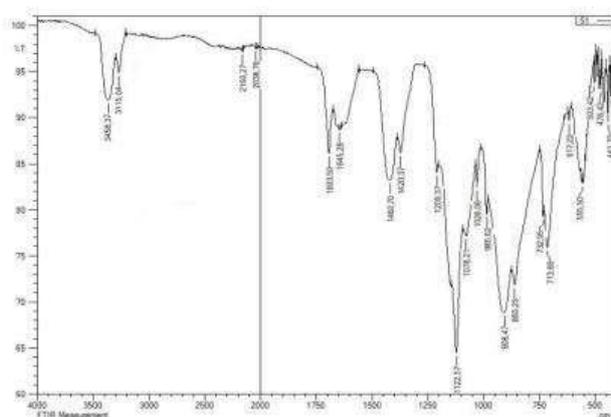
Jadvaldan ko'rinib turibdiki, 200 °C va 240 °C haroratlarda degidratatsiya jarayonida P₂O₅ ning umumiy o'zlashuvchan shakllari 40 daqiqagacha davom etganda nisbatan tez ortadi va davomiylikning yanada ortishiga bilan kam miqdorda oshishiga olib keladi. Xuddi shunga teng sharoitlarda va 40 daqiqagacha davom etadigan oraliqlarda P₂O₅ ning suvda eruvchan shaklining miqdori keskin kamayadi va davomiylikning yanada oshishi esa P₂O₅ ning suvda eruvchan shaklining sezilarli darajada pasayishiga olib kelmaydi.

Kuydirish harorati 260°C bo'lganida, kuydirish davomiyligi oshishi bilan mahsulotdagi P₂O₅ ning umumiy shaklining miqdori asta-sekin o'sib boradi va P₂O₅ ning umumiy o'zlashuvchan shakli 60 daqiqa davomida maksimal darajadan o'tadi. P₂O₅ ning suvda eruvchan shakli 60 daqiqagacha 28 % dan 5 % gacha, 60 daqiqadan 120 daqiqagacha esa 5 dan 3,5 % gacha kamayadi. O'tkazilgan tadqiqotlar MQ fosforitlari asosidagi ortofosfatlardan KPF olish imkoniyatini ko'rsatdi. Buning uchun P₂O₅ ning o'zlashuvchan shakllarining yuqori miqdorini olish uchun P₂O₅ EFK : P₂O₅ FX nisbati kamida 3,5 bo'lgan kalsiy ortofosfatlar va kalsiy ammoniydan foydalanish yaxshiroqdir. QPSEKPFFlarni olish uchun degidratatsiya jarayoni 230-260°C haroratda 40-60 daqiqa davomida amalga oshirilishi kerak. Bunday sharoitda P₂O₅ ning umumiy miqdori 49,83%, umumiy o'zlashuvchan shakli - 87,0 %, polimerlanish darajasi esa - 68,88 %.

Olingan KPF (R = 1,80) ning minerologik va kimyoviy tarkibini aniqlash uchun namunalarning rentgenogramma, IQ-spektroskopiya va energiodispersion mikroskopik tahlil usullari amalga oshirildi (3 va 4-rasm).



3-rasm. Kalsiy polifosfat rentgenogrammasi



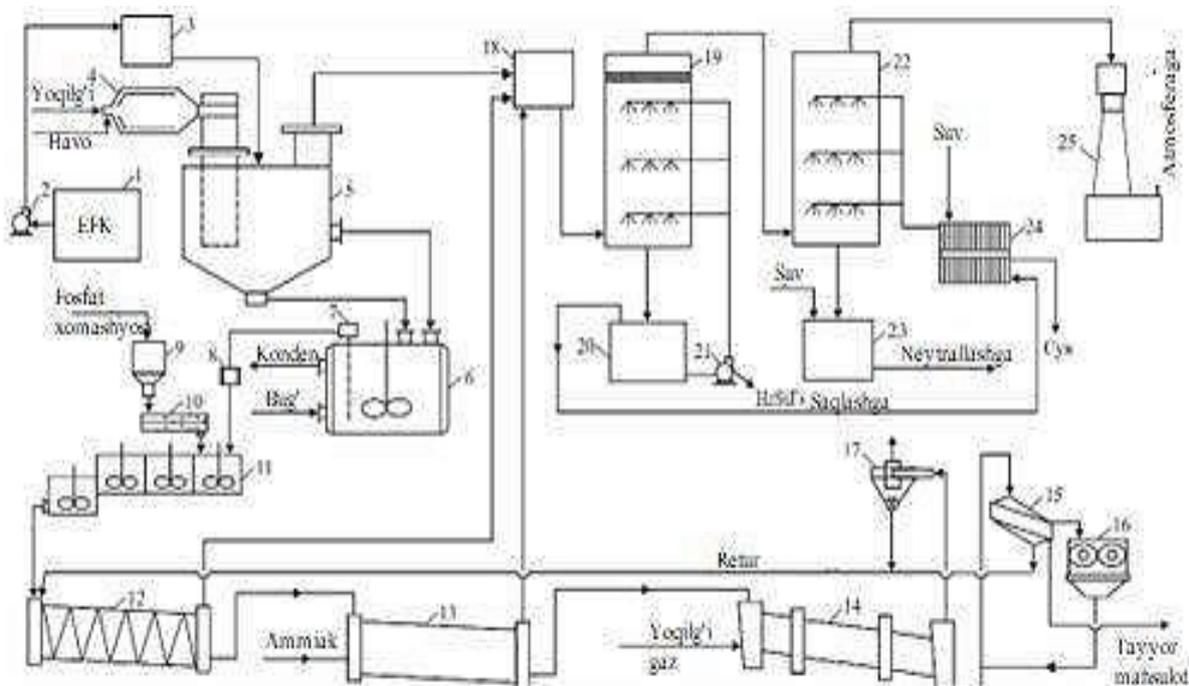
4-rasm. Kalsiy polifosfat IQ-spektri (EFK:F/X = 3,65)

Rentgenogramma difraksiyon choʻqqilari (3-rasm) faqat tekisliklararo masofalarda kalsiy difosfatlar ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) ga xos boʻlgan - 5,70; 4,80; 3,71; 3,38; 3,30 Å va ammoniy polifosfatlar ($(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$ i $(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$) - 4,5716; 4,27 Å, monoammoniyfosfat ($\text{NH}_4\text{N}_2\text{PO}_4$) - 5,32; 3,75 Å, temirli lazulit $(\text{Mg,Fe})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ - 3,20 Å, parchalanmagan fosforit - 2,90; 2,27 Å, kvarts - 1,88; 1,82 Å, shuningdek $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ va CaF_2 - 2,88, 2,68 va 1,65 Å difraksiyon choʻqqilari mavjud.

PO_2 guruhlarining simmetrik tebranish chastotalari hududida (4-rasm) 1078,21-1209,37 cm^{-1} chizigʻi ustunlik qiladi, bu birikma anionning uzun zanjirli tuzilishini koʻrsatadi. Uzunzanjirli hududda RO_2 guruhlarining yutilishi, shuningdek, yutilish intensivligining oʻzgarishi kationlarning tabiati va anionning polimerlanish darajasining taʼsirini aks ettiradi. KPFning energiya dispersion tahlili quyidagi elementlarning miqdorini koʻrsatdi: N-3,02%; O-51,07%, F-1,58%; Na-0,23%; Mg-0,73%; Al-0,64%; Si-0,32%; P-21,96%; S-1,88%; Ca-17,86%; Fe-0,71%, bu KPF tarkibiga mos keladi. Rentgenogramma difraksiyon choʻqqilari (3-rasm) faqat tekisliklararo masofalarda kalsiy difosfatlar ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) ga xos boʻlgan - 5,70; 4,80; 3,71; 3,38; 3,30 Å va ammoniy polifosfatlar ($(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$ va $(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$) - 4,5716; 4,27 Å, monoammoniyfosfat ($\text{NH}_4\text{N}_2\text{PO}_4$) - 5,32; 3,75 Å, temirli lazulit $(\text{Mg, Fe})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ - 3,20 Å, parchalanmagan fosforit - 2,90; 2,27 Å, kvarts - 1,88; 1,82 Å, shuningdek $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ va CaF_2 - 2,88, 2,68 va 1,65 Å difraksiyon choʻqqilari mavjud.

MQ bugʻlatilgan yuqori konsentrlangan EFK va fosfat xomashyosidan KPF ishlab chiqarish prinsiplar texnologik sxemasi ishlab chiqilgan (5-rasm).

Ishlab chiqilgan texnologiya «Elektrokimyozavod» AJ-QK da sinovdan oʻtkazildi, natijada R = 2,04 da olingan kalsiy polifosfat quyidagi kimyoviy tarkibga ega (ogʻir: %): P_2O_5 umum - 50,89 %, P_2O_5 umum. oʻzi - 92,67 %, P_2O_5 umum. suv - 15,8 %, γ polimer. - 66,20 %.



5-rasm. MQ bug‘latilgan EFKsi va YuKFKdan QPSEKPF olishning prinsipial texnologik sxemasi: 1, 6, 20, 23 - sig‘imli idishlar; 2, 7, 21 - nasoslar; 3 - bosimli bak; 4 - yoqilg‘i; 5 - barbotajlibug‘latish qurilmasi; 8 – sarf o‘lchagich; 9 - bunker; 10 - shnekli ta‘minlagich; 11 - 4lik aralastirgich; 12 - shnekli aralastirgich; 13 - ammoniator; 14 - kuydirish barabani; 15 - klassifikator; 16 - maydalagich; 17 - siklon; 18 - tomchi ushlagich; 19 - absorber; 22 - kondensatsiya minorasi; 24 - sovitish; 25 - tomchi ushlagichli Ventura skrubberi

Suvda eruvchan KPFlar suv bilan uzoq muddatli gidrolizlanish jarayonida ozuqaviy komponentlar P_2O_5 va CaO ning uzoq muddatli ta‘siri tufayli yuqori agrokimyoviy samaradorlik va oziqa moddalarning foydali ish koeffitsientini namoyish etadi. Dastlabki texnik-iqtisodiy hisob-kitob natijalari shuni ko‘rsatadiki, 10 ming tonna KPF tejalsa, umumiy iqtisodiy samaradorlik 23 920,42 mln. so‘mni tashkil etadi.

Dissertatsiyaning «**Markaziy Qizilqum fosforitlaridan olingan ekstraksiyon fosfor kislotasi asosida ammoniy polifosfatlarni sintez qilish jarayonining tadqiqoti va ularning texnologiyasini ishlab chiqish**» deb nomlangan to‘rtinchi bobida MQ fosforitlarining konsentrlangan EFKsi asosida APF olishga bag‘ishlangan.

MQ fosforitlaridan olingan bug‘latilgan EFKni gazzimon ammiak bilan neytrallash bo‘yicha tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Ammonizatsiya jarayonining kirish va chiqish parametrlarining o‘zaro bog‘likligini aniqlash uchun dastlabki EFKning boshlang‘ich harorati ($80^{\circ}C$) o‘zgarmagan holda vaqt o‘tishi bilan reaksiya massasi haroratining o‘zgarishiga ammiak etkazib berish tezligining ta‘siri bo‘yicha tajribalar o‘tkazildi. Bunday holda, belgilangan shartlar uchun muhit haroratining maksimal qiymatiga vaqt va APF suyuqlanmasining ma‘lum bir pH qiymatini ta‘minlaydigan jarayonning umumiy davomiyligi (4-jadval) qayd etilgan.

4-jadval

Bug'latilgan EFKni ammiak bilan neytrallash jarayoni ko'rsatkichlari

№	Ammiak sarfi, $V \cdot 10^5$ m^3/s	Ammonizatsiya davomiyligi, τ , daqiqa	Berilgan ammiak miqdori, g	pH	Maksimal erishiladigan haroratlar, t_{max} °C
Bug'latilgan EFK konsentratsiyasi – 56,4% P_2O_5					
1	6,00	790	33,90	3,30	165
2	7,80	390	20,15	3,30	190
3	10,0	180	13,40	2,90	220
4	12,60	140	12,60	2,80	230
Bug'latilgan EFK konsentratsiyasi – 60,35% P_2O_5					
5	6,00	730	31,00	2,80	200
6	7,80	290	18,05	2,80	240
7	10,0	170	13,20	2,80	240
8	12,60	140	11,30	2,70	240

4-jadvaldagi ma'lumotlardan kelib chiqadiki, reaktorda NH_3 sarfi $6,0 \cdot 10^{-5} m^3/s$ bo'lganda, muhit harorati konsentratsiyasi 56,4-60,35 % P_2O_5 bo'lgan kislotalar uchun 80 dan 165-200°C gacha ko'tariladi. NH_3 sarfining tezligi $10,0 \cdot 10^{-5} m^3/s$ gacha oshgani sayin, pH ga erishish vaqti 790 dan 140 sekundgacha kamayadi.

Shuning uchun dastlabki konsentrlangan EFK haroratining uni gazsimon ammiak bilan neytrallash jarayonida haroratning o'zgarishiga ta'siri o'rganildi (5-jadval).

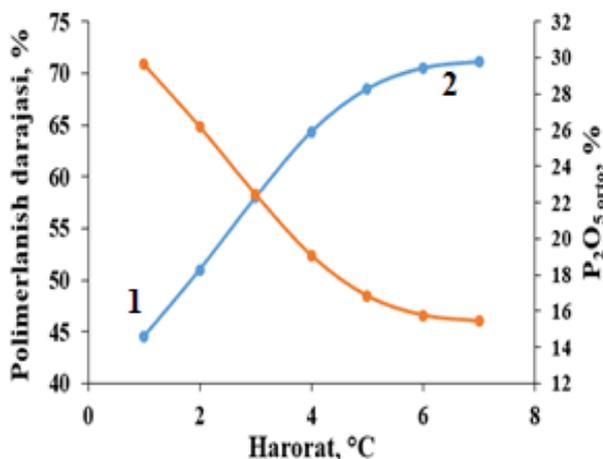
5-jadval

Bug'latilgan kislota gazsimon NH_3 bilan neytrallash jarayoni texnologik ko'rsatkichlarining APF tarkibi va xossalari ta'siri (NH_3 sarfi $-10,0 \cdot 10^{-5} m^3/s$)

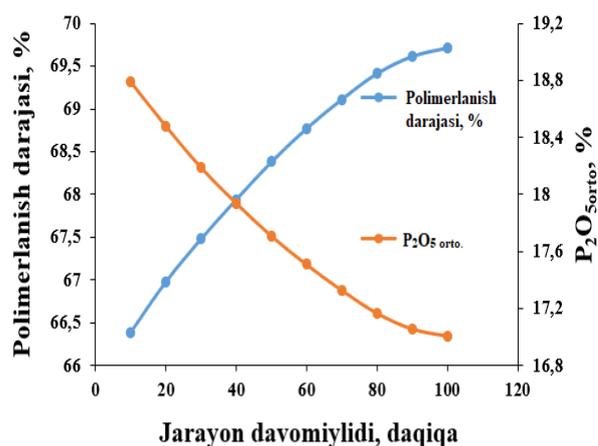
№	Jarayon davomiy, sek.	Ammonizatsiya vaqti, sek.	pH muhiti	Neytrallash harorati, °C	Miqdori, og'ir. %			$\gamma_{P_2O_5}$, %
					P_2O_5 umum	P_2O_5 orto	N	
Kislota konsentratsiyasi - 56,41% P_2O_5								
1	230	130	3,75	220	53,38	29,62	12,10	44,52
2	250	150	3,70	230	53,57	26,63	12,06	50,29
3	300	180	3,70	250	53,81	26,02	11,87	51,65
4	380	200	2,90	250	54,02	19,26	10,39	64,34
5	450	200	3,30	250	53,96	19,47	11,94	63,92
Kislota konsentratsiyasi - 60,35% P_2O_5								
6	330	220	3,75	220	54,05	27,11	12,13	49,84
7	350	220	3,70	230	54,49	24,09	12,09	55,79
8	380	230	3,90	240	54,86	22,29	12,04	59,36
9	410	200	3,70	250	55,91	18,79	11,97	66,39
10	460	200	3,60	250	56,05	18,94	11,95	66,21

Reaktor va mahsulotning pH haroratidan hosil bo'lgan kondensatsiyalangan P_2O_5 shakllarining o'zgarishi shuni ko'rsatidiki, harorat o'rganilganda pH oralig'i 220 dan 250°C gacha ko'tarilganda, P_2O_5 polimerizatsiya darajasining oshishiga olib keladi.

Bundan tashqari, bir xil haroratda kondensirlangan shakllari hosil bo'lishining tezligi suyuqlanma pH ning oshishi bilan ortadi. Kuydirish haroratlari va davomiyliklarining APF tarkibiga ta'siri o'rganildi (6- va 7-rasm).



6-rasm. APFning degidratatsiyalash jarayonida haroratlarning P₂O₅ polimerlanish darajasi va miqdoriga bog'liqligi: 1 - γ , %, 2 - P₂O₅ orto.



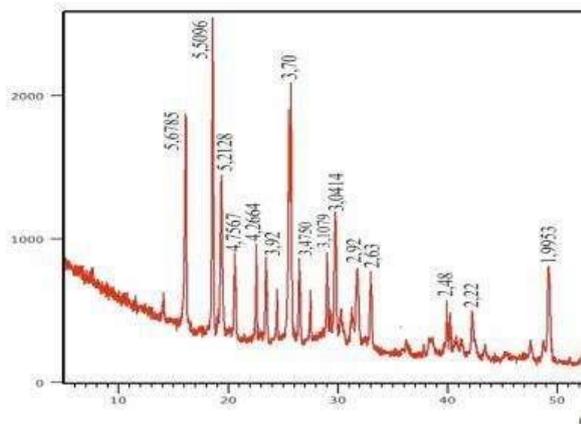
7-rasm. APFning 250°C haroratda degidratatsiyalashda jarayon davomiyligining P₂O₅ polimerizatsiya darajasi va miqdoriga bog'liqligi

6-rasmda kuydirish haroratlarining APF fosforning polishakli miqdoriga ta'siri ko'rsatilgan. 6-rasmdan ko'rinib turibdiki, kuydirish haroratining 220 dan 250 °C gacha ko'tarilishi bilan fosforning polishakli keskin ortadi va haroratning 250 dan 280°C gacha ko'tarilishi bilan ular biroz ko'tariladi. Barcha eksperimental namunalarda ushbu o'rganilgan harorat oraliqlarida polimerlanish darajasining o'zgarishi deyarli bir xil kuzatildi. Jarayonning maqbul harorati 225-250 °C deb qabul qilish mumkin. Kuydirish haroratining 220 dan 260°C gacha ko'tarilishi bilan fosfatlarning orto shaklining miqdori 29,61% dan 16,81% gacha keskin pasayadi va haroratning 260 dan 280 °C gacha ko'tarilishi biroz pasayishiga olib keladi, ya'ni 16,81 % dan 15,43 % gacha. 7-rasmda degidratatsiya jarayonining davomiyligi 250°C haroratda APFning polimerlanish darajasiga va P₂O₅ umum miqdoriga ta'siri ko'rsatilgan. Ko'rsatkich 20-30 daqiqa davomida degidratlash zarurligini tasdiqlaydi. Bunday holda, polimerizatsiya darajasining maksimal qiymatlari va P₂O₅ ning orto shakli miqdoriga erishiladi. Ammoniy fosfatlarning degidratlanishi uchun optimal sharoitlar 230-250°C harorat va 20-30 daqiqa davom etadigan jarayon bo'lib, unda 68-70% polimerlanish darajasiga erishiladi.

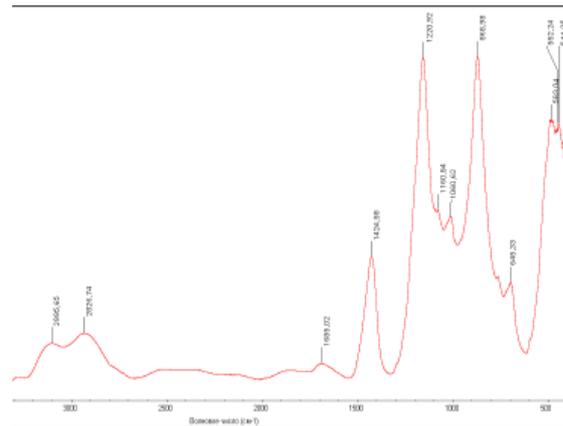
MQ fosforitlaridan konsentrlangan EFKni gazsimon ammiak bilan neytrallash jarayonida hosil bo'lgan APFning fazaviy tarkibini aniqlash uchun ular fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida amalga oshirildi (8-9 rasm).

60% P₂O₅ tutgan EFKni gazsimon ammiak bilan neytrallash natijasida olingan APFning rentgenogrammasi (8-rasm), yuqoridagi tuzlarga xos bo'lgan cho'qqilardan tashqari, bir qator yangi cho'qqilar mavjud Å: (NH₄)₃HP₂O₇ - 5,05096; 3,8891; 3,4750; 3,4120; 3,108; 2,7889; γ va β (NH₄)₂H₂P₂O₇ - 5,6785; 4,5716; 5,5096; 5,7669. Ammoniy polifosfatlarning IQ-spektrlarida (9-rasm) 550 sm⁻¹ hududida PO₄ guruhining deformatsion tebranishlariga mos keladigan NH₄H₂PO₄ uchun xarakterlidir, keng oraliqda 1060,62-1220,92 sm⁻¹ yutilish

chastotalari mavjud bo'lib, birikmaning uzun zanjirli strukturaviy ionini ko'rsatib, ba'zi IQ-spektrlarida azotli birikmalarga mos keladigan maksimal 1424,58 cm^{-1} tebranishlar mavjud.



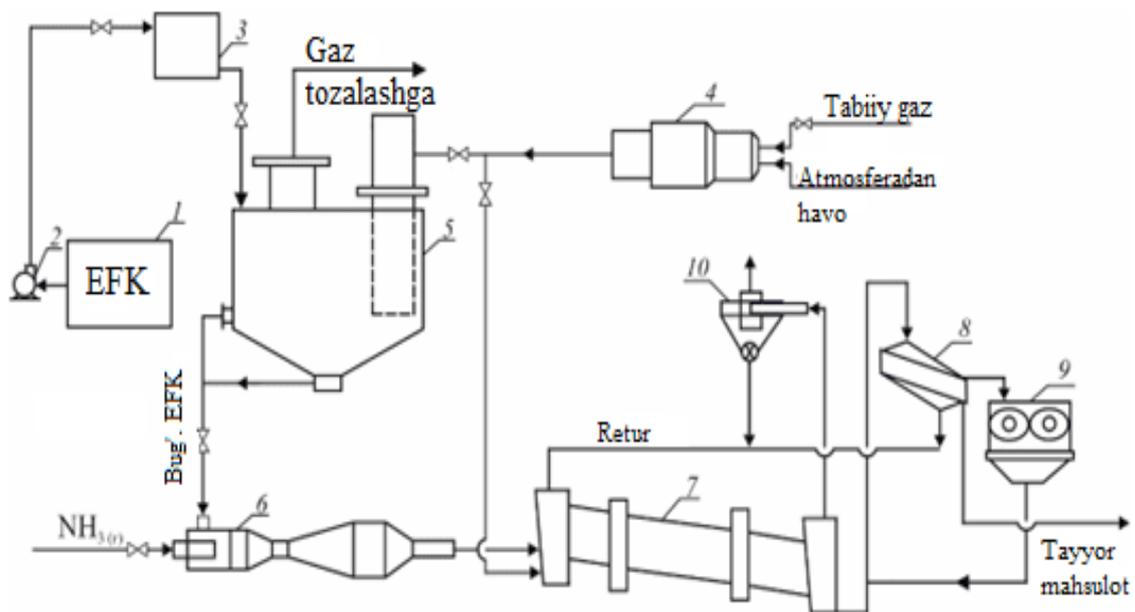
8-rasm. APF rentgenogrammasi



9-rasm. APF IQ-spektroskopiyasi

Maksimal $645,33 \text{ cm}^{-1}$ bo'lgan juda kuchli yutilish hududida Me (III)-O bog'lanishga mos keladi. APFning energodispersion tahlili quyidagi elementar tarkibini ko'rsatdi: N-12,2%; O-54,2%, Na-0,1%; Mg-1,9%; Al-1,2%; Si-0,1%; P-25,1%; S-3,0%; Ca-0,7%; Fe-1,4%, ammoniy polifosfat tarkibiga mos keladi.

MQ fosforitidan olingan bug'latilgan yuqorikonsentrlangan EFK bilan gazsimon ammiak asosida ammoniy polifosfatlar ishlab chiqarish prinsiplial texnologik sxemasi (10-rasm) keltirilgan.



10-rasm. MQ konsentrlangan EFKsi va gazsimon ammiakdan kondensirlangan ammoniy polifosfat olishning prinsiplial texnologik sxemasi:

1 - sig'imli idish; 2 - nasos; 3 - bosimli idish; 4 - yoqilg'i; 5 - barbotajli bug'latish qurilmasi; 6 - quvurli reaktor; 7 - kuydirish barabani; 8 - klassifikator; 9 - maydalagich; 10 - siklon.

Ishlab chiqilgan texnologiya «Elektrokimyozavod» AJ-QKda sinovdan o'tkazildi, natijada maqbul sharoitda olingan mahsulot o'rtacha quyidagi tarkibga ega bo'ldi: og'ir.%, P_2O_5 umum - 52-56%, γ polifosfat 49-81%, N - 11-12,5%.

Dastlabki texnik-iqtisodiy hisob-kitob natijalari shuni ko'rsatdiki, yiliga 10 ming tonna ammoniy polifosfat ishlab chiqarish quvvati bilan umumiy iqtisodiy samaradorlik 24 182,01 mln. so'mni tashkili etdi.

XULOSA

Dissertatsiya ishi mavzusidagi ilmiy-amaliy tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1. MQ fosforitidan olingan EFKni (P_2O_5 - 21,0% og'ir.) konsentrlash jarayoni va ularning reologik xossalari o'rganildi. Dastlab va oraliq tozalashsiz EFKni 58,5% og'ir. P_2O_5 gacha konsentrlash mumkinligi ko'rsatildi. Bunda dastlabki eritmada mavjud bo'lgan ftorning 80-90% gaz fazaga chiqadi va kislota mahsuloti uning konsentratsiyasi 0,21-0,25% gacha kamayadi. Olingan EFKning (45,0-58,5 % og'ir. P_2O_5) fizik-kimyoviy va reologik xossalari 60°C-dan yuqori bo'lganda sanoatda qayta ishlash uchun etarli bo'lgan oquvchanlikni ta'minlaydi.

2. MQ fosforitlarini EFK yordamida parchalash orqali fosforli o'g'itlarni olish jarayoni R-ning keng oraliq qiymatlarida (P_2O_5 yig'indisining og'irlik nisbatlarini (EFK va fosforitlardan) CaO, MgO, FeO, Fe_2O_3 , Al_2O_3 oksidlarining (EFK va fosforitlardan) yig'indisiga nisbati 1,33 dan 2,04 gacha tadqiq qilingan. Parchalanish jarayonining maqbul parametrlari o'rnatilgan va ularning reologik xossalari o'rganilgan. Konsentrlangan fosforli o'g'itlar – qo'shsuperfosfat olingan, ularning parchalanish darajasi, kimyoviy tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlari aniqlangan. Bu o'g'itlarni tayyor mahsulot sifatida ham, QPSEKPF olish uchun yarim mahsulot sifatida ham xizmat qilishi mumkin.

3. $R = 1,33 \div 2,04$ keng oraliqlarda sintez qilingan fosforli o'g'itlarni termik degidratatsiyalash yo'li bilan QPSEKPF olish jarayoni harorat, termik degidratatsiyalash davomiyligi va donalar o'lchamiga bog'liqligi o'rganildi. Harorat va R qiymatining o'rganilgan oralig'ida chiziqli suvda eruvchan polifosfatlarning hosil bo'lishi 240-260°C da 40-50 daqiqada tugashi aniqlandi.

4. Fosforli o'g'itlarni termik degidratatsiyalash yo'li bilan QPSEKPF olish jarayonining maqbul texnologik omillari o'rnatildi: fosforli o'g'itlardagi R qiymati - $1,83 \div 2,04$, degidratatsiya harorati 240-260°C, davomiyligi - 40-60 daqiqa. Olingan mahsulot yopishqoq emas va yaxshi fizik-kimyoviy va tovar xususiyatlariga ega. Maqbul sharoitlarda olingan QPSEKPF, quyidagi tarkibga ega: $P_2O_{5\text{umum}}$ - 49,83-50,89% og'ir., $P_2O_{50'zl}/P_2O_{5\text{umum}}$ - 87,10-92,67% nisb., $P_2O_{5\text{suv}}/P_2O_{5\text{umum}}$ - 10,44-15,80% nisb., γ poli. - 66,20-70,24% nisb.

5. Jadallashgan texnologiya bo'yicha QPSEAPF ishlab chiqarish jarayoni konsentrlangan EFKni gzsimon ammiak bilan quvurli reaktorda neytrallash va hosil bo'lgan ammoniy fosfatni termik degidratatsiya qilish orqali tadqiq qilindi. Neytrallash jarayonining maqbul texnologik omillari o'rnatildi, jumladan ammiak sarfi $10,0 \cdot 10^{-5}$ m³/soniyani, ya'ni konsentrlangan EFKning (56,41% og'ir. P_2O_5) haroratini 70 soniyada 95-100°C-dan 240-245°C-gacha ko'tariladi va P_2O_5 ning

polimerlanish darajasi 52% dan kam bo'lmagan suyuqlanmaning pH qiymati 250-300 soniyada 3,5 ga etadi. Harorat va ammiak yetkazib berish tezligiga qarab 52-56% P_2O_5 li konsentrlangan EFK gazsimon ammiak bilan neytrallash kinetikasi o'rganildi. O'rganilgan parametrlar oralig'ida P_2O_5 polimerlanish darajasi 47-81% ni tashkil qiladi

6. Qisman polimerlangan ammoniy fosfatning termik degidratatsiyalashga texnologik ko'rsatkichlarning ta'siri o'rganildi va ularning maqbul sharoitlari o'rnatildi: harorat - 240-250°C va davomiylik - 30-40 daqiqa, polimerlanish darajasi 68-70% va fizik-kimyoviy va tovar xossalari yaxshi bo'lgan mahsulot olish imkonini beradi. Maqbul sharoitlarda olingan QPSEAPFning kimyoviy tarkibi quyidagicha: $P_2O_{5\text{umum}}$ - 54,49-56,50% og'ir., $P_2O_{5\text{suv}}/P_2O_{5\text{umum}}$ - 18,30-44,21% nisb., γ_{poli} - 55,79-81,70% nisb.

7. Rentgen difraksiyasi, DTA, IQ-spektroskopiya va skanerlovchi elektron mikroskopiya tahlili usullarini o'z ichiga olgan fizik-kimyoviy tahlil usullaridan foydalanish bilan QPSEKPF va QPSEAPF larning tuz tarkiblari va fizik-kimyoviy tavsiflari tadqiq qilindi.

8. MQ fosforitlari, MQ fosforitidan olingan konsentrlangan EFK va ammiakdan QPSEKPF va QPSEAPF ishlab chiqarishning texnologik sxemasi ishlab chiqildi va moddiy balans tuzildi. Ishlab chiqilgan texnologiyalar ishlab chiqarish sharoitida mahsulotning tajriba namunasini olish bilan muvaffaqiyatli aprotatsiyadan o'tkazildi, bu esa ishlab chiqarish jarayonlarining texnologik me'yorlarini qayta tekshirishga va texnologiyani joriy etishga qabul qilish imkoniyatini berdi.

9. Texnik-iqtisodiy hisoblar MQ fosforitlari, konsentrlangan EFK va ammiak asosida QPSEKPF va QPSEAPF ishlab chiqarishni tashkil etish yuqori iqtisodiy samaradorligi va maqsadga muvofiqligini ko'rsatdi. Yiliga 10 ming tonna QPSEKPF va QPSEAPF ishlab chiqarishning iqtisodiy samarasi import qilinganlarga nisbatan mos ravishda 23 920,42 va 24 182,01 mln. so'mni tashkil etadi. Bundan tashqari, ozuqa tarkibiy qismlarining polishaklida bo'lishi va uning suv bilan gidrolizlashda uzoq muddatli ta'sir ko'rsatishi tufayli ularning samaradorligi kamida 2 baravar yuqori.

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

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УЛУГБЕРДИЕВА ЗИЯДА ХОТАМОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИФОСФАТОВ
АММОНИЯ И КАЛЬЦИЯ ИЗ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ
КЫЗЫЛКУМОВ**

02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе

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

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2018.4.PhD/T867.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме) размещен на веб-странице Научного семинара (www.ionx.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz)

Научный руководитель:

Мирзакулов Холтура Чориевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
доктор технических наук, профессор

Шеркузиев Дониёр Шерматович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Навоийский гос.горно-технологический университет

Защита диссертации состоится « 15 » января 2025 г. в « 14⁰⁰ » часов на заседании Научного совета DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionx@academy.uz

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 47, 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 « 25 » декабря 2024 года.
(реестр протокола рассылки №47 от « 25 » декабря 2024 года).



ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире растет спрос на фосфорные удобрения из-за снижения урожайности земель, используемых в сельском хозяйстве. Нехватка высококачественного фосфатного сырья и отсутствие термической фосфорной кислоты (ТФК) еще больше расширяют проблему. Для устранения этих проблем необходимо повысить концентрацию питательных компонентов и коэффициент полезного действия фосфорных удобрений. Для этого необходимо получить полифосфатные соли, содержащие фосфор в полимерной форме. Это связано с тем, что благодаря медленному гидролизу полифосфатов усвояемый фосфор обладает длительным эффектом и высоким коэффициентом усвоения со стороны растений. Поэтому производство низкополимеризованного водорастворимого полифосфата кальция (НПВРПФК) и низкополимеризованного водорастворимого полифосфата аммония (НПВРПФА) из экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) имеет важное значение.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по получению кальция, аммония, натрия и конденсированных полифосфатов. В связи с этим, установление оптимальных технологических факторов процесса, приводящих к снижению энергетических затрат при производстве конденсированных НПВРПФК и НПВРПФА; особое внимание уделяется изучению процесса получения полифосфатных удобрений, содержащих в одном продукте питательные компоненты в нескольких видах полиформы; совершенствованию процесса нейтрализации концентрированной ЭФК газообразным аммиаком; разработке энерго- и ресурсосберегающей технологии получения полифосфатных удобрений с улучшенными физико-химическими и товарными свойствами и высоким содержанием водорастворимых форм питательных компонентов.

В нашей республике отечественными учеными широко внедряются инновационные разработки в области получения различных концентраций фосфорных удобрений и чистых фосфатных солей из ЭФК, полученного из местного фосфатного сырья. В последние годы в нашей республике проводятся широкомасштабные мероприятия по модернизации предприятий по производству фосфорных удобрений, созданию новых производственных предприятий, производству импортозамещающей экспортоориентированной продукции и внедрению чистых технологий, достигаются определенные научные и практические результаты. В стратегических планах по развитию обновленного Узбекистана до 2026 года определены актуальные задачи, нацеленные на: «...увеличение объемов производства промышленной продукции путем продолжения промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики и увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте»¹. В связи с этим важное значение имеет проведение исследований по производству

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы».

низкотемпературных водорастворимых полифосфатов кальция и аммония на основе местного сырья.

Данное диссертационное исследование служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года, Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-4937 от 28 декабря 2020 года «О мерах по реализации инвестиционной программы Республики Узбекистан на 2021-2023 годы», Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-4992 от 13 февраля 2021 года «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью», а также других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики VII "Химические технологии и нанотехнологии".

Степень изученности проблемы. Изданные литературные источники посвящены изучению химического и минералогического состава фосфатного сырья различных месторождений, получению ЭФК из апатитов, обогащенных и низкоконцентрированных фосфоритов и получению на их основе фосфорных удобрений, полифосфатных солей. В связи с этим научные исследования проводились в научных школах таких ведущих ученых, как X.W. Wang, G.X. Chu, А.Б. Бектуров, Д.З. Серазетдинов, М.Е. Позин, В.Ф. Кармышов, Б.А. Дмитриевский, С.П. Качетков, Д.Л. Гришин, А.А. Hanna, D. Touabia, А.А. El-Asmy, Н.М. Serag, В.Ф. Искулов, А.А. Киселев.

В нашей республике ряд исследований по получению простых и сложных фосфорных удобрений в виде ЭФК, орто-и полифосфата, чистых солей фосфорной кислоты из местного сырья отражены в работах Б.М. Беглов, А.Т. Здукос, Ш.С. Намазов, Б.Д. Абдуллаев, А.У. Эркаев, Х.Ч. Мирзакулов, Е.В. Цхай, Х.М. Каноатов и др.

Однако, несмотря на полученные результаты, системных и глубоких исследований физико-химических изменений фосфоритов ЦК в процессе кислотно-термической переработки при различных температурах и расходах ЭФК для успешной реализации предлагаемых методов получения низкотемпературных водорастворимых полифосфатов не проводилось. Для получения водорастворимых полиформ соединений, содержащих кальций, фосфор и аммонийный азот, важно определить оптимальные технологические параметры процесса. Отсутствуют достоверные и научно обоснованные данные о технологиях производства медленнодействующих полифосфатов аммония и кальция из местного сырья.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где

выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института №6-099 "Разработка технологии получения чистых солей фосфатов натрия и аммония и полифосфатов на основе экстракционной фосфорной кислоты Центральных Кызылкумов" и №ИОТ-7-14 "Освоение и внедрение опытно-промышленной технологии чистых солей фосфатов натрия и аммония на основе местного фосфатного сырья."

Целью исследования является разработка технологии получения низкополимеризованных водорастворимых полифосфатов кальция и аммония на основе мытого обожженного фосфорного концентрата (МОФК), ЭФК из фосфоритов ЦК и газообразного аммиака.

Задачи исследования:

исследование процесса получения концентрированной ЭФК из МОФК ЦК и изучение ее физико-химических свойств;

исследование получения НПВРПК на основе концентрированной ЭФК и МОФК ЦК с установлением оптимальных технологических параметров процесса;

разработка и апробация технологии, установление оптимальных норм технологического процесса производства НПВРПК на основе концентрированной ЭФК ЦК и МОФК ЦК и составление материального баланса;

изучение синтеза НПВРПА с высоким содержанием водорастворимой формы P_2O_5 на основе упаренной ЭФК и аммиака;

изучение влияния технологических параметров на получение НПВРПА, реологические и химические свойства пульпы;

разработка и апробация технологии, установление оптимальных норм технологического процесса производства НПВРПА на основе концентрированной ЭФК ЦК и составление материального баланса;

технико-экономическое обоснование эффективности получения низкополимеризованных водорастворимых полифосфатных удобрений.

Объекты исследования: низко- и высококонцентрированная экстракционная фосфорная кислота из фосфоритов Центральных Кызылкумов, мытый обожженный фосфоконцентрат, газообразный аммиак, полифосфат кальция, полифосфат аммония.

Предмет исследования: разработка технологии термической дегидратации фосфорсодержащих удобрений, технологии получения полифосфатов кальция и аммония.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы химические и физико-химические (рентгенофазовый, дифференциально термогравиметрический, ИК-спектроскопический, сканирующий электронно-микроскопический,) методы анализа.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

установлено влияние технологических параметров на процесс получения низкополимеризованных водорастворимых полифосфатов кальция, на основе концентрированной ЭФК из МОФК ЦК;

найжены оптимальные условия для получения низкополимеризованных водорастворимых полифосфатов кальция посредством термической дегидратации фосфорсодержащих удобрений, синтезированных при значениях $R = 1,33 \div 2,04$, в зависимости от температуры, времени дегидратации и размера гранул;

изучено влияние температуры и скорости подачи аммиака на процесс нейтрализации полученной из МОФК ЦК концентрированной ЭФК ЦК, содержащей 56-60 % масс. P_2O_5 , при степени полимеризации P_2O_5 47-81 % отн.;

разработаны принципиальные технологические схемы производства и рассчитаны материальные балансы получения полифосфатов кальция и аммония на основе концентрированной ЭФК ЦК, МОФК ЦК и аммиака.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

определены оптимальные условия процессов получения низкополимеризованных водорастворимых полифосфатов кальция и аммония, содержащих питательный компонент – фосфор – в полиформе, имеющей пролонгированное действие;

получены конденсированные удобрения, содержащие питательные компоненты в водорастворимой полиформе путем переработки фосфатного сырья ЦК, концентрированной ЭФК из фосфатного сырья ЦК и газообразного аммиака;

разработаны технологии получения низкополимеризованных водорастворимых полифосфатов кальция и аммония и проведены их испытания в опытно-промышленном масштабе.

Достоверность результатов исследования основана на использовании современных методов химических анализов и физико-химических методов исследования при обработке данных технологических процессов производства низкополимеризованных водорастворимых полифосфатов кальция и аммония, взаимной адекватности теоретических и практических исследований, основанных на положительных результатах испытаний технологий в промышленных условиях, и внедрение их на предприятиях химической промышленности.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Результаты проведенных исследования заложили весомую научную базу для получения весьма важных для народного хозяйства Государства химических продуктов – полифосфатов кальция и аммония из концентрированной ЭФК, фосконцентрата и газообразного аммиака. Установлена возможность получения пролонгированного полифосфата аммония, полученного нейтрализацией ЭФК газообразным аммиаком;

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработаны технологии переработки концентрированной ЭФК, фосконцентрата и газообразного аммиака на полифосфаты кальция и аммония и обеспечение потребности страны в фосфорных удобрениях, эффективное использование существующего фосфорного сырья, повышение урожайности сельскохозяйственных земель, получение импортозамещающей

экспортноориентированной продукции, а также повышение экспортного потенциала страны.

Внедрение результатов исследования. На основе научных данных по переработке МОФК ЦК с концентрированной ЭФК и нейтрализацией высококонцентрированной ЭФК газообразным аммиаком, а также их термической дегидратацией разработаны:

технология переработки фосфоритов ЦК концентрированной ЭФК на НПВРПФК, внедренная в производство на СП-АО «Электрокимёзавод» (справка СП-АО «Электрокимёзавод» от 30.07.2024 года, № 74). В результате организована возможность производства НПВРПФК путем термической дегидратации кальцийфосфорсодержащих удобрений, полученных разложением фосфоритов ЦК концентрированной ЭФК в широких пределах соотношения $R = 1,33-2,04$;

технология переработки концентрированной ЭФК из фосфоритов ЦК и газообразного аммиака на НПВРПФА с высоким содержанием питательных компонентов, внедренная в производство СП-АО «Электрокимёзавод» (справка СП-АО «Электрокимёзавод» от 30.07.2024 года, № 74). В результате организована возможность производства НПВРПФА путем нейтрализации концентрированной ЭФК из МОФК ЦК газообразным аммиаком.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 3 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, из них 5 научных статей, в том числе, 2 в зарубежных и 3 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, для публикации основных научных результатов докторских (PhD) диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация представлена на 120 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации «Современное состояние в области производства и применение конденсированных фосфатов аммония и кальция» представляет собой обзор патентной и научно-технологической литературы по состоянию изученности вопросов сырьевой базы полифосфатов кальция и аммония, масштабах их производства и применения, физико-химических основах получения пролонгированных фосфорных удобрений и технологических решений в области получения полифосфатов

кальция и аммония. На основе проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе диссертации «Характеристика исходных и промежуточных продуктов и физико-химические методы исследований» дана характеристика использованных материалов и методики выполнения химических анализов, определения физических свойств, проведения физико-химических исследований и экспериментов.

Третья глава диссертации «Исследование процесса синтеза полифосфатов кальция на основе экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов» посвящена получению полифосфатов кальция дегидратацией синтезированных фосфорсодержащих удобрений из фосфоритов ЦК, полученных концентрированной ЭФК и на его основе разложения фоссырья, нейтрализацией аммиака.

Для исследований использовали МОФК ЦК состава (масс. %): P_2O_5 - 28,34; CaO - 53,20; CaO : P_2O_5 - 1,88; MgO - 0,45; Fe_2O_3 - 0,39; Al_2O_3 - 0,41; SO_3 - 3,05; F - 2,94 и ЭФК из этого же сырья состава (масс. %): P_2O_5 - 21,6; CaO - 0,21; MgO - 0,41; Fe_2O_3 - 0,37; Al_2O_3 - 0,43; SO_3 - 2,00; F - 1,30. МОФК разлагали ЭФК при 80 °С в течение 60 минут.

Для производства полифосфатных удобрений требуется высоко концентрированная ЭФК. В таких случаях ЭФК выпаривали до 40,6-58,5 % P_2O_5 . Массовое соотношение суммы $P_2O_{5ЭФК}$ и $P_2O_{5ФС}$ к сумме оксидов кальция, магния, железа, алюминия фосфорита и ЭФК (R) варьировали от 1,33 до 2,04, что соответствует отношению $P_2O_{5ЭФК}:P_2O_{5ФС}=2,15-4,50$. Значение R рассчитывали по следующей формуле: $R = \frac{\sum(P_2O_{5ЭФК}/P_2O_{5ФС})}{\sum[(CaO, MgO, R_2O_3_{ЭФК} + CaO, MgO, R_2O_3_{ФС})]}$. Химические составы полученных удобрений в зависимости от соотношения $P_2O_{5ЭФК}:P_2O_{5ФС}$ или R приведены табл. 1.

Таблица 1.

Влияние соотношения $P_2O_{5ЭФК}:P_2O_{5ФС}$ на химический состав фосфорных удобрений

№	$\frac{P_2O_{5\text{ ЭФК}}}{P_2O_{5\text{ ФС}}}$	R	рН до аммонизации	Химический состав, масс, %				
				$P_2O_{5\text{ общ.}}$	$P_2O_{5\text{ усв.}}$	$P_2O_{5\text{ водн.}}$	$\frac{P_2O_{5\text{ усв}}}{P_2O_{5\text{ общ}}}$	$\frac{P_2O_{5\text{ водн}}}{P_2O_{5\text{ общ}}}$
1	2,15	1,33	1,80	36,42	26,07	14,13	71,58	38,80
2	2,85	1,56	1,67	39,77	32,65	17,18	82,09	43,20
3	3,65	1,80	1,53	44,16	37,59	26,57	85,13	60,17
4	4,00	1,90	1,48	45,19	39,37	28,84	86,46	63,82
5	4,50	2,04	1,45	46,59	40,82	31,87	87,62	68,41

Как видно из таблицы, с повышением соотношения $P_2O_{5\text{ ЭФК}} : P_2O_{5\text{ ФС}}$ с 2,15 до 4,5 или R с 1,33 до 2,04 увеличивается содержания $P_2O_{5\text{ общ.}}$ с 36,42 % до 46,59 %, $P_2O_{5\text{ усв}}$ с 26,07 % до 40,82 % и $P_2O_{5\text{ водн.}}$ с 14,13 % до 31,87 %. При этом доля усвояемой формы P_2O_5 повышается с 71,58 % до 87,62 %, а водорастворимой с 38,82 % до 68,34 %.

Аммонизированные фосфорные удобрения подвергли термической дегидратации при температурах 150 - 300 °С в течение 60 минут. Для дегидратации отобрали образцы удобрений с размером частиц от -4 до +3, от -3 до +2, от -2 до +1 мм. Химические составы полученных удобрений в зависимости от соотношения $P_2O_{5\text{ ЭФК}} : P_2O_{5\text{ ФС}}$ или R приведены табл. 2 и 3.

Как видно из таблиц с увеличением R с 1,33 до 2,04, при прочих равных условиях содержание P_2O_5 общ., P_2O_5 усв. и P_2O_5 водн. повышаются. Так для фракции +3 ÷ -2 мм содержание P_2O_5 общ. с 38,22 - 40,41 % повышается до 47,88 - 52,31 %, P_2O_5 усв. с 19,89 - 25,99 до 39,02 - 47,15 %, P_2O_5 водн. с 2,27-12,84 % до 6,61-20,89 %.

Таблица 2.

Влияние размера гранул, температуры прокали и соотношения P_2O_5 ЭФК : P_2O_5 ФС на химический состав дегидратированных фосфатов кальция при соотношении P_2O_5 ЭФК : P_2O_5 ФС = 3,65 (R = 1,33)

№	t, °C	Размер гранул d, мм	P_2O_5 , масс. %					P_2O_5 усв.	P_2O_5 общ.	P_2O_5 усв. орто.	P_2O_5 общ.	P_2O_5 усв. поли.	P_2O_5 общ.	P_2O_5 вод.	P_2O_5 общ.
			общ.	усвояемое			водн.								
				орто+	орто	поли									
1	Исх. прод.		36,42	26,07	26,07	-	14,13	71,58	71,58	-	38,80				
2	150	+1 ÷ -2	38,79	26,46	13,51	12,95	12,54	68,21	34,83	33,38	32,33				
3	200		39,32	26,07	6,19	19,88	6,98	66,30	15,74	50,56	17,75				
4	250		40,07	25,42	3,71	21,71	2,69	63,44	9,26	54,18	6,71				
5	300		41,21	21,08	2,83	18,25	1,98	51,15	6,87	44,28	4,80				
6	150		+2 ÷ -3	38,22	25,99	13,71	12,28	12,84	68,00	35,87	32,13	33,60			
7	200	38,90		25,65	6,66	18,99	7,42	65,94	17,12	48,82	19,07				
8	250	39,73		24,98	4,88	20,10	3,06	62,88	12,28	50,59	7,70				
9	300	40,41		19,89	3,01	16,88	2,27	49,22	7,45	41,77	5,62				
10	150	+3 ÷ -4	37,84	25,56	14,16	11,40	13,02	67,55	37,42	30,13	34,41				
11	200		38,25	24,13	7,38	16,75	8,01	63,08	19,29	43,79	20,94				
12	250		39,46	24,31	4,63	19,68	3,64	61,61	11,73	49,87	9,22				
13	300		40,07	19,65	3,94	15,71	2,95	49,04	9,83	39,21	7,36				

Если P_2O_5 общ. с увеличением температуры прокали с 150°C до 300°C монотонно возрастает с 38,22% до 40,41 %, то P_2O_5 усв. и P_2O_5 водн. снижаются с 25,98 % до 19,89 % и с 12,84 % до 2,27 % для размера фракции -3 ÷ +2 мм при R = 1,33. При R = 2,04 показатели P_2O_5 водн. также возрастают, а показатели P_2O_5 усв. повышаются с 39,37 % до 47,15 % при температуре 250°C.

Показатели P_2O_5 водн. с повышением температуры снижаются для всех значений R. Аналогично ведут себя показатели P_2O_5 общ., P_2O_5 усв. и P_2O_5 водн. с повышением R и температуры для остальных фракций удобрений.

Доля усвояемой орто формы P_2O_5 с повышением температуры для фракции -3 ÷ +2 мм снижается с 35,87 при температуре 150°C до 7,45 %, тогда как доля усвояемой полиформы с 32,13 % P_2O_5 повышается до 50,59 % при температуре 250°C и снижается до 41,77 % при 300°C. Доля водорастворимой P_2O_5 при этих условиях снижается с 33,6 % до 5,62 %. С повышением R до 1,56 доля усвояемой полиформы повышается для фракции -3 ÷ +2 мм с 37,48 % при 150°C до 54,49 % при температуре 250°C и снижается до 46,29 % при температуре прокали 300°C. Аналогичная картина наблюдается для фракции -3 ÷ +2 мм и при R = 1,90 и 2,04. С увеличением размера фракции с -2 ÷ +1 до -3 ÷ +2 и -4 ÷ +3 и R наблюдается незначительное снижение P_2O_5 общ. и увеличение доли P_2O_5 водн.. Остальные закономерности остаются практически без изменений.

Изучено влияние температуры прокалики на содержание различных форм усвояемых фосфатов кальция. На рис. 1 и 2 показано влияние соотношения $P_2O_5_{\text{ЭФК}} : P_2O_5_{\text{ФС}}$ и температуры прокалики на содержание общей и усвояемой формы P_2O_5 , а также усвояемых орто- и полифосфатов в полифосфате кальция.

Таблица 3.

Влияние размера гранул, температуры прокалики и соотношения $P_2O_5_{\text{ЭФК}} : P_2O_5_{\text{ФС}}$ на химический состав дегидратированных фосфатов кальция при соотношении $P_2O_5_{\text{ЭФК}} : P_2O_5_{\text{ФС}} = 4,5$ ($R = 2,04$)

№	t, °C	Размер гранул d, мм	P_2O_5 , масс. %					P_2O_5 усв.	P_2O_5 общ.	P_2O_5 усв. орто.	P_2O_5 общ.	P_2O_5 усв. поли.	P_2O_5 общ.	P_2O_5 водн.	P_2O_5 водн.
			общ.	усвояемое			водн.								
				орто+	орто	поли									
1	Исх. прод.		46,59	40,82	40,82	-	31,87	87,62	87,62	-	68,41				
2	150	+1 ÷ -2	48,58	43,07	21,77	21,30	20,10	88,65	44,81	43,84	41,37				
3	200		49,30	44,50	12,18	32,32	9,48	90,26	24,70	65,56	19,23				
4	250		52,63	51,10	10,61	40,49	6,37	97,09	20,16	76,93	12,10				
5	300		53,72	41,58	8,31	33,27	5,78	77,40	15,47	61,93	10,76				
6	150	+2 ÷ -3	47,88	39,37	19,50	19,87	20,89	82,23	40,73	41,50	43,63				
7	200		48,39	41,66	12,49	29,17	10,88	86,09	25,86	60,28	22,48				
8	250		50,90	47,15	13,47	33,68	8,03	92,63	26,46	66,17	15,78				
9	300		52,31	39,02	8,75	30,27	6,61	74,59	16,73	57,87	12,64				
10	150	+3 ÷ -4	47,24	38,51	19,45	19,06	22,06	81,52	41,17	40,35	46,70				
11	200		47,82	39,80	15,11	24,69	12,10	83,23	31,58	51,60	25,30				
12	250		49,61	44,45	12,61	31,84	8,57	89,59	25,42	64,18	17,28				
13	300		50,90	35,99	12,28	23,71	7,90	70,70	24,13	46,58	15,52				

На рис. 1 приведены результаты влияния соотношения $P_2O_5_{\text{ЭФК}} : P_2O_5_{\text{ФС}}$ и температуры прокалики на изменение различных форм усвояемых фосфатов в ПФК. Из приведенного рисунка видно, что содержание усвояемых форм ортофосфатов с увеличением температуры прокалики снижается сначала резко - в среднем в 2 раза (с увеличением температуры до 200 °C), а затем плавно, в среднем на 30%, при увеличении температуры от 200 до 250 °C и на 15 % при увеличении температуры от 250 до 300 °C. Снижение содержания ортофосфатов объясняется их превращением в полифосфаты.

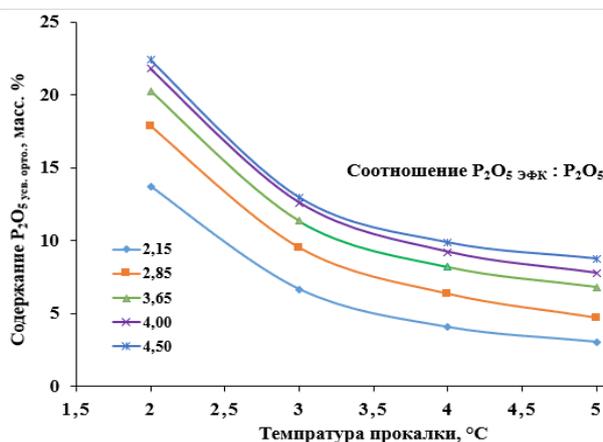


Рис. 1. Влияние соотношения $P_2O_5_{\text{ЭФК}}/P_2O_5_{\text{ФС}}$ и температуры прокалики на содержание усвояемых форм ортофосфатов

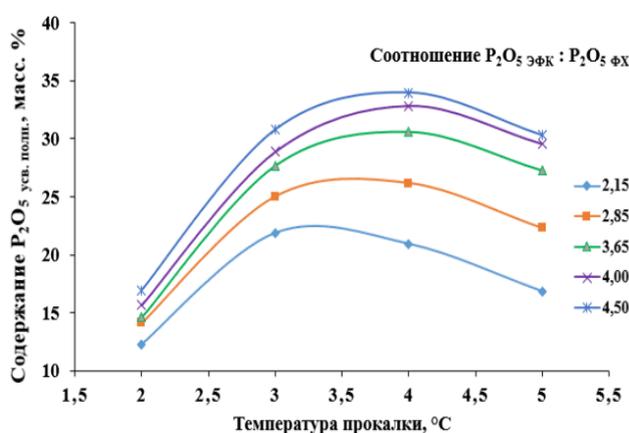


Рис. 2. Влияние соотношения $P_2O_5_{\text{ЭФК}} : P_2O_5_{\text{ФС}}$ и температуры прокалики на содержание усвояемых форм полифосфатов

Картина влияния температуры прокали и соотношения $P_2O_{5ЭФК} : P_2O_{5ФС}$ на содержание полифосфатов (рис.2) с увеличением температуры от 150 до 200 °С содержание усвояемых полиформ P_2O_5 увеличивается в среднем на 77-81% в не зависимости от соотношения $P_2O_{5ЭФК} : P_2O_{5ФС}$.

При дальнейшем увеличении температуры до 250 °С в НВПФК, полученном при $P_2O_{5ЭФК} : P_2O_{5ФС} = 1,33$, содержание усвояемых полиформ P_2O_5 падает на ~ 5%, а при более высоких соотношениях - увеличивается на 5-10 отн. % по сравнению с температурой прокали 200 °С. При достижении температуры 300 °С содержание усвояемых полиформ P_2O_5 снижается в среднем на 10-20 %. Снижение содержания усвояемой формы фосфора происходит за счет перехода усвояемых полифосфатов в неусвояемые метафосфаты.

Таким образом, оптимальной температурой прокали с максимальным содержанием усвояемых полиформ P_2O_5 следует считать 230-260 °С. Влияние продолжительности прокали на химический состав аммонизированных, гранулированных фосфорных удобрений полученных при массовых соотношениях $P_2O_{5ЭФК} : P_2O_{5ФС} = 3,65$ изучено при температурах 200, 240 и 260 °С, результаты экспериментальных данных приведены в табл. 4.

Таблица 4

Влияние продолжительности прокали и температуры на содержание различных форм P_2O_5 в продукте

Прокали, мин	Содержание P_2O_5 в полифосфате, масс. %				P_2O_5 усв.	P_2O_5 вод.	γ поли,%
	P_2O_5 общ.	P_2O_5 усв.	P_2O_5 вод.	P_2O_5 поли.	P_2O_5 общ.	P_2O_5 общ.	
Исходный	43,70	35,80	28,83	-	81,90	65,9	-
При температуре 200 °С							
20	44,12	36,26	19,16	82,16	43,42	38,74	38,74
40	45,19	37,56	11,54	83,12	25,54	57,58	57,58
60	46,63	39,89	10,38	85,55	22,26	63,29	63,29
90	46,97	40,41	8,79	86,00	18,72	67,28	67,28
120	47,22	41,23	8,27	87,31	17,51	70,70	70,70
При температуре 240 °С							
20	46,31	38,22	16,77	82,53	36,21	46,32	46,32
40	46,93	39,28	10,92	83,70	23,27	60,43	60,43
60	48,09	41,31	7,80	85,90	16,22	69,68	69,68
90	48,78	42,33	5,89	86,78	12,07	74,71	74,71
120	49,21	43,16	4,58	87,71	9,31	78,40	78,40
При температуре 260 °С							
20	48,53	58,71	11,79	83,00	24,29	58,71	58,71
40	48,91	65,18	9,34	84,28	19,10	65,18	65,18
60	49,14	73,50	6,19	86,10	12,60	73,50	73,50
90	50,11	73,92	4,85	83,60	9,68	73,92	73,92
120	51,19	75,34	3,49	82,16	6,82	75,34	75,34

Как видно из таблицы, в процессе дегидратации при температуре 200 °С и 240 °С содержание общей усвояемой P_2O_5 с увеличением продолжительности до 40 мин относительно быстро увеличивается, а дальнейшее увеличение продолжительности приводит к незначительному

увеличению. При тех же равных условиях и интервалах продолжительности до 40 мин резко уменьшается содержание водорастворимой P_2O_5 , а дальнейшее увеличение продолжительности не приводит заметному снижению водорастворимой формы P_2O_5 . При температуре прокалики 260 °С с увеличением продолжительности прокалики плавно увеличивается содержание общей P_2O_5 в продукте, а содержание общей усвояемой формы P_2O_5 проходит при продолжительности времени 60 мин через максимум. Водорастворимая форма P_2O_5 уменьшается до 60 мин от 28 % до 5 %, а начиная с 60 мин до 120 мин с 5 до 3,5 %.

Проведенные исследования показали возможность получения ПФК из ортофосфатов на основе фосфоритов ЦК. Для этого лучше использовать ортофосфаты кальция и кальция аммоний с отношением P_2O_5 ЭФК : P_2O_5 ФС не менее 3,5 для получения высоких содержаний усвояемых форм P_2O_5 .

Для получения НВПФК процесс дегидратации следует проводить при температуре 230-260 °С в течение 40-60 минут. При этих условиях общая форма P_2O_5 составляет 49,83 %, общая усвояемая форма – 87,0 %, а степень полимеризации - 68,88 %.

Для определения минералогического и химического состава полученного ПФК ($R = 1,80$) образцы были подвергнуты рентгенофазовому, ИК-спектроскопическому и СЭМ анализу (рис. 3 и 4).

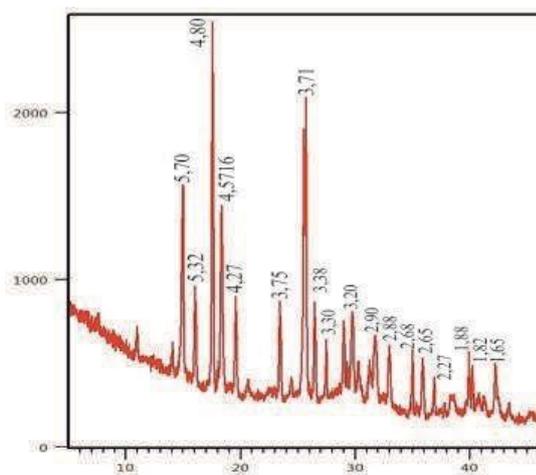


Рис. 3. Рентгенограмма полифосфата кальция

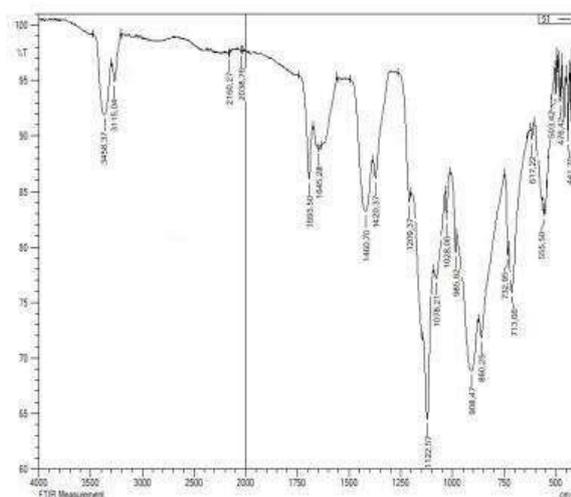


Рис. 4. ИК-спектр полифосфата кальция (ЭФК:Ф/С = 3,65).

На рентгенограмме (рис. 3) имеются только дифракционные максимумы, характерные для дифосфатов кальция ($Ca(H_2PO_4)_2$) с межплоскостными расстояниями - 5,70; 4,80; 3,71; 3,38; 3,30 Å и полифосфатов аммония ($(NH_4)_3HP_2O_7$ и $(NH_4)_3H_2P_2O_7$) - 4,5716; 4,27 Å, $NH_4H_2PO_4$ - 5,32; 3,75 Å, железистого лазулита $(Mg,Fe)Al_2(PO_4)_2(OH)_2$ - 3,20 Å, непрореагировавшего фосфорита - 2,90; 2,27 Å, кварц - 1,88; 1,82 Å, а также $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ и CaF_2 - 2,88, 2,68 и 1,65 Å. В области (рис. 4) частот симметричных колебаний групп PO_2 доминирует полоса при 1078,21-1209,37 cm^{-1} , свидетельствующих о длинноцепочечном строении аниона соединения. Поглощения групп PO_2 в длинноволновую область, а также изменение интенсивности полос поглощения отражают влияние природы катионов и степень полимеризации аниона. Энергодисперсионный анализ ПФК показал следующее содержание элементов:

N-3,02%; O-51,07%, F-1,58%; Na-0,23%; Mg-0,73%; Al-0,64%; Si-0,32%; P-21,96%; S-1,88%; Ca-17,86%; Fe-0,71%, что соответствует составу к ПФК.

Разработана принципиальная технологическая схема производства ПФК из фоссырья ЦК и упаренной высококонцентрированной ЭФК (рис. 5).

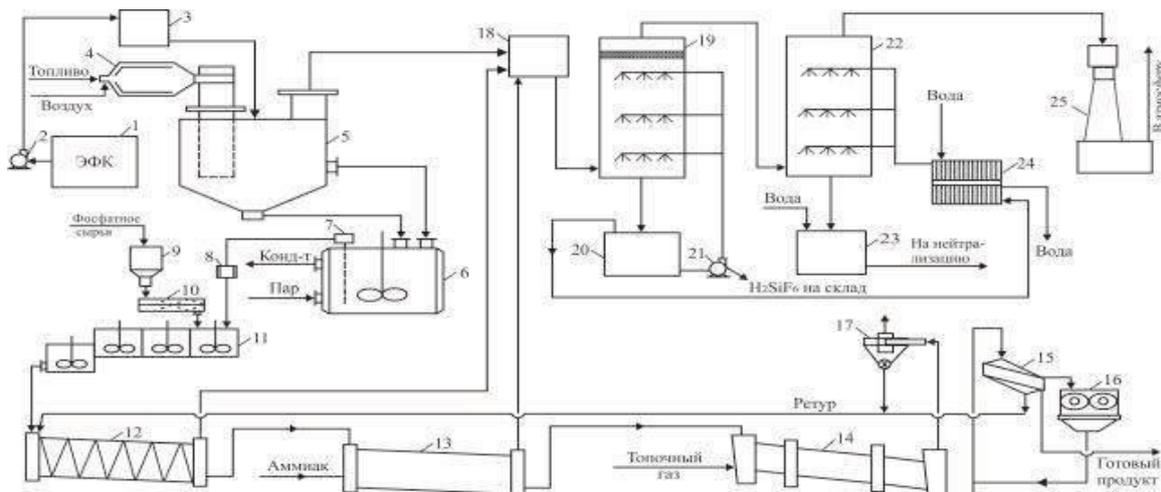


Рис. 5. Принципиальная технологическая схема получения НВПФК из упаренной ЭФК и МОФК ЦК: 1, 6, 20, 23 - емкости; 2, 7, 21 - насосы; 3 – напорный бак; 4 - топка; 5 - барботажной выпарной аппарат; 8 - расходомер; 9 - бункер; 10 - шнековой дозатор; 11 - 4-х смеситель; 12 - шнековой смеситель; 13 - аммонизатор; 14 - проколочной барабан; 15 - классификатор; 16 - дробилка; 17 - циклон; 18 - брызгатель; 19 - абсорбер; 22 - конденсационная башня; 24 - холодильник; 25 - скруббер Вентури с брызгоуловителем

Разработанная технология прошла испытания в СП-АО «Электрохимзавод», в результате которых полученный при $R = 2,04$ полифосфат кальция имеет следующие химический состав (масс. %): P_2O_5 общ. - 50,89 %, P_2O_5 общ. усв - 92,67 %, P_2O_5 общ. вод - 15,8 %, γ полим - 66,20 %. Водорастворимые ПФК проявляют высокую агрохимическую эффективность и коэффициент использования полезных питательных элементов, за счет пролонгированного действия питательных компонентов P_2O_5 и CaO при их длительной гидролизе с водой. Результаты предварительного технико-экономического расчета показали, что экономия 10 тыс. т ПФК общая экономическая эффективность составит 23 920,42 млн. сум.

Четвертая глава диссертации «Исследование процесса синтеза полифосфатов аммония на основе экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов и разработка их технологии» посвящена получению НПВРФА на основе концентрированной ЭФК из фосфоритов ЦК.

Приведены результаты исследований по нейтрализации упаренной ЭФК из фосфоритов ЦК газообразным аммиаком. С целью установления взаимосвязи входных и выходных параметров процесса аммонизации предварительно провели эксперименты по влиянию скорости подачи аммиака на изменение температуры реакционной массы во времени при неизменных начальной температуре исходной ЭФК ($80^\circ C$). При этом фиксировалось время, за которое достигается максимальное для заданных условий значение температуры среды и суммарная продолжительность процесса, обеспечивающая определенное значение рН плава НПВРФА (табл. 4).

Из данных табл. 4 следует, что при расходе NH_3 $6,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ в реакторе происходит рост соответственно температуры среды от 80 до 165-200°C для кислот с концентрацией 56,4-60,35 % P_2O_5 . По мере повышения расхода NH_3 до $10,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ время достижения pH уменьшается от 790 до 140 с. В связи с этим нами изучено влияние температуры исходной концентрированной ЭФК на изменение температуры в процессе нейтрализации ее газообразным аммиаком (табл. 5).

Таблица 4

Параметры процесса нейтрализации упаренной ЭФК аммиаком

№	Расход аммиака, $\text{V} \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с}$	Продолжительность аммонизации, τ, мин.	Количество поданного аммиака, г	pH плава	Максимум достигаемой температуры, $t_{\text{max}} \text{ } ^\circ\text{C}$
Концентрация упаренной ЭФК – 56,4% P_2O_5					
1	6,00	790	33,90	3,30	165
2	7,80	390	20,15	3,30	190
3	10,0	180	13,40	2,90	220
4	12,60	140	12,60	2,80	230
Концентрация упаренной ЭФК – 60,35% P_2O_5					
5	6,00	730	31,00	2,80	200
6	7,80	290	18,05	2,80	240
7	10,0	170	13,20	2,80	240
8	12,60	140	11,30	2,70	240

Таблица 5

Влияние технологических параметров процесса нейтрализации упаренной кислоты газообразным аммиаком на состав и свойства плавов (расход аммиака - $10,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$)

№	Продол-ть процессов, сек	Время аммонизации, сек.	pH среды	Темп-ра нейтр-и, $^\circ\text{C}$	Содержание, масс. %			$\gamma_{\text{P}_2\text{O}_5}$, %
					P_2O_5 общ	P_2O_5 орто	N	
концентрация кислоты - 56,41% P_2O_5								
1	230	130	3,75	220	53,38	29,62	12,10	44,52
2	250	150	3,70	230	53,57	26,63	12,06	50,29
3	300	180	3,70	250	53,81	26,02	11,87	51,65
4	380	200	2,90	250	54,02	19,26	10,39	64,34
5	450	200	3,30	250	53,96	19,47	11,94	63,92
концентрация кислоты - 60,35% P_2O_5								
6	330	220	3,75	220	54,05	27,11	12,13	49,84
7	350	220	3,70	230	54,49	24,09	12,09	55,79
8	380	230	3,90	240	54,86	22,29	12,04	59,36
9	410	200	3,70	250	55,91	18,79	11,97	66,39
10	460	200	3,60	250	56,05	18,94	11,95	66,21

Изменение содержания образующихся конденсированных форм P_2O_5 от температуры в реакторе и pH продукта показывают, что при повышении температуры от 220 до 250°C во всем интервале изученных pH ведет к увеличению степени конверсии P_2O_5 . Причем, скорость образования конденсированных форм при одинаковых температурах возрастает с увеличением pH плава. Изучено влияние температуры и продолжительности прокали на содержание НПВРФА (рис. 6 и 7).

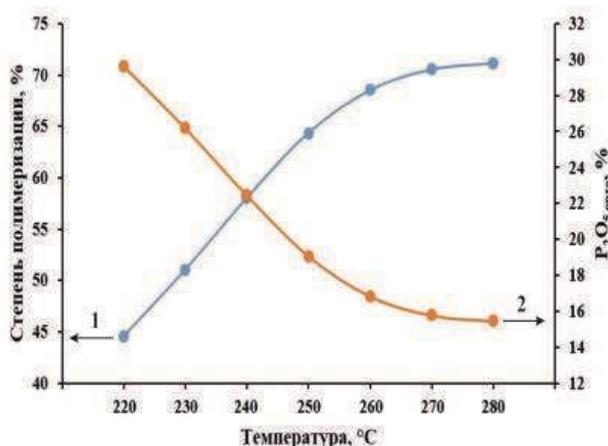


Рис. 6. Зависимость степень полимеризации и содержания P₂O₅ от температуры процесса дегидратации НПВРФА: 1 – γ, %, 2 – P₂O₅ общ.

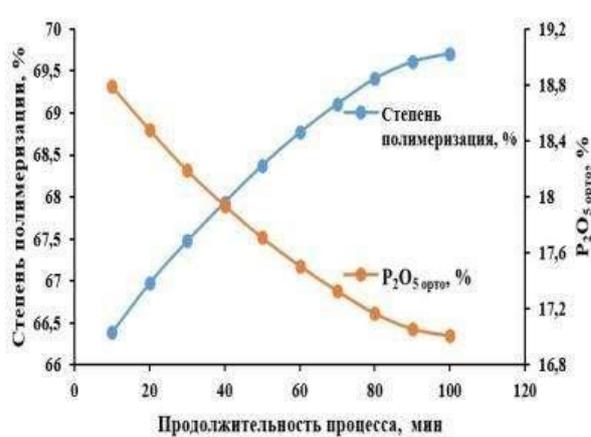


Рис. 7. Зависимость степень полимеризации и содержания P₂O₅ орто от продолжительности процесса дегидратации НПВРФА при температуре 250°C

На рис. 6 показано влияние температуры прокали на содержание полиформы фосфора в НПВРФА. Как видно из рисунка 6, с увеличением температуры прокали от 220 до 250 °C содержание полиформы фосфора резко увеличивается, с дальнейшим увеличением температуры от 250 до 280 °C – незначительно увеличиваются. Во всех экспериментальных образцах наблюдалось изменение степени полимеризации при этих изученных интервалах температуры практически одинаковы. Оптимальной температурой процесса можно принять 225-250 °C. Содержание ортоформы фосфатов с увеличением температуры прокали от 220 до 260 °C резко уменьшается от 29,61 % до 16,81 %, а дальнейшее увеличение температуры от 260 до 280 °C приводит к незначительному уменьшению, т.е. от 16,81 % до 15,43 %.

На рисунке 7 приведены данные влияния продолжительности процесса дегидратации, при температуре 250°C, на степень полимеризации НПВРФА и содержание P₂O₅общ. Рисунок подтверждает необходимость проведения дегидратации в течение 20-30 минут. При этом достигаются максимальные значения степени полимеризации и содержания ортоформы P₂O₅. Оптимальными условиями дегидратации фосфатов аммония являются температура 230-250°C и продолжительность процесса 20-30 минута, при которых достигается степень полимеризации 68-70 %.

Для установления фазового состава НПВРФА, образующегося при нейтрализации концентрированной ЭФК из фосфоритов ЦК с газообразным аммиаком, проведены с помощью физико-химических методов анализа. Рентгенограмма (рис. 8) НПВРФА, полученного путем нейтрализации 60%-ной по P₂O₅ ЭФК газообразным аммиаком, кроме интенсивных пиков, характерных для вышеуказанных солей, имеет ряд новых максимумов Å: 5,05096; 3,8891; 3,4750; 3,4120; 3,108; 2,7889 – (NH₄)₃HP₂O₇; 5,6785; 4,5716; 5,5096; 5,7669 для γ и β (NH₄)₂H₂P₂O₇.

На ИК-спектрах (рис. 9) полифосфатов аммония обнаружены полосы поглощения в области 550 см⁻¹, отвечающие деформационным колебаниям группы PO₄, наиболее характерная для NH₄H₂PO₄, широкая полоса при

1060,62-1220,92 см^{-1} , свидетельствующих о длинноцепочечном строении аниона соединения, на некоторых ИК-спектрах дуплет с максимумом 1424,58 см^{-1} , отвечающие в азотные соединениям. Достаточно интенсивная полоса поглощения с максимумом при 645,33 см^{-1} , наиболее вероятно, соответствует связи Me (III)-O и, в первую очередь.

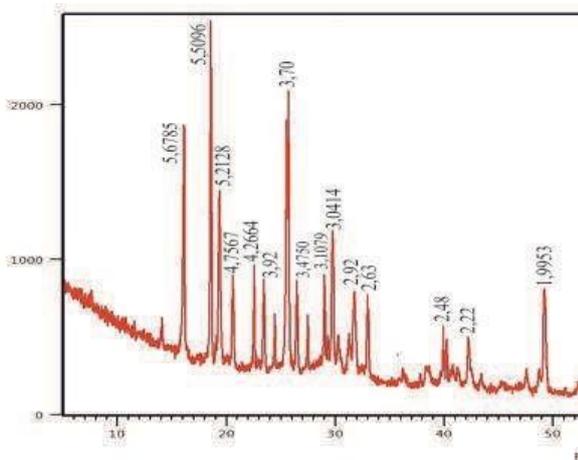


Рис. 8 - Рентгенограмма НПВРФА

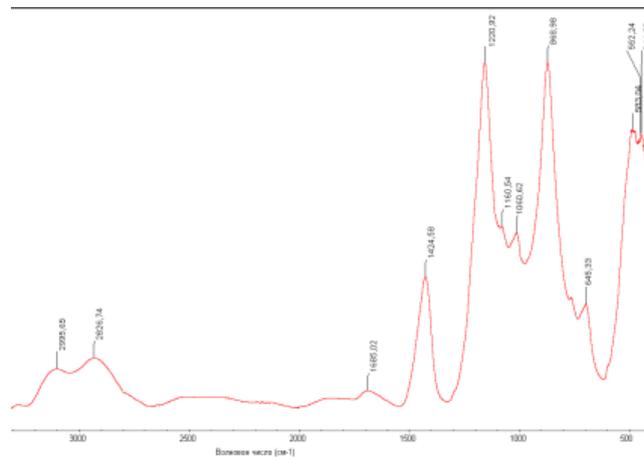


Рис. 9 - ИК-спектроскопии НПВРФА

Энергодисперсионный анализ полифосфата аммония показал следующее содержание элементов: N-12,2%; O-54,2%, Na-0,1%; Mg-1,9%; Al-1,2%; Si-0,1%; P-25,1%; S-3,0%; Ca-0,7%; Fe-1,4%, что соответствует составу полифосфата аммония.

Разработана принципиальная представлена технологическая схема (рис. 10) производства полифосфата аммония на основе упаренной высококонцентрированной ЭФК из фосфоритов ЦК с газобразным аммиаком.

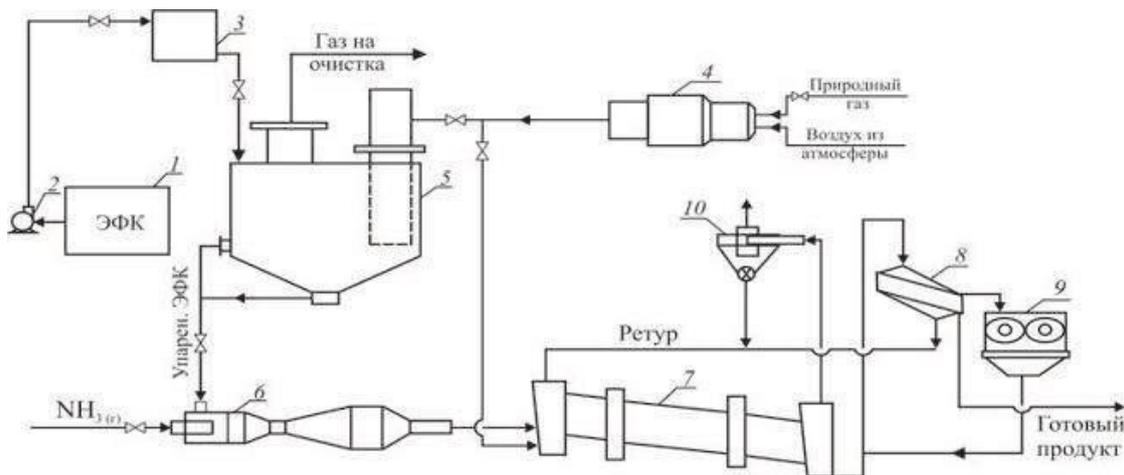


Рис. 10. Принципиальная технологическая схема получения конденсированного полифосфата аммония из концентрированной ЭФК ЦК газообразного аммиака: 1 - емкость; 2 - насос; 3 - напорный бак; 4 - топка; 5 - барботажной выпарной аппарат; 6 - трубчатый-реактор; 7 - прокалочной барабан; 8 - классификатор; 9 - дробилка; 10 - циклон.

Разработанная технология прошла испытания в СП-АО «Электрохимзавод», в результате которых полученный при оптимальных условиях имеет в среднем следующей состав: масс.%, P_2O_5 общ - 52-56%, γ

полифосфат 49-81%, N – 11-12,5 %. Результаты предварительного технико-экономического расчета показали, что при мощности производства 10 тыс. т в год полифосфата аммония общая экономическая эффективность составит 24 182,01 млн. сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов научно-практических исследований по теме диссертационной работы сформулированы следующие выводы:

1. Изучен процесс концентрирования исходной ЭФК из фосфоритов ЦК и их реологических свойств, показано, что можно упаривать исходную ЭФК (P_2O_5 - 21,0%) до концентрации 58,5% P_2O_5 без предварительной и промежуточной очистки, при этом в газовую фазу выделяется 80-90% содержащегося в исходном растворе фтора и его количество в продукционной кислоте уменьшается до 0,21-0,25% и она обладает удовлетворительными физико-химическими и реологическими свойствами при температуре выше 60°C с оптимальной концентрацией ЭФК в пределах 45,0-58,5% P_2O_5 и достаточной для технических целей текучестью и может быть использована в процессе производства конденсированного фосфата кальция.

2. Исследован процесс получения фосфорсодержащих удобрений разложением фосфоритов ЦК с ЭФК при массовых соотношениях суммы P_2O_5 ЭФК и P_2O_5 ФС к сумме оксидов CaO, MgO, FeO, Fe_2O_3 , Al_2O_3 фосфорита и ЭФК (R) варьировали от 1,33 до 2,04, что соответствует отношению P_2O_5 ЭФК : P_2O_5 ФС = 2,15 - 4,50. Значение R рассчитывали по следующей формуле: $R = \Sigma(P_2O_5 \text{ ЭФК} / P_2O_5 \text{ ФС}) : \Sigma[(CaO, MgO, R_2O_3 \text{ ЭФК} + CaO, MgO, R_2O_3 \text{ ФС})]$. Установлены оптимальные технологические параметры процесса разложения и изучены их реологические свойства, получены концентрированные фосфорсодержащие удобрения – двойного суперфосфата и определены их степени разложения, химический состав и физико-химические свойства, в котором последний является готовым продуктом и полупродуктом для получения НПВПК.

3. Исследован процесс получения НПВПК путём термической дегидратацией фосфорсодержащих удобрений, синтезированной в широких пределах значениях $R = 1,33 \div 2,04$ в зависимости от температуры и продолжительности термической дегидратации, от размера гранул. Изучена кинетика процесса термической дегидратации продуктов от температуры и значение R и установлено, что образование линейных водорастворимых полифосфатов при 240-260 °C заканчивается за 40-50 мин. Дальнейшее повышение этих параметров приводят к уменьшению водорастворимой полиформы P_2O_5 за счет образования метофосфатов кальция, т.е., водонерастворимой полиформы фосфатов кальция.

4. Установлены оптимальные технологические параметры процесса получения НПВПК путем термической дегидратации фосфорсодержащих удобрений, обеспечивающей оптимальные условия полимеризации: t - 240-260°C, $R = 1,83 \div 2,04$, τ - 40-60 минут. Продукт обладает хорошими физико-химическими и товарными свойствами, не слеживается. Химический состав полифосфатов кальция полученных при оптимальных условиях имеет

следующий состав; масс.%. $P_2O_{5\text{общ.}}$ - 49,83-50,89%, $P_2O_{5\text{общ.}}/P_2O_{5\text{усв.}} \times 100$ - 87,10-92,67%, $P_2O_{5\text{общ.}}/P_2O_{5\text{вод.}} \times 100$ - 10,44-15,80%, $\gamma_{\text{поли.}}$ - 66,20-70,24%.

5. Исследован процесс получения НПВПА по интенсивной технологии путем нейтрализации концентрированной ЭФК с газообразным аммиаком в трубчатом реакторе и термической дигидратации получения фосфатов аммония. Установлены оптимальные технологические параметры процесса нейтрализации в трубчатом реакторе, одним из них можно считать расход аммиака $10,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$, что обеспечивает при нейтрализации подогретой до 95-100°C упаренной ЭФК с концентрацией 56,41% P_2O_5 подъем температуры среды до 240-245°C за 70 с и достижение значения рН плава 3,5 за 250-300 сек. при степени полимеризации P_2O_5 не ниже 52%. Изучена кинетику нейтрализации ЭФК с концентрацией 52-56% P_2O_5 газообразным аммиаком в зависимости от температуры и скорости подачи аммиака, при изученном интервале параметров степень полимеризации P_2O_5 составляет 47-81%.

6. Исследованы влияние технологических параметров на термической дигидратации частично полимиризованного фосфата аммония и установлены их оптимальные условия: t - 240-250°C, τ - 30-40 минут, дальнейшее увеличение этих параметров не приводит к повышению степени полимеризации. При оптимальных условиях степень полимеризации достигается на 68-70 %, продукт обладает хорошими физико-химическими и товарными свойствами, не слеживается. Химический состав ПФА полученных при оптимальных условиях имеет следующий состав; масс.%. $P_2O_{5\text{общ.}}$ - 54,49-56,50%, $P_2O_{5\text{общ.}}/P_2O_{5\text{вод.}} \times 100$ - 18,30-44,21%, $\gamma_{\text{поли.}}$ - 55,79-81,70%.

7. Изучены физико-химические характеристики и установлены солевые составы НПВПК и НПВПА с применением методов физико-химических анализов: рентгенографии, ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, которые подтверждают результаты химических анализов.

8. Результаты исследований явились основой для создания технологической схемы и составления материальных балансов производства НПВПК и НПВПА на основе фосфоритов ЦК, концентрированной ЭФК и аммиака. Рекомендуемые технологии прошли успешные испытания в производственных условиях, апробированы технологии с выпуском продукции, на основании которых подготовлены нормы технологического режима производства и приняты к внедрению.

9. Проведены технико-экономические расчеты, которые показывают высокую экономическую эффективность и целесообразность организации производства НПВПК и НПВПА на основе фосфоритов ЦК, концентрированной ЭФК и аммиака. Экономический эффект от производства 10 тыс. т в год НПВПК и НПВПА, по сравнению с импортируемым, составляет 23 920,42 и 24 182,01 млн. сум, соответственно. Кроме того, минимум на 2 раза выше коэффициент полезного действия питательных компонентов за счет нахождения их в виде полиформы и пролонгированного действия при гидролизе полиформы водой.

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

TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

ULUGBERDIEVA ZIYADA

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING AMMONIUM
AND CALCIUM POLYPHOSPHATES FROM PHOSPHORITES OF
CENTRAL KYZYLKUM**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis

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

Tashkent – 2024

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.4.PhD/T867.

Dissertation was carried out at Tashkent Chemical-Technological Institute.

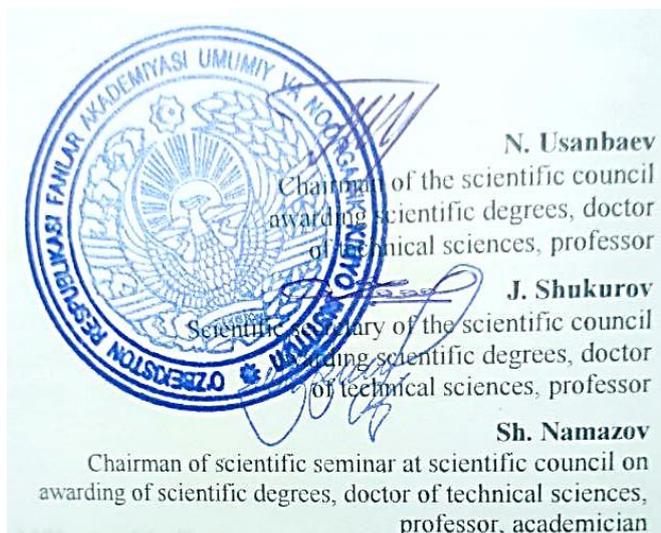
The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website www.ionx.uz and on the website of “Ziyonet” Information and educational portal ionx@academy.uz

Research supervisors:	Mirzakulov Kholtura doctor of technical science, professor
Official opponents:	Seitnazarov Atanazar doctor of technical sciences, professor Sherkuziev Doniyor doctor of technical sciences, professor
Leading organization:	Navoy state mining and technology university

The defense will take place “ 15 ” January 2025 at 14⁰⁰ o'clock at the meeting of scientific council No. DSc. 02/05.05.2023.K/T.35.02 at institute of General and Inorganic Chemistry (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60, fax: (+99871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under № 47). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulugbek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation was mailed on “ 25 ” December 2024 year.
(mailing report № 47 on “ 25 ” December 2024 year).



INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is to develop a technology for obtaining low-polymerized water-soluble polyphosphates of calcium and ammonium based on washed burnt phosphorus concentrate (WBPC), EPA from CK phosphorites and gaseous ammonia.

The objects of research: low- and highly concentrated extraction phosphoric acid from phosphorites of Central Kyzylykum, WBPC, gaseous ammonia, calcium polyphosphate, ammonium polyphosphate.

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

the influence of technological parameters on the process of obtaining low-polymerized water-soluble calcium polyphosphates based on concentrated EPA from WBPC CK has been established;

the optimal conditions have been found for the production of low polymerized water-soluble calcium polyphosphates by thermal dehydration of phosphorus-containing fertilizers synthesized at $R = 1.33 \div 2.04$, depending on temperature, dehydration time and granule size;

the influence of temperature and ammonia feed rate on the neutralization of concentrated EPA from CK phosphorites containing 56-60% P_2O_5 with gaseous ammonia was determined, and the degree of P_2O_5 polymerization is 47-81%;

developed fundamental technological schemes of production and calculated material balances for obtaining calcium and ammonium polyphosphates based on concentrated extraction phosphoric acid from Central Kyzylykum (EPA CK), washed calcined phosphate concentrate (WBPC CK), and ammonia.

Implementation of research results. Based on scientific data on the processing of WBPC CK with concentrated EPA and neutralization of highly concentrated EFC with gaseous ammonia, as well as their thermal dehydration, they have been developed:

technologies for processing phosphorites of the Central Kilogram with concentrated EPA into low-polymerized calcium polyphosphate (LPCP) have been accepted for implementation in the production of JV-JSC “Elektrokimyozavod” (Reference of JV-JSC “Elektrokimyozavod” dated 30.07.2024, No. 74). As a result, the possibility of producing LPCP of prolonged action by thermal dehydration of calcium-phosphorus-containing fertilizers obtained by decomposition of phosphorites of the CK with concentrated EPA in a wide range of ratios $R = 1.33-2.04$ has been organized.

the technology for producing low-polymerized ammonium polyphosphate (LPAP) with a high nutrient component based on concentrated EPA from CK phosphorites and gaseous ammonia has been implemented in the production of JV-JSC “Elektrokimyozavod” (Reference JV-JSC “Elektrokimyozavod” dated 30.07.2024, No. 74). As a result, the possibility of producing low-polymerized, water-soluble ammonium polyphosphate of prolonged action based on concentrated EPA from CK phosphorites and gaseous ammonia has been organized.

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

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

I бўлим; (I часть; part I)

1. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса дегидратации фосфатов кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2019. № 5(62). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/7258>. С. 76-80. (02.00.00. №1).

2. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч. Влияние технологических параметров на химический состав полифосфатов кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // *Журнал «Химия и химическая технология»* - Ташкент, 2020. № 1 – С. 16-19. (02.00.00, №3)

3. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса получения полифосфатов аммония на основе экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов // *Журнал “Вестник НУУз”*, -Тошкент, 2024. №3.2, -С. 449-452. (02.00.00. №12).

4. Ulugberdiyeva Z.X., Arifdjanova K.S., Khujamberdiev Sh.M., Mirzakulov Kh.Ch. Research of Physico-Chemical Characteristics of Low-Polyphosphate Based on Central Kyzylkum Phosphorites // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 10, Issue 5, Yuly 2024. [ISSN: 2350-0328] pp. 22047-22052. India. (05.00.00, №8)

5. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Арифджанова К.С., Мирзакулов Х.Ч. Технология получения полифосфатов аммония на основе экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов // *Научно-технический и производственный журнал “Композиционные материалы”*. – Ташкент, 2024, № 3. – С.75-80. (02.00.00, №4)

II бўлим; (II часть; part II)

6. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса получения полифосфата кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // *Международная научно-техническая конференция. «Интеграция дисциплины – образования – науки и производства»*. Ташкент, Узбекистан. 1 декабря 2018 г. -С. 128-129.

7. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч. Пирофосфат кальция из экстракционной фосфорной кислоты на основе фосфоритов в Центральных Кызылкумов // *«Умидли кимёгарлар»: Труды XXVIII – научно – технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата*. Ташкент, 2019. -С. 45.

8. Улугбердиева З.Х., Мирзакулов Х.Ч. Пирофосфат кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // *«Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук» Республиканский межвузовский сборник научных трудов*. Ташкент, 2019. –С. 154-155.

9. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Усманов И.И., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса дегидратации фосфатов кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Сборник трудов Республиканской научно-технической конференции «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». Ташкент, 2019, – С. 115-116.

10. Улугбердиева З.Х., Мирзакулов Х.Ч., Усманов И.И. Влияние технологических параметров на химический состав полифосфатов кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Материалы XVI Международна научна практична конференция «Найновите научни постижения - 2020». София. Болгария. С. 56-58.

11. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч., Усманов И.И. Влияние продолжительности процесса дегидратации на состав полифосфатов кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Республиканский межвузовский сборник научных трудов «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук». - Ташкент, 2020. – С. 171-172.

12. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч. Влияние технологических параметров процесса дегидратации на состав полифосфатов кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Сборник трудов научно-технической конференции «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». 18-19 ноября, Ташкент – 2020. – С. 70-71.

13. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч. Марказий Қизилқум фосфоритларини фосфат кислотали фаоллаштириш // IV халқаро конференция-симпозиум «Илмий ва инновацион фаолиятни ривожлантириш бўйича давлат бошқаруви тизими такомиллаштирилиши-давр талаби», 18-декабр, Тошкент – 2020. 166-168 б.

14. Улугбердиева З.Х., Меликулова Г.Э., Хужамбердиев Ш.М. Паст меъёрларда олинган фосфорли ўғитларни термик ишлов беришнинг термографик тадқиқоти // Иқтидорли талабалар, магистрантлар, докторантлар ва мустақил иўланувчилар. Online Илмий-амалий анжумани. 2020 йил 24-25 апрель, Фарғона. 715-717 б.

15. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Мирзакулов Х.Ч. Моноаммонийфосфатнинг термик парчаланиш жараёнини ўрганиш // Сборник трудов Республиканской конференции с зарубежным участием «Инновационные технологии в химической и строительной отраслях промышленности и решение актуальных экологических проблем». 23-24 ноября, ТКТИ, Ташкент -2021. - С. 60-61.

16. Улугбердиева З.Х., Арифджанова К.С., Мирзакулов Х.Ч. Дегидратации на состав полифосфатов кальция из фосфоритов Центральных Кызылкумов // “Globallashuv sharoitida noorganik moddalar va materiallar ishlab chiqarishda innovatsion texnologiyalarni rivojlantirish istiqbollari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. Tashkent. TXTI. 9-10 noyabr 2023 yil. 25-27 b.

17. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Арифджанова К.С., Мирзакулов Х.Ч. Получения полифосфатов аммония на основе экстракционной фосфорной кислоты // Приоритетные направление развития

науки и образования. Сборник XXI - международный научно-практический конференции. Россия, Пенза. МЦНС «Науки и просвещение». -2024. -С. 16-18.

18. Улугбердиева З.Х., Хужамбердиев Ш.М., Арифджанова К.С., Мирзакулов Х.Ч. Физико-химические характеристики низкополимеризованного полифосфата кальция на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов // Приоритетные направление развития науки и образования. Сборник XXI - международный научно-практический конференции. Россия, Пенза. МЦНС «Науки и просвещение». -2024. -С. 22-24.

Avtoreferat « _____ » jurnali tahririyatida
tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro
muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3. Adadi 100 dona. Buyurtma № 51/24.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko‘chasi, 83-uy.