

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 03/29.08.2023.K/T.66.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

NODIROV ALISHER AVAZOVICH

**KLINKER USULDA EKSTRAKSION FOSFAT KISLOTA OLISH VA UNI
O'G'ITLARGA QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASI**

02.00.13 – Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

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

Namangan – 2023

Falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of Philosophy (PhD)

Nodirov Alisher Avazovich

Klinker usulda ekstraksiyon fosfat kislotasi olish va uni o'g'itlarga qayta ishlash texnologiyasi..... 3

Нодиров Алишер Авазович

Технология получения экстракционной фосфорной кислоты клинкерным способом и её переработки на удобрение..... 21

Nodirov Alisher Avazovich

The technology of obtaining extractive phosphoric acid by clinker method and processing it into fertilizers..... 39

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works 43

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 03/29.08.2023.K/T.66.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

NODIROV ALISHER AVAZOVICH

**KLINKER USULDA EKSTRAKSION FOSFAT KISLOTA OLISH VA UNI
O'G'ITLARGA QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASI**

02.00.13 – Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

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

Namangan – 2023

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/T3580 raqami bilan ro'yxatga olingan.

Dissertasiya ishi Namangan davlat universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar:

Sultonov Boxodir Elbekovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Turayev Zokirjon
texnika fanlari doktori, professor

Alimov Umar Kadirbergenovich
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Yetakchi tashkilot:

Toshkent kimyo texnologiya instituti

Dissertasiya himoyasi Namangan muhandislik-texnologiya instituti huzuridagi DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil «20» sentyabr soat 14⁰⁰ da o'tkazilgan majlisida bo'ladi (Manzil: 160115, Namangan shahri, Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel.: (99869) 228-76-75; faks: (99869) 228-76-71; e-mail: niei_info@edu.uz).

Dissertasiya bilan Namangan muhandislik-texnologiya instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (241- raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 160115, Namangan sh., Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel.: (99869) 228-76-75; faks: (99869) 228-76-71.

Dissertasiya avtoreferati 2023 yil «8» «sentyabr » kuni tarqatildi.

(2023 yil «8» «sentyabr » dagi 1- raqamli reestr bayonnomasi).



O.K.Ergashev
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi, k.f.d., prof.

D.Sh. Sherqo'ziyev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi,
t.f.d., prof.

Z.K. Dexkanov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., prof.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi annotasiyasi)

Dissertasiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. So'nggi paytda butun dunyoda aholi sonini tez sur'atlarda ortib borayotganligi va dehqonchilik qilinadigan yerlarni kamayishi natijasida ularni oziq-ovqat mahsulotlari bilan yetarli darajada ta'minlash zarurdir. Ushbu turdagi muammoni hal etishda qishloq xo'jaligi ekinlaridan yuqori darajada sifatli hosil olishda qo'llaniladigan kimyoviy birikmalardan, jumladan ozuqa komponentlari yuqori va ftor miqdori kam bo'lgan mineral o'g'itlardan unumli foydalanish zarurdir. Bunda qishloq xo'jaligi ekinlarini ozuqa komponentlari yuqori va ftor miqdori kam bo'lgan o'g'itlar bilan yetarli darajada ta'minlash va ularni turini kengaytirish muhim ahamiyat kasb etadi. Past sifatli fosforitlardan ftor miqdori kam bo'lgan ekstraksion fosfat kislota (EFK) va uning asosida ozuqa komponentlari yuqori bo'lgan oddiy va kompleks o'g'itlar ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish dolzarb vazifa bo'lib hisoblanadi.

Dunyoda EFK ishlab chiqarish uchun sifatli fosfat xom ashyolari zahirasini izlab topish hamda ularni qayta ishlash chiqindilarini EFK va undan sifatli, hamda ftor miqdori kam bo'lgan o'g'itlar ishlab chiqarishga jalb etish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, fosfat xom ashyolarini sulfat kislota bilan qayta ishlab fosfor miqdori katta bo'lgan EFK olish jarayonlarini tadqiq qilish; tarkibida fosfor miqdori turlicha bo'lgan fosfat xom ashyolaridan EFK ishlab chiqarish texnologiyasini yaratish; klinker usulda olingan EFK larning fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish; ushbu usulda olingan EFKlardan oddiy va kompleks o'g'itlar olishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda mavjud bo'lgan fosfat xom ashyolari asosida EFK olish va uning asosida turli xil oddiy va kompleks o'g'itlar ishlab chiqarish yo'nalishida sezilarli darajada ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasining 2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonni taraqqiyot strategiyasida «Mavjud imkoniyatlarni to'liq ishga solgan holda mahalliy sanoat tarmoqlari eksport salohiyatini yanada rivojlantirish - har bir tarmoq kesimida chora-tadbirlar rejasini ishlab chiqish va tasdiqlash, shu jumladan: mineral o'g'itlar va kimyo sanoati mahsulotlari eksportini 400 mln AQSH dollariga yetkazish...»¹ kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, jumladan mahalliy fosfat xom ashyolari va chiqindilaridan foydalangan holda tarkibida P₂O₅ miqdori ko'p va ftor miqdori kam bo'lgan EFK, undan esa ozuqa komponentlari yuqori va ftor miqdori kam bo'lgan oddiy va kompleks o'g'itlar olish texnologiyasini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvar PF-60 son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonni taraqqiyot strategiyasi» farmoni va 2019 yil 3 apreldagi PQ-4265-son «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «2022-2026 yillarda 2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonni taraqqiyot strategiyasi» to'g'risidagi Farmoni.

Qarorlari, 2021 yil 13 fevraldagi PQ-4992 son “Kimyo sanoati korxonalarini yanada isloh qilish va moliyaviy sog’lomlashtirish, yuqori qo’shilgan qiymatli kimyoviy mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirish chora-tadbirlari to’g’risida”, 2022 yil 1 martdagi O’zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkaması 91-sonli “Mineral o’g’itlar xavfsizligi to’g’risidagi umumiy texnik reglamentini tasdiqlash haqida”, 2022 yil 15 dekabrda 753-sonli “Kimyo sanoati uchun innovasion kimyoviy ilmiy-ishlab chiqarish va ta’lim klasterini tashkil etish chora-tadbirlari to’g’risida” gi qarorlari, shuningdek mazkur faoliyatga tegishli me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertasiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalarini rivojlantirishning ustuvor yo’nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar» ustuvor yo’nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o’rganilganlik darajasi. Ilmiy-texnik adabiyotda Xibin apatiti (Rossiya Federasiyasi), Florida (AQSH), Marokash, Qoratog’ (Qozog’iston) va Markaziy Qizilqum (MQ) fosfat xom ashyolarini sulfat kislotasi bilan o’zaro ta’sirlashtirish orqali EFK olish va uni turli o’g’itlarga qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish bo’yicha keng ma’lumotlar manbai mavjud (C.Koopman, R. Zarki, S.Khorfan, M. Schopp, Donatello S., B.Martin, Feng Y., I.A. Pochitalkina, Kopilev B.A., B.M. Beglov, Sh.S. Namazov, R.Radjabov, X.Ch. Mirzakulov, A.U. Erkaev, A.R.Seytnazarov, B.E. Sultonov, B.S. Zakirov, I.T. Shamshidinov, N.V.Volnskova, A.M. Reymov, U.K.Alimov, S.O.Axmetova, I.A. Petropavlovskiy, M.A. Shapkin, Sh.M. Moldabekov, B.B. Mirzaxmetova, Z.K. Dexkanov, M.R.Shamuratova, A.A. Saparov). Masalan, N.V.Volnskova tomonidan tarkibida 26% P_2O_5 tutgan yuvib kuydirilgan fosforit konsentratidan (YuKFK) sulfat kislotasi orqali EFK olish texnologiyasi ishlab chiqilgan. Ammo ushbu texnologiyada ftor miqdori katta bo’lgan (1,5-2,0%) va past konsentrasiyadagi EFK eritmalari (18-19% P_2O_5) hosil bo’ladi.

N.I. Xurramov va Sh.I.Umarovlar tomonidan yuvib quritilgan fosforit konsentratini (YuQFK) va yuvib kuydirilgan fosforit konsentratidan (YuKFK) EFK olish imkoniyatlari ko’rsatilgan. Ammo ushbu tadqiqotlarda ancha qimmat bo’lgan fosfat xom ashyolari YuQFK va YuKFK qo’llanilgan bo’lsada, olingan EFK dagi P_2O_5 larning miqdorlari katta emas. Z.K.Dexkanov va B.E. Sultonovlar tomonidan ham kimyoviy boyitilgan fosforit konsentratlaridan (KBFK) EFK olish bo’yicha tadqiqotlar olib borilgan, ammo bu yerda ham yuqoridagi kabi kamchiliklar mavjud.

Past navli Markaziy Qizilqum fosforitlari va uni yuqori haroratda boyitishdan hosil bo’lgan YuKFK dan klinker usulida yuqoriroq konsentrasiyaga ega va ftor miqdori kam bo’lgan EFK olish bo’yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmagan.

Bundan tashqari yana shuni ta’kidlash joizki, MQ fosforitlarni yuqori haroratda boyitishni saralash bosqichida hosil bo’lgan fosfat chiqindisi – minerallashtirilgan massadan (MM) klinker usulda EFK olish imkoniyatlari hamda

olingan EFKlarni fosforli va kompleks o'g'itlarga qayta ishlash bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari ham olib borilmagan.

Dissertasiya mavzusining dissertasiya bajarilayotgan ilmiy-tadqiqot muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertasiya tadqiqoti Umumiy va noorganik kimyo institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining PZ-20170926269 "Markaziy Qizilqum fosforitlari minerallashgan massasi va yuvib quritilgan konsentratida birlamchi va murakkab fosforli o'g'itlar olishning resurs tejamkor va yuqori samarali texnologiyasini ishlab chiqish" (2018-2020 yy.) mavzusidagi amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi past sifatli MQ fosforiti – oddiy fosforit uni (OFU), undan olingan YuKFK va fosforli chiqindi bo'lgan MM lardan sulfat kislota yordamida klinker usulda EFK olish va uning asosida ozuqa komponenti yuqori bo'lgan samarali o'g'itlar olishning resurs tejamkor texnologiyalarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

Har xil navdagi MQ fosfat xom ashyolaridan klinker usulda ekstraksion fosfat kislota olish jarayonlarini tadqiq etish;

sulfat kislota me'yori va konsentrasiyalarini ekstraksion fosfat kislota kattaliklariga ta'sirini o'rganish;

fosfat kislotali klinkerdan suv va aylanma eritmalar orqali ekstraksion fosfat kislotani ajratib olish jarayonlarini tadqiq etish;

klinker usulda EFK olishda hosil bo'lgan fosfogipsni yuvish jarayonlarini o'rganish;

klinker usulda olingan ekstraksion fosfat kislotani fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish;

laboratoriya model uskunada ekstraksion fosfat kislota olish jarayoni kattaliklarini o'rganish;

klinker usulda olingan ekstraksion fosfat kislotadan fosforli va kompleks o'g'itlar olish jarayonlarini tadqiq etish;

fosfogips hamda EFK asosida olingan o'g'itni zamonaviy fizik-kimyoviy tahlillar asosida element va tuz tarkiblarni o'rganish;

MQ fosforitlaridan EFK olishning texnologik sxemasini ishlab chiqish, moddiy balansi va iqtisodiy samaradorligini hisoblash;

klinker usulda olingan ekstraksion fosfat kislotani fosforli va kompleks o'g'itlarga qayta ishlashni texnologik sxemasini ishlab chiqish, moddiy balansi hamda iqtisodiy samaradorligini hisoblash.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida oddiy fosforit uni (OFU), yuvib kuydirilgan fosforit konsentratida (YuKFK), minerallashgan massa (MM), sulfat kislota, fosfat kislotali klinker, aylanma EFK eritmasi, EFK, gazsimon ammiak, oddiy fosforli o'g'it, ammosfos va fosfogipslar olingan.

Tadqiqotning predmeti YuKFK, OFU va MM fosfat xom ashyolaridan klinker usulda P_2O_5 miqdori yuqoriroq va ftor miqdori kam bo'lgan EFK olish, uning asosida ozuqa komponenti yuqori oddiy fosforli va ammosfos o'g'itlarini olishdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertasiya tadqiqot ishini bajarishda kimyoviy, fizik-kimyoviy tahlilning skanerlovchi elektron mikroskop (SEM - EVO MA 10 (Zeiss, Germany)), element tahlili uchun (Energy-Dispersive x-ray spectrometer (EDS-Oxford Instrument)) va rentgenofazali usulidan («Panalytical Empyrean» (Niderlandiya)) foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

turli fosfat xom ashyolarini sulfat kislotasi bilan parchalash jarayoniga kislotaning turli xil me'yorlari va konsentrasiyalarining ta'sirlashish mexanizmlarining maqbul parametrlari aniqlangan;

sulfat kislota me'yori va konsentrasiyalarini ekstraksion fosfat kislota kattaliklariga ta'siri hamda fosfat kislotali klinkerdan suv va aylanma eritmalar orqali ekstraksion fosfat kislotani ajratib olish jarayonlarini maqbul kattaliklari topilgan;

klinker usulda EFK olishda hosil bo'lgan fosfogipsni yuvish jarayonlarida uning tarkibidagi fosfat angidrid miqdorini eng kam miqdorga keltirishning maqbul sharoitlari topilgan, sifat va miqdor jihatidan qayta ishlash oson bo'lgan fosfogips olish isbotlangan;

fosforitlardan klinker usulda ekstraksion fosfat kislota olish jarayonlarida ftorning fazalar taqsimoti va fosfat xom ashyolaridan ekstraksion fosfat kislota olish jarayonini asosiy maqbul kattaliklari aniqlangan;

har xil fosforitlardan EFK olishda hosil bo'lgan fosfogips va EFK asosida olingan o'g'itni zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida element va tuz tarkiblari aniqlangan;

MQ fosforitlaridan EFK olish va uning asosida ozuqa komponenti yuqori bo'lgan oddiy fosforli va kompleks o'g'itlar olishni moddiy balansi va iqtisodiy samaradorligi hisoblangan va prinsipial texnologiyalari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Turli xil fosfat xom ashyolaridan klinker usulda P_2O_5 miqdori yuqori va ftor miqdori kam bo'lgan EFK olishning maqbul kattaliklari aniqlangan, iqtisodiy nuqtai-nazardan samarador ekanligi asoslangan va resurs tejankor texnologiyasi ishlab chiqilgan;

turli xil fosfat xom ashyolaridan olingan EFK asosida ozuqa komponentlari katta bo'lgan oddiy fosforli va kompleks o'g'itlar olishning maqbul ko'rsatkichlari aniqlangan, iqtisodiy samaradorligi asoslangan va samarali texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Kimyoviy (kompleksonometrik va miqdoriy tahlil usullari) va fizik-kimyoviy (skanerlovchi elektron mikroskop, element tahlil va rentgenofazaviy) tadqiqot natijalari laboratoriya tajribalari va tajriba-sanoat sharoitlaridagi sinovlar bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati har xil turdagi MQ fosfat xom ashyolarini sulfat kislotaning har xil konsentrasiyalari va me'yorlarida ta'sirlashishi natijasida ushbu fosfat xom ashyolarni parchalanishining umumiy qonuniyatlarini aniqlanganligi, ushbu parchalanishning maqbul kattaliklarini topilganligi va fosfat kislotali

klinkerdan EFK ni ajratib olishni texnologik ko'rsatkichlarini aniqlanganligi, klinker usulda EFK olish va undan yuqori ozuqa komponentli oddiy va kompleks o'g'itlar olish texnologiyalarini yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, har xil turdagi, jumladan MQ fosforitlarini termik boyitishni saralash bosqichida hosil bo'ladigan fosforli chiqindi-mineralashgan massa, YuKFK va oddiy fosforit unlaridan klinker usulda EFK olinganligi, ushbu usulda olingan EFK dan yuqori konsentrasiyali va samarador oddiy hamda kompleks o'g'itlar olishning resurstejamkor texnologiyalarini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Respublikamizdagi asosiy fosfat xom ashyolari bo'lgan MQ fosforitlari, ularni boyitish mahsulotlari (YuKFK) va chiqindilaridan (MM) klinker usulda EFK olish hamda uning asosida konsentrlangan oddiy fosforli va kompleks o'g'itlar olish texnologiyalarini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

oddiy fosforit unidan (OFU) klinker usulda EFK olish texnologiyasi "Ifoda Agro Kimyo Himoya" MCHJ QK ning "2023-2024 yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati"ga kiritilgan ("Ifoda Agro Kimyo Himoya" MCHJ QK ning 2023 yil 26 apreldagi 218-son ma'lumotnomasi). Natijada, tarkibida P_2O_5 ning miqdori katta va ftor qiymati kam bo'lgan EFK ishlab chiqarish imkonini beradi;

oddiy fosforit unidan (OFU) klinker usulda olingan EFK asosida ammofos olish texnologiyasi "Ifoda Agro Kimyo Himoya" MCHJ QK ning "2023-2024 yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati"ga kiritilgan ("Ifoda Agro Kimyo Himoya" MCHJ QK 2023 yil 26 apreldagi 218-son ma'lumotnomasi). Natijada, tarkibida ozuqa komponentlari ($N+P_2O_5$) yuqori bo'lgan va ftor qiymati kichik bo'lgan ammofos o'g'iti ishlab chiqarish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining aprobasiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 1 ta xalqaro va 6 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertasiya mavzusi bo'yicha 12 ta ilmiy ishlar chop etilgan. Jumladan, dissertasiyaning (PhD) asosiy ilmiy natijalari 5 ta ilmiy maqola, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovasiyalar vazirligi huzuridagi Oliy Attestasiya komissiyasi tomonidan chop etish tavsiya etilgan jurnallarda 3 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda chop etilgan.

Dissertasiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertasiya ishi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati, shartli belgi va ilovalardan iborat. Dissertasiyaning hajmi 113 betni tashkil etgan.

DISSERTASIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertasiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan, tadqiqotning ob'ekti va mavzusi tavsiflangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan

va texnologiyalari rivojlanishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, natijalarning amaliyotga joriy etilishi berilgan, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertasiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertasiyaning **“Fosforit xom-ashyolari va ulardan ekstraksion fosfat kislota olish usullari”** deb nomlangan birinchi bobida turli fosfat xom-ashyolarini tavsifi, fosforitlardan ekstraksion fosfat kislota olish, uni fosforli va kompleks o'g'itlarga qayta ishlash usullari keltirilgan va tanqidiy tahlil qilingan. Ushbu tahlil bo'yicha xulosalar keltirilgan. Ilmiy materialni tahlil qilish asosida tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan.

Dissertasiyaning **“Tadqiqot ob'ektlari, ularni tavsifi va tajribalarni o'tkazish usullari”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiq etilayotgan fosfat xom ashyolarni asosiy tarkiblari, fizik-mexanik xossalari, turli xil fosforitlardan ekstraksion fosfat kislota (EFK) va undan o'g'itlar olish tajribalarini o'tkazish tartibi, fosfat xom ashyolari, EFK va o'g'itlarni kimyoviy tahlil usullari hamda hosil bo'lgan fosfogips va olingan o'g'it namunalarini fizik-kimyoviy tahlil qilish usullari keltirilgan.

Dissertasiyaning **“Fosforitlardan klinker usulda ekstraksion fosfat kislota olish jarayonlarini tadqiq qilish”** deb nomlangan uchinchi bobida turli xil fosfat xom ashyolaridan sulfat kislota yordamida ekstraksion fosfat kislota olishda sulfat kislota me'yori va konsentrasiyalarini ta'siri, fosfat kislotali klinkerdan suv va aylanma eritmalar orqali ekstraksion fosfat kislotani ajratib olish jarayonlari, fosfogipsni yuvish jarayonlarini o'rganish, turli fosforit xom-ashyolaridan ekstraksion fosfat kislota olish, laboratoriya model uskunasi ekstraksion fosfat kislota olish jarayoni kattaliklarini tadqiq etish, klinker usulda ekstraksion fosfat kislota olishni material oqimi va texnologik sxemasi, fosforitlardan klinker usulda ekstraksion fosfat kislotani ishlab chiqarishni iqtisodiy samaradorligi keltirilgan.

Tajribalarni avvalida sulfat kislota me'yorlari: 95, 100, 103, 105 va 110% (Fosforit xom ashyosidagi CaO ga nisbatan) deb olindi. Sulfat kislota konsentrasiyalari esa: 70, 75, 80, 85, 90 va 93%. Parchalanish vaqti 30 daqiqa. Hosil bo'lgan klinker 250-300°C da quritildi va olingan klinkerdan fosfat kislota qaynoq (80-90°C) 10% EFK bilan FXA:10% EFK=1,0:2,5 nisbatda 5-10 daqiqa davomida aralastirildi va vakuum ostida filtrlab ajratib olindi. OFU ni yuqori konsentrasiyali sulfat kislota bilan parchalanishi tufayli katta hajmdagi ko'piklar hosil bo'lishi kuzatilmadi. OFU ni parchalanish koeffitsienti ($K_{parch.}$), P_2O_5 ni eritmaga o'tish unumi ($K_{unum.}$) va fosfat kislotali gipsli suspenziyalarni filtrlanish tezliklari hisoblandi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan. Bu jadval natijalari shuni ko'rsatadiki, hosil bo'lgan klinkerdan fosfat kislotani 10%-EFK bilan ajratib olinganda hosil bo'ladigan EFKdagi P_2O_5 ning miqdorlari suv bilan ajratib olinganga nisbatan ancha yuqori. Sulfat kislota konsentrasiyasi 93% bo'lganda va me'yorlari 95 dan 110% gacha ortganda hamda kislotaning me'yori 103% bo'lganda va konsentrasiyasi 70 dan 93% gacha ortganda EFK tarkibidagi P_2O_5 miqdorlarini va $K_{parch.}$ ni ham ortishi kuzatiladi. Bundan tashqari kislota me'yori ortganda fosfat kislotali-gipsli suspenziyalarni filtrlanish tezliklarini ortishi ham

kuzatiladi. Ammo kislota konsentrasiyasi ortganda esa ushbu tezlikning kamayishi kuzatiladi.

1-jadval

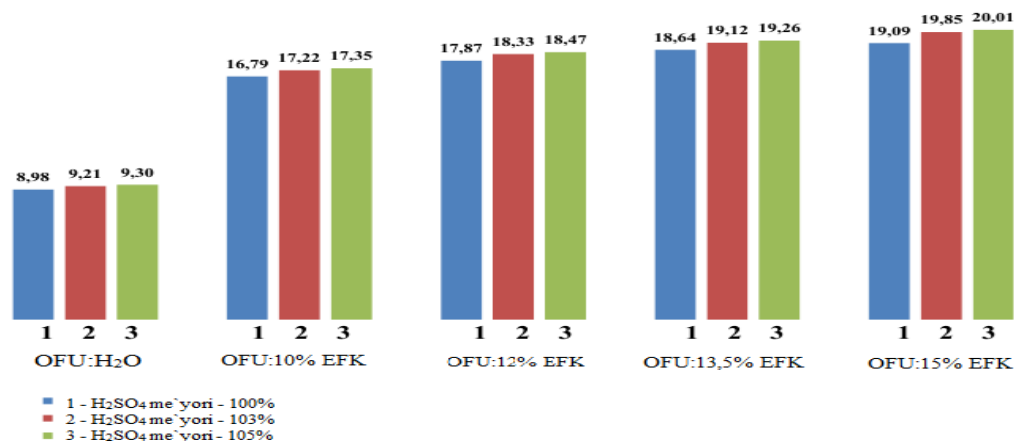
Olingan EFK va fosfogipsning asosiy kimyoviy tarkibiga kislota me'yorlari va konsentrasiyalarini ta'siri

$N_{H_2SO_4}, \%$	$C_{H_2SO_4}, \%$	Moddalarni miqdori, %							$K_{parch.}, \%$	$K_{unum.}, \%$	Filtrlanish tezligi, $kg/m^2 \cdot s$
		EFK			Quruq fosfogips						
		P_2O_5	CaO	SO_3	P_2O_5 umum.	P_2O_5 suv.	CaO	SO_3			
95	93	16,25	0,35	3,32	2,58	0,26	29,78	42,45	94,01	93,02	1105
100		16,79	0,32	3,38	2,54	0,24	29,82	42,39	94,96	93,34	1164
103		17,22	0,31	3,46	2,50	0,22	29,87	42,35	95,71	93,71	1207
105		17,35	0,29	3,53	2,47	0,20	29,90	42,31	95,98	93,85	1285
110		17,41	0,28	3,61	2,44	0,19	29,94	42,27	96,05	94,02	1318
103		70	16,02	0,32	3,23	2,32	0,17	29,49	42,01	94,06	93,03
	75	16,21	0,35	3,28	2,36	0,19	29,57	42,09	94,25	93,05	1398
	80	16,42	0,37	3,34	2,41	0,20	29,68	42,18	94,39	93,25	1357
	85	16,70	0,39	3,37	2,44	0,21	29,75	42,24	95,01	93,59	1289
	90	17,11	0,42	3,42	2,48	0,22	29,83	42,29	95,58	93,67	1256
	93	17,22	0,31	3,46	2,50	0,22	29,87	42,35	95,71	93,71	1207

Bu yerda sulfat kislotani 103-105% li me'yorlarini va 90-93%-li konsentrasiyalarini maqbul kattaliklar deb hisoblash mumkin. Maqbul kattaliklarda olingan EFK tarkibida 17,11-17,35% P_2O_5 bo'ladi. Bunda filtrlanish tezligi nam fosfogips bo'yicha 1207 dan 1285 $kg/m^2 \cdot s$ gacha bo'ladi. EFK tarkibidagi P_2O_5 miqdori va filtrlanish tezligi bo'yicha ham ushbu kattaliklar hozirgi ishlab chiqarish talablariga to'liq javob beradi. Yuqoridagi laboratoriya tajribalarini natijalaridan shuni ta'kidlash lozimki, oddiy fosforit unidan to'g'ridan-to'g'ri EFK olish imkoniyatini mavjudligidir. Keyingi tadqiqotlarda OFU asosida klinker usulda olinadigan EFKning konsentrasiyasiga suv va aylanma EFK konsentrasiyalarini ta'siri o'rganildi. Bunda sulfat kislotaning konsentrasiyasi 93% ga, uning me'yorlari esa 100; 103 va 105% deb olindi. Fosfat kislotali va kalsiy sulfatli klinkerdan EFK ni ajratib olish uchun ishlatiladigan suv hamda aylanma EFKlarning miqdorlari OFUga nisbatan 2,5:1,0 deb olindi. Olingan natijalar 1-rasmdagi grafikda keltirilgan. Ma'lumki fosforitlardan EFK olishda fosfogipslar (FG) ham hosil bo'ladi. Ushbu usulda hosil bo'lgan fosfogips tarkibida 2,50-2,74% $P_2O_{5\text{umum.}}$, 29,80-30,04% CaO va 40,30-42,70% SO_3 bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, olingan fosfogips tarkibida ko'p miqdorda $P_2O_{5\text{umum.}}$ qolib ketadi. Keyingi tadqiqotlarda ushbu miqdorlarni minimal darajaga keltirish bo'yicha laboratoriya tajribalari olib borildi. Olingan fosfogips namunalari bir marta suv bilan OFU:H₂O=1,0:(0,5-2,5) nisbatda aralashtirildi va filtrlandi. Olingan natijalar

2-jadvalda keltirilgan. 2-jadvalda keltirilgan natijalardan ko'rinib turibdiki, OFU:H₂O=1,0:2,5 bo'lganda va fosfogips aralashtirmasdan yuvilganda fosfogips tarkibidagi P₂O₅ miqdori 2,63% ga, CaO va SO₃ larning qiymatlari esa mos ravishda 29,85% va 42,50% ga teng bo'ladi (kislota me'yori 100% bo'lganda).

EFK dagi P₂O₅ miqdori



1-rasm. Aylanma EFK eritmasi konsentrasiyalarini mahsulot EFK konsentrasiyasiga ta'siri

Kislota me'yorlari 103 va 105% bo'lganda esa P₂O₅ miqdori mos ravishda 2,55 va 2,52% ga, CaO esa mos ravishda 29,90 va 29,93% ga va SO₃ ning miqdori esa mos ravishda 42,45 va 42,40% ga teng bo'ladi. Hosil bo'lgan fosfogips suv bilan aralashtirib yuvilganda esa fosfogipsni P₂O₅ dan yanada tozalanishi kuzatiladi. Masalan, OFU:H₂O nisbati 1,0:0,5 bo'lganda va kislota me'yori 100% da P₂O₅ miqdori 1,01%, CaO 30,41% va SO₃ ning miqdori esa 43,44% ga teng bo'ladi. Sulfat kislotaning 103 va 105% me'yorlarida ham xuddi shunga o'xshash holatlar kuzatiladi. OFU:H₂O nisbatini qiymati kamaygan sari, ya'ni suvning miqdori ortishi tufayli fosfogips tarkibidagi P₂O₅ miqdorini sezilarli darajada kamayishi va fosfogipsning tozaligi, ya'ni undagi CaO va SO₃ larni qiymatlarini ham bir oz ortishi kuzatiladi. Masalan, sulfat kislota me'yori 100% da OFU:H₂O nisbati 1,0:0,5 dan 1,0:2,5 gacha ortganda P₂O₅ ni miqdori 1,01 dan 0,61% gacha kamayadi, CaO va SO₃ larning qiymatlari esa mos ravishda 30,41dan 31,05% gacha va 43,44 dan 44,36% gacha ortishi kuzatiladi. Kislota me'yori 103% bo'lganda esa fosfogips tarkibidagi P₂O₅ miqdori 0,92 dan 0,57% gacha kamayadi, CaO va SO₃ larning qiymatlari esa mos ravishda 30,34 dan 30,98% gacha va 43,35 dan 44,26% gacha ortishi kuzatiladi. Sulfat kislotani me'yori 105% bo'lganda esa yuqoridagi keltirilgan moddalarni miqdorlari mos ravishda 0,80 dan 0,52% gacha kamayishi, 30,28 dan 30,93% gacha va 43,25 dan 44,19% gacha ortishi kuzatiladi. Ushbu yuqorida keltirilgan qiymatlardan shuni ko'rish mumkinki, fosfogipsni suv bilan aralashtirib yuvilganda unda qolib ketadigan P₂O₅ ning miqdori kamida 2,6 marta kamayadi. Fosfogipsning tozalik darajasi 91,38 dan 93,40% gacha ortishi kuzatiladi. Yuqorida keltirilgan muhokamalardan shunday xulosa qilish mumkin: fosfogips namunalari tarkibidagi P₂O₅ miqdorini maksimal darajada kamaytirish uchun fosfogips namunalari suv bilan aralashtirilgan holda

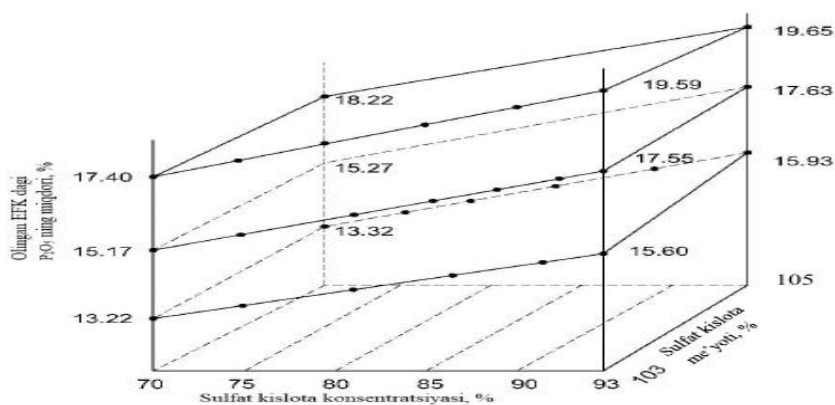
yuvilishi maqsadga muvofiq va bunda OFU:H₂O ni nisbati 1,0:1,0 ni maqbul nisbat deb olish kerak.

2-jadval

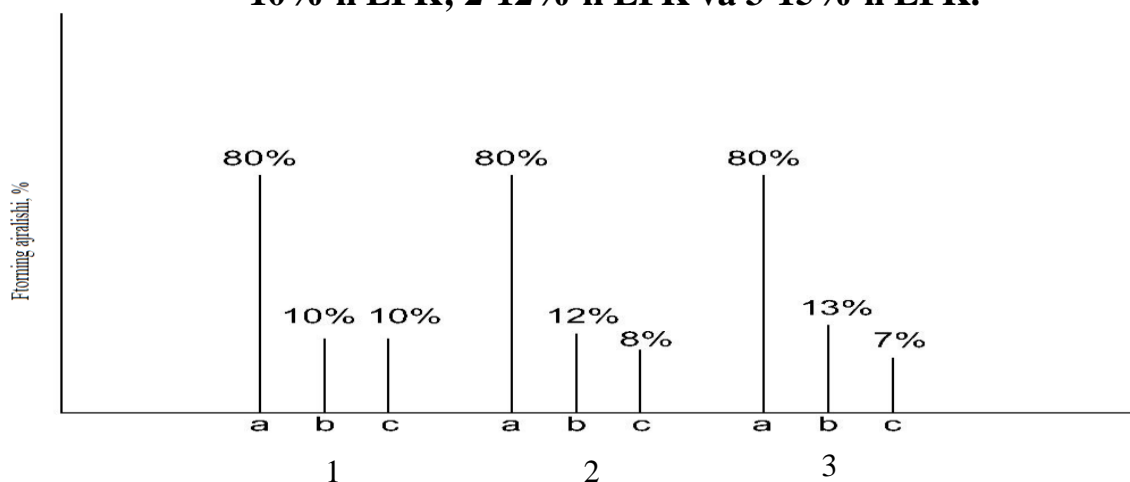
Suv bilan bir marta yuvishda hosil bo'ladigan fosfogips namunalari asosiy kimyoviy tarkiblari

FG tarkibi, %	N _{H2SO4} , %	OFU:H ₂ O= 1,0:2,5 da aralastirmasdan yuvilganda	Fosfogips aralastirib yuvilganda				
			OFU:H ₂ O nisbatlari				
			1,0:0,5	1,0:1,0	1,0:1,5	1,0:2,0	1,0:2,5
P ₂ O ₅	100	2,63	1,01	0,82	0,70	0,66	0,61
	103	2,55	0,92	0,75	0,65	0,62	0,57
	105	2,52	0,80	0,69	0,61	0,55	0,52
CaO	100	29,85	30,41	30,54	30,60	30,73	31,05
	103	29,90	30,34	30,51	30,64	30,70	30,98
	105	29,93	30,28	30,44	30,67	30,68	30,93
SO ₃	100	42,50	43,44	43,63	43,71	43,90	44,36
	103	42,45	43,35	43,58	43,77	43,86	44,26
	105	42,40	43,25	43,49	43,81	43,83	44,19

Ushbu nisbatdan kichik, ya'ni suv kam bo'lganda fosfogips namunalari yuvishda qiyinchiligi paydo bo'ladi va suv ko'p bo'lganda esa suv sarfi ko'payadi hamda EFK dagi P₂O₅ miqdori kam bo'lgan eritmalar paydo bo'ladi. Maqbul nisbatda yuvilgan fosfogips larni keyingi qayta ishlash jarayonlarida qo'llash imkoniyati yuqori bo'ladi. 2-rasmda MM asosida olingan EFK tarkibidagi P₂O₅ ning miqdoriga bir vaqtning o'zida sulfat kislotasi me'yori va konsentrasiyalari hamda ajratib olishda ishlatiladigan aylanma EFK konsentrasiyalarini ta'siri keltirilgan. Keltirilgan natijalardan ko'rinib turibdiki, olingan EFK tarkibidagi P₂O₅ ning miqdoriga sulfat kislotasi konsentrasiyasi va ajratib olishda qo'llaniladigan aylanma EFK konsentrasiyasi sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Ma'lumki, fosfat xom ashyolaridan EFK olishda fto'ning fazalararo taqsimoti ham muhim rol o'ynaydi. 3-rasmda MM dan sulfat kislotani 103%-li me'yori va 93%-li konsentrasiyasida EFK olishda fto'ning fazalararo taqsimoti keltirilgan. Keltirilgan natijalardan ko'rinib turibdiki, fto'ning asosiy qismi gaz fazaga (HF, SiF₄), qolgan qismlari esa suyuq (EFK) va qattiq fazalarga (fosfogips) taqsimlanadi. Ma'lumki, ozuqaviy fosfat olishda qo'llanilayotgan EFK tarkibida fto'ning miqdori 0,1% dan ko'p bo'lmasligi kerak. Biz tarafimizdan olingan EFK namunalari ushbu qiymatlar 0,1% dan kam. Demak olingan EFKlar fto'ga qo'yiladigan talablar bo'yicha ozuqaviy fosfatlar olish uchun yaroqli. Lekin shunday bo'lsada, EFK ni barcha talablar bo'yicha (og'ir metallar, zaharli metallmaslar) tahlil qilinishi kerak bo'ladi. Yuqoridagi ma'lumotlardan quyidagilarni xulosa qilish mumkin: yuqori konsentrasiyali sulfat kislotasi ishlatilgani uchun MM ni parchalashda katta hajmda ko'piklanish hosil bo'lmaydi; hosil bo'lgan EFKdagi P₂O₅ ning miqdori an'anaviy usulga qaraganda yuqori ekanligi; fosforitlarni termik boyitishni fosfat chiqindisi bo'lgan MM ni to'g'ridan-to'g'ri EFK olishga jalb etish imkoniyatini paydo bo'lishi bilan va olingan EFK dagi fto'ning miqdorini kamligi.

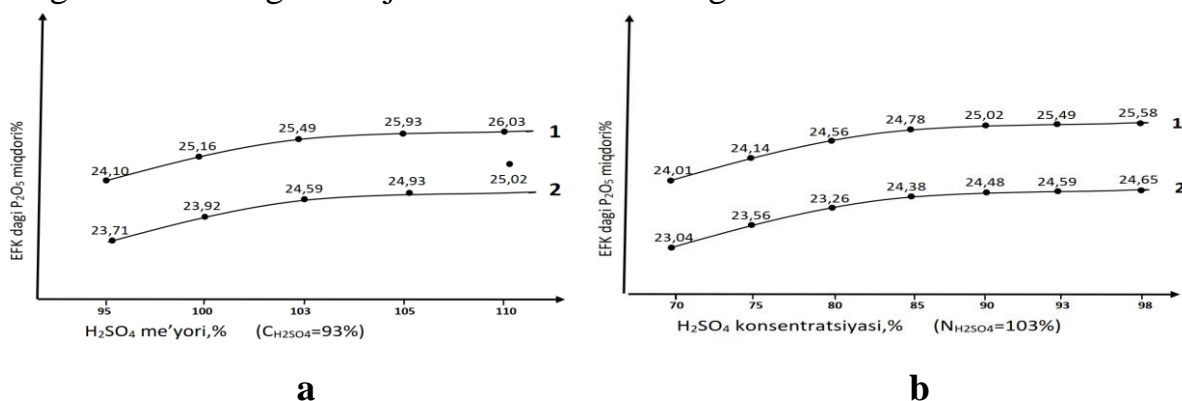


2-rasm. EFK tarkibidagi P_2O_5 ning miqdoriga sulfat kislota me'yorini va konsentratsiyasi hamda aylanma EFK eritmasini konsentratsiyasini ta'siri: 1-10%-li EFK; 2-12%-li EFK va 3-15%-li EFK.



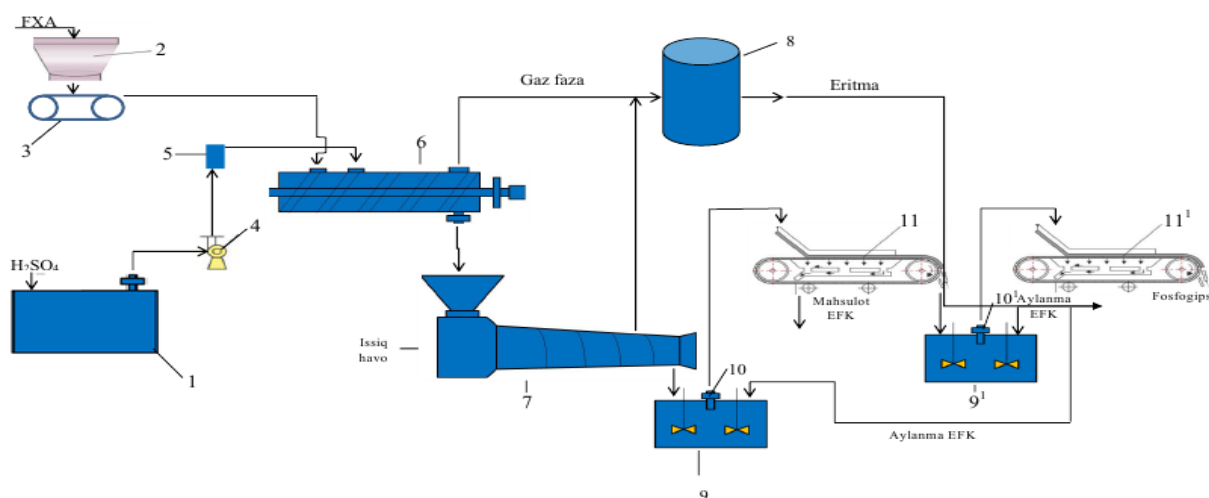
3-rasm. Xom ashyo tarkibidagi farning fazalararo taqsimlanishi: a-gaz fazaga; b-suyuq fazaga va c-qattiq fazaga. 1-10%-li EFK; 2-12%-li EFK va 3-15%-li EFK.

Keyingi tadqiqotlarda esa aylanma EFK bilan YuKFK asosida olingan EFKdagi P_2O_5 ning miqdorlariga sulfat kislota me'yorini va konsentratsiyalarini ta'siri o'rganildi va olingan natijalar 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. YuKFK asosida olingan EFKdagi P_2O_5 ning miqdorlariga sulfat kislota me'yorini (a) va konsentratsiyalarini (b) ta'siri. 1- YuKFK: 10%-li EFK=1,0:2,5 va 2- YuKFK: 10%-li EFK =1,0:3,0.

Yuqoridagi o'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari asosida turli xil MQ fosfat xom ashyolaridan (MM, OFU va YuKFK) klinker usulda ekstraksiyon fosfat kislotasi (EFK) olish jarayonlarining material oqimi hisoblandi va prinsipial texnologik tizimi taklif etildi (5-rasm). Turli xil fosfat xom ashyolaridan sulfat kislotasi



5-rasm. Turli xil fosforit xom ashyolaridan klinker usulda ekstraksiyon fosfat kislotasi olishning prinsipial texnologik sxemasi: 1-sulfat kislotani saqlash idishi; 2-fosfat xom ashyosi bunkeri; 3- vaznli qo'shuvchi tarozi; 4-kislotali nasos; 5-sulfat kislotasi uchun vaznli o'lchagich; 6- fosforitlarni parchalash uchun shnekli reaktor; 7-barabanli quritgich; 8-absorber; 9,9'- aralashtirgichlar; 10-botirilgan nasoslar;11,11' - lentali vakuum filtrlar.

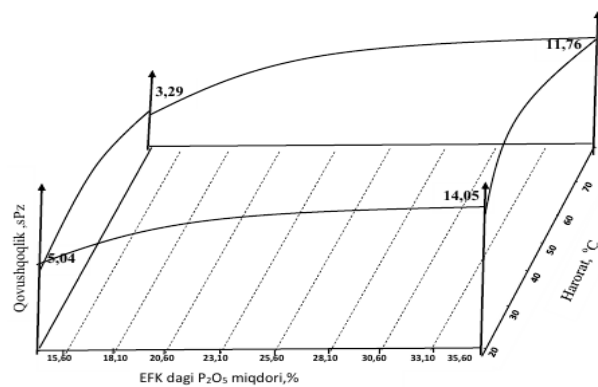
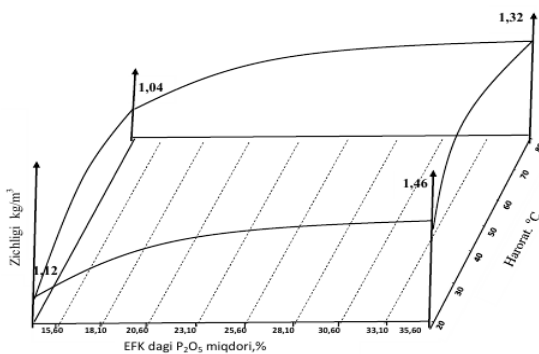
yordamida klinker usulda EFK olishning asosiy mohiyati shundan iboratki, maydalangan minerallashtirilgan massa yoki boshqa turdagi fosforit xom ashyosi uning tarkibidagi CaO miqdoriga nisbatan 90-93%-li sulfat kislotasi eritmasi bilan parchalash; olingan sulfatfosfatkislotali aralashmani 250-300°C da quritish; hosil bo'lgan quruq aralashmadan EFK ning aylanma eritmasi orqali EFKni ajratib olish; nam fosfogipsni aylanma EFK eritmasi bilan aralashtirilgan holda filtrlash. Keyingi ishlarda esa Markaziy Qizilqum fosforitlarini yuqori haroratda boyitish texnologiyasini chiqindisi bo'lgan MM va boyitish mahsuloti bo'lgan YuKFK hamda OFU larni har bir tonnasidan klinker usulda olingan ekstraksiyon fosfat kislotasi olishning iqtisodiy samaradorligi hisoblandi. MM, OFU va YuKFK lardan olingan 1 tonna EFK larning tannarxlarini Olmaliq Ammofos-Maxam korxonasi ishlab chiqarilayotgan 1 tonna 18% li EFK ga nisbatan mos ravishda 158 962, 113 005,4 va 13 916,6 so'mga arzon.

Dissertasiyaning “**Klinker usulda olingan ekstraksiyon fosfat kislotasi fosforli va kompleks o'g'itlarga qayta ishlash**” deb nomlangan to'rtinchi bobida past sifatli MQ fosforitlarini yuqori haroratda boyitish texnologiyasini saralash bosqichida hosil bo'ladigan fosfat chiqindisi bo'lgan MM va boyitish mahsuloti bo'lgan YuKFK hamda OFU lardan sulfat kislotasi yordamida klinker usulda olingan EFKlarning reologik xossalari o'rganilgan, turli xil fosfat xom ashyolardan (FXA) olingan EFK namunalari oddiy fosforli o'g'it-o'g'itli presipitat va kompleks o'g'it-ammofos olish jarayonlari o'rganilgan, o'g'itlar

olishni material oqimi va texnologik sxemasi hamda texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlari keltirilgan.

Har xil FXA lardan olingan EFK asosida oddiy va kompleks o'g'itlar olishda ularning konsentrsiyalari va reologik xossalari muhim rol o'ynaydi. Shuning uchun keyingi tadqiqotlarda EFKlarda P_2O_5 ning konsentrsiyalarini ortib borishida ularning reologik (qovushqoqligi va zichligi) o'rganildi. Chunki bunday turdagi EFKlarni olish jarayonlarini avtomatlashtirish, nazorat qilish va hosil bo'lgan EFK boshqa bir uskunadan yana bir boshqa uskunaga o'tkazish zarurati paydo bo'ladi.

MM asosida olingan EFKlardagi P_2O_5 konsentrsiyalarini ortishi va turli haroratlarda uning zichligini o'zgarishi 6-rasmda keltirilgan. Bunda zichlikni o'zgarishi harorat 20-80°C oralig'ida o'rganildi. 20°C haroratda EFK dagi P_2O_5 konsentrsiyalari 15,60 dan 35,60% gacha ortganda uning zichligi sezilarli darajada ortishi, ya'ni 1,12 dan 1,46 g/sm³ gacha (1,3 barobar) ortishi kuzatiladi. Xuddi shunga o'xshash qonuniyatlar boshqa haroratlarda ham takrorlanadi. Haroratni 20 dan 80°C gacha ortishida barcha konsentrsiyali EFKlarning zichligini biroz kamayishi kuzatiladi. Masalan, 18,10% li EFK da uning zichligini 1,19 dan 1,09 g/sm³ gacha (1,09 marta) kamayishini ko'rish mumkin. 7-rasmdagi ma'lumotlardan esa ushbu EFK namunalaridagi P_2O_5 konsentrsiyalarini ortishida uning qovushqoqliklarini yetarli darajada ortishini ko'rish mumkin. Masalan, harorat 20°C da 15,60% li EFK da qovushqoqlik 5,04 sPz ga teng bo'lsa, 35,60% li EFK da qovushqoqlik esa 14,05 sPz ga teng, ya'ni 2,79 marta ortadi. Bunda qovushqoqlikni ortishini eritmadagi tuzlar massasini ortishi va suv ulushini kamayishi bilan tushuntirish mumkin.



6-rasm. MM asosida olingan EFKdagi P_2O_5 konsentrsiyalarini ortishi va turli haroratlarda uning zichligini o'zgarishi.

7-rasm. MM asosida olingan EFKdagi P_2O_5 konsentrsiyalarini ortishi va turli haroratlarda uning qovushqoqligini o'zgarishi.

OFU hamda YuKFKlar asosida olingan EFKlardagi P_2O_5 konsentrsiyalarini ortishi va turli haroratlarda uning zichligi va qovushqoqliklarini o'zgarishini o'rganishdan olingan natijalarda ham MM asosida olingan EFK namunalarida keltirilgan umumiy qonuniyatlar kuzatiladi.

Keying tadqiqotlarda OFU asosida klinker usulda olingan EFK dan oddiy fosforli o'g'it – o'g'itli presipitat olish o'rganildi. Olingan natijalar 3-jadvalda keltirilgan. Ushbu olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, cho'ktiruvchini

me'yorini ortishi olingan o'g'itli presipitat namunalarini sifatiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Masalan, cho'ktiruvchi me'yor 80% va EFK konsentratsiyasi 10,32% ga teng bo'lganda o'g'itli presipitat namunasida 33,02% $P_2O_{5\text{umum.}}$ bo'ladi. Ushbu presipitatli o'g'it namunasidagi P_2O_5 ning 2-% li limon kislotasi bo'yicha o'zlashuvchan shaklini miqdori 29,06% ga teng bo'lib, u umumiy P_2O_5 ning 88% ni tashkil etadi. O'g'it tarkibidagi $CaO_{\text{umum.}}$ va CaO ning 2-% li limon kislotasi bo'yicha o'zlashuvchan shaklini miqdorlari mos ravishda 24,77 va 21,92% ga teng. $P_2O_{5\text{s.e.}}$ va $CaO_{\text{s.e.}}$, ya'ni ushbu moddalarning suvda eruvchan shakllarini miqdorlari mos ravishda 2,78 va 1,69% ga teng. Cho'ktiruvchining me'yor 80 dan 110% ga oshirilganda EFK ning konsentratsiyasi 10,32% bo'lgan eritmasidan olingan o'g'itli presipitatlarning namunalaridagi $P_2O_{5\text{umum.}}$ ning miqdorlari 33,02 dan 34,18% gacha va $CaO_{\text{umum.}}$ ning miqdorlari esa 24,77 dan 34,19% ga ortishi kuzatiladi. Xuddi shunga o'xshash holat va qonuniyatlar EFK ning 17,35% li eritmasidan olingan o'g'itli presipitat namunalarida ham kuzatiladi. Biroq ushbu namunalardagi $P_2O_{5\text{umum.}}$ ning miqdorlari 10,32% li EFK dan olingan o'g'itli presipitatlardagiga qaraganda bir oz ko'pligi kuzatiladi. Ma'lumki, EFK eritmalarini $Ca(OH)_2$ suspenziyasi bilan neytrallanganda, eritmaga o'tib ketadigan P_2O_5 ning miqdori muhim rol o'ynaydi, chunki uning miqdorini eritmaga o'tib ketishi qancha kam bo'lsa, olingan o'g'itli presipitatning nafaqat sifati balki uning miqdori ham ortadi.

3-jadval

O'g'itli presipitatlarni asosiy kimyoviy tarkibi

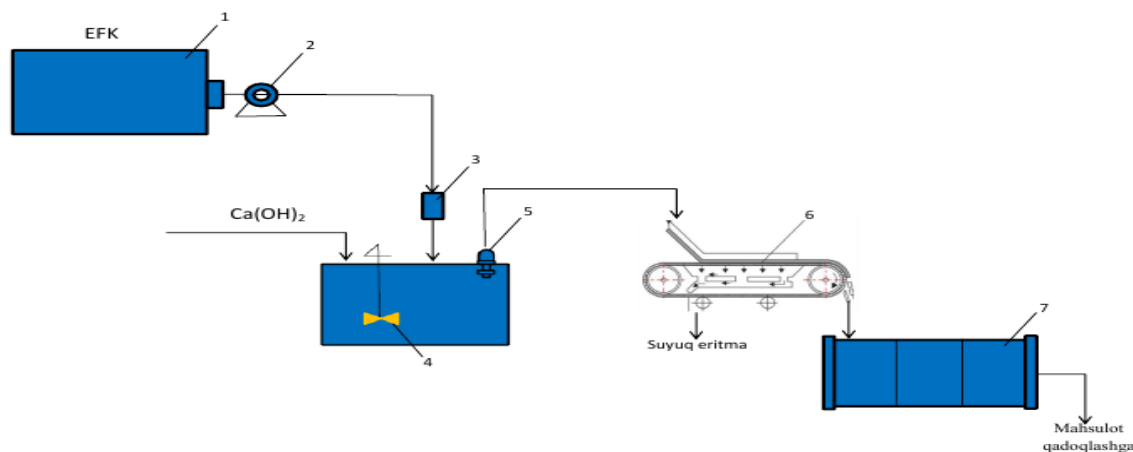
Ca(OH) ₂ me'yor, %	Kimyoviy tarkib, %						
	P ₂ O ₅ umum.	2-% li lim. kis-si bo'yicha P ₂ O _{5o'zl.}	P ₂ O _{5s.e.}	CaO umum.	2-% li lim. kis-si bo'yicha CaO _{o'zl.}	CaO _{s.e.}	P ₂ O ₅ suyuq fazaga o'tishi , %
EFK konsentratsiyasi – 10,32%							
80	33,02	29,06	2,78	24,77	21,92	1,69	8,05
90	33,51	29,49	2,31	27,81	24,61	1,55	5,06
100	33,91	29,84	2,02	30,52	27,01	1,34	3,02
110	34,18	30,08	1,50	34,19	30,26	1,26	2,04
EFK konsentratsiyasi – 17,35%							
80	34,25	30,82	2,82	23,98	21,70	1,78	7,12
90	35,11	31,60	2,36	28,09	25,42	1,67	4,84
100	35,78	32,20	2,07	30,41	27,52	1,41	2,55
110	36,14	32,53	1,55	34,33	31,07	1,30	1,87

Olingan presipitat namunalaridagi P_2O_5 ning nisbiy o'zlashuvchan shaklini miqdori 88% dan kam emas. Cho'ktiruvchining barcha me'yorlarini maqbul me'yorlar deb olish mumkin, ammo eritmaga o'tib ketgan P_2O_5 ning miqdorlariga qarab 100-110% me'yorlarni maqbul me'yorlar deb olinsa maqsadga muvofiq

bo'ldi. Bu maqbul me'yorlarda olingan presipitat namunalarida 33,91-36,14% $P_2O_{5\text{umum}}$, 29,84-32,53% $P_2O_{5o'zl}$, 30,52-34,33% CaO_{umum} va 27,01-31,07% $CaO_{o'zl}$ bo'ldi. EFK dagi umumiy P_2O_5 ning 1,87-3,02% miqdori eritmaga o'tib ketadi, ya'ni isrof bo'ldi. Lekin shunday bo'lsada olingan o'g'itli presipitat ozuqa komponentlari bo'yicha yuqori konsentrlangan o'g'itlar (ozuqa komponenti 60,92-67,21%- $P_2O_{5\text{umum}}$ va $CaO_{o'zl}$) toifasiga kiradi. Bunday turdagi o'g'itlar o'z tarkibida nafaqat fosfor, balki o'simlik uchun zarur bo'lgan kalsiy elementi ham tutadi. Olingan natijalar asosida MM va OFU lardan olingan EFK dan oddiy fosforli o'g'it-o'g'itli presipitat olishning material oqimlari hisoblandi va soddalaşgan texnologik sxemasi taklif etildi (7-rasm).

Tadqiqotning so'nggi bosqichida turli xil FXAlardan olingan EFKlardan kompleks o'g't-ammofos olish jarayonlari o'rganildi. Umumiy olganda shuni ta'kidlab o'tish lozimki, barcha turdagi FXA lar asosidagi EFK lardan olingan ammofos namunalarining umumiy tarkiblari bir-biridan keskin farq qilmaydi.

Turli xil FXA lardan olingan EFK asosida olingan oddiy fosforli o'g'it-o'g'itli presipitat va kompleks o'g'it-ammofos o'g'itlarini iqtisodiy jihatdan ishlab



7-rasm. Turli xil fosforit xom ashyolari asosida olingan EFK dan oddiy fosforli o'g'it-o'g'itli presipitat olishning texnologik sxemasi: 1-EFK saqlash idishi; 2-kislotali nasos; 3-EFK uchun vaznli o'lchagich; 4-presipitlash reaktori; 5-botirilgan nasos; 6- lentali vakuum filtr; 7- quritgich.

chiqarishni maqsadga muvofiqligi belgilovchi iqtisodiy samaradorligi hisoblandi. Hisoblangan ma'lumotlardan shuni ko'rish mumkinki, MM va OFU lar asosidagi EFK dan olingan o'g'itli presipitatlar oddiy superfosfatga qaraganda mos ravishda 1 035 864 va 1 713 524 so'mga arzon. MM, OFU va YuKFK lardan olingan EFK asosidagi kompleks o'g'it-ammofoslarning narxlari mos ravishda 4 999 600; 4 752 199 va 3 695 794 so'mga teng bo'lib, ular Olmaliq Ammofos-Maxam korxonasi ishlab chiqarilayotgan ammofosga nisbatan mos ravishda 400 525; 647 926 va 1 704 341 so'mga arzon ekanligi aniqlandi.

XULOSA

Dissertasiya ishini bajarilishida olingan asosiy ilmiy va amaliy natijalar quyidagicha:

1. Turli xil fosfat xom ashyolari – MM, OFU va YuKFK lardan sulfat kislotada yordamida klinker usulda ekstraksion fosfat kislotada olish jarayonlari tadqiq etildi va maqbul kattaliklari aniqlandi. Maqbul kattaliklarda olingan EFK ning asosiy kimyoviy tarkibi quyidagicha (og'ir., %): 15,43-17,63% P_2O_5 , 0,33-0,37% CaO va 3,30-3,38% SO_3 (MM asosida); 17,22-19,12% P_2O_5 , 0,29-0,31% CaO va 3,46-3,54% SO_3 (OFU asosida) va 25,02-25,49% P_2O_5 , 0,52-0,054% CaO va 3,18-3,24% SO_3 (YuKFK asosida) bo'ladi.

2. Fosfogips namunalarini suv bilan yuvish jarayonlari tadqiq etildi. OFU:H₂O=1,0:2,5 da aralastirmasdan yuvilganda hosil bo'lgan fosfogips namunalarida 2,52-2,63% P_2O_5 bo'lishi va OFU:H₂O=1,0:1,0 da suv bilan aralastirib yuvilganda hosil bo'ladigan fosfogips namunalarida 0,69-0,82% P_2O_5 bo'lishi, ya'ni 3,21-3,65 marta kamayishi aniqlandi.

3. EFK olishda ftorning fazalararo taqsimoti o'rganildi. Bunda ftorning 80%i gaz fazaga, 10-13% suyuq fazaga va 7-10% esa fosfogipsga o'tishi, olingan EFK dagi P_2O_5 ning miqdorlari 15,43-25,49% oralig'ida bo'lishi aniqlandi.

4. Laboratoriya model uskunasida ekstraksion fosfat kislotada olish jarayoni kattaliklari tadqiq etildi va klinker usulda EFK olish jarayonlarining maqbul texnologik kattaliklari aniqlandi.

5. Turli xil FXA lardan klinker usulda EFK olishning moddiy oqimlari hisoblandi va texnologik sxemasi taklif etildi. MM, OFU va YuKFK lardan olingan 1 tonna EFK larning tannarxlari Olmaliq Ammofos-Maxam korxonasida ishlab chiqarilayotgan tarkibida 1 tonna 18% li EFK ga nisbatan mos ravishda 158 962, 113 005,4 va 13 916,6 so'mga arzon.

6. Turli xil fosfat xom ashyolari – MM, OFU va YuKFK asosida olingan EFK lardan oddiy fosforli o'g'it-o'g'itli presipitat olishni maqbul kattaliklari aniqlandi. Maqbul kattaliklarda olingan o'g'itli presipitatlarni asosiy tarkibi quyidagicha (og'ir.,%): $P_2O_{5umum.} = 34,12-35,58$; 2%-li limon kislotasi (LK) bo'yicha $P_2O_{5o'zl.} = 30,03-31,31$; $CaO_{umum.} = 35,21-36,78$; 2%-li LK bo'yicha $CaO_{o'zl.} = 32,04-33,15$ va $CaO_{suv.} = 1,86-2,70$ (OFU asosida olingan EFKdan) va 33,91-36,14% $P_2O_{5umum.}$, 29,84-32,53% $P_2O_{5o'zl.}$, 30,52-34,33% $CaO_{umum.}$ va 27,01-31,07% $CaO_{o'zl.}$ bo'ladi (MM asosida olingan EFKdan). Presipitatlanish darajasi 95,94-98,38% ga va presipitatli suspenziyalarning filtrlanish tezliklari nam presipitat bo'yicha 1000-1200 kg/m²·soat ga teng.

7. Turli xil FXA lardan olingan EFK namunalaridan kompleks o'g'it-ammofos olish jarayonlari o'rganildi va uni olishni asosiy texnologik kattaliklari aniqlandi. MM, OFU va YuKFK asosida olingan EFK dan olingan ammofos tarkibida mos ravishda 46,25; 46,48 va 46,85% $P_2O_{5umum.}$ bo'ladi. Azotning qiymatlari esa mos ravishda 12,01; 12,13 va 12,25% ga teng.

8. MM va OFU lar asosida olingan EFK lardan oddiy fosforli o'g'it-o'g'itli presipitat olishning material oqimlari hisoblandi va texnologik sxemasi taklif etildi. Olingan o'g'itli presipitatlar oddiy superfosfatga qaraganda mos ravishda

1 035 864 va 1 713 524 so'mga arzon. EFK asosidagi kompleks o'g'it-ammofoslarning narxlari mos ravishda 4 999 600; 4 752 199 va 3 695 794 so'mga teng bo'lib, ular Olmaliq Ammofos-Maxam korxonasida ishlab chiqarilayotgan ammofosga nisbatan mos ravishda 400 525; 647 926 va 1 704 341 so'mga arzon.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
DSc. 03/29.08.2023.К/Т.66.02 ПРИ НАМАНГАНСКОМ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НОДИРОВ АЛИШЕР АВАЗОВИЧ

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ
КИСЛОТЫ КЛИНКЕРНЫМ СПОСОБОМ И ЕЁ ПЕРЕРАБОТКА НА
УДОБРЕНИЕ**

02.00.13 - Технология неорганических веществ и материалов на их основе

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)

ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Наманган – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2023.2.PhD/T3580.

Диссертационная работа выполнена в Наманганском государственном университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице Научного совета и в информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz)

Научный руководитель:

Султонов Боходир Элбекович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Тураев Зокиржон
доктор технических наук, профессор
Алимов Умар Кадырбергенович
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Ведущая организация:

Ташкентский химико технологический институт

Защита диссертационной работы состоится «20» сентября 2023 года в «14⁰⁰» часов на заседании цифрового Научного совета DSc. 03/29.08.2023.К/Т.66.02 по присуждению научных степеней при Наманганском инженерно-технологическом институте (адресу: 160115, г. Наманган, улица Косонсой, 7. Тел.: (99869) 228-76-75; факс: (99869) 228-76-71, e-mail: nei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института (зарегистрирован под № 241). (Адрес: 160115, г. Наманган, ул. Касансайского, 7. Тел.: (99869) 228-76-75; факс: (99869) 228-76-71.

Автореферат диссертации разослан «8» сентябрь 2023года.
(реестр протокола рассылки № 1 от «8» сентябрь 2023 года).



Эргашев О.К.

Председатель Научного совета по присуждению
ученой степени, д.х.н., проф.

Шеркузиев Д.Ш.

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

Дехканов З.К.

Председатель Научного семинара при Научном совете
по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В последнее время в результате быстрого роста число населения и сокращения сельскохозяйственных угодий во всем мире необходимо обеспечить их достаточным количеством продуктов питания. Для решения данного типа проблем необходимо эффективное использование химических соединений, используемых для получения высококачественного урожая сельскохозяйственных культур, в том числе минеральных удобрений с высоким содержанием питательных компонентов и низким содержанием фтора. При этом важно достаточное обеспечение сельскохозяйственных культур удобрениями с высоким содержанием питательных компонентов и низким содержанием фтора и расширить их ассортимент. Актуальной задачей является создание технологий производства экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) с низким содержанием фтора из низкокачественных фосфоритов и простых и сложных удобрений на ее основе с высоким содержанием питательных компонентов.

В мире проводятся научные исследования по поиску резервов высококачественного фосфатного сырья для производства ЭФК, также вовлечению отходов их переработки в производство ЭФК и получение из нее качественных, а также удобрений с низким содержанием фтора. В связи с этим особое внимание уделяется к исследованию процессов получения ЭФК с высоким содержанием фосфора путем переработки фосфатного сырья серной кислотой; созданию технологии производства ЭФК из фосфатного сырья с различным содержанием фосфора; изучение физико-химических свойств ЭФК, полученных клинкерным способом; получению простых и сложных удобрений из ЭФК, полученных этим способом.

Значительные научные и практические результаты достигаются в направлении получения ЭФК на основе имеющейся в нашей республике фосфатного сырья и получения на её основе различных простых и комплексных удобрений. В новой стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы определены такие важные задачи, как «Дальнейшее развитие экспортного потенциала местных отраслей промышленности с полным использованием имеющихся возможностей - разработка и утверждение плана мероприятий по каждой отрасли, в том числе: довести до 400 млн. доллары США экспорт минеральных удобрений и продукции химической промышленности...»². В этом отношении актуальна, разработка технологии получения ЭФК с высоким содержанием P_2O_5 и низким содержанием фтора, из нее простых и комплексных удобрений с высоким содержанием питательных компонентов и низким содержанием фтора, в том числе с использованием местного фосфатного сырья и отходов.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан «Новая стратегия развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы»

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению указанных задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «Новая стратегия развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы» и в Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», ПП-4992 от 13 февраля 2021 года «О дальнейшем реформировании и финансовое консолидации предприятий химической промышленности, мерах по развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью», постановлениях Кабинета Министров Республики Узбекистана П-91 от 1 марта 2022 года «Об утверждении общего технического регламента о безопасности минеральных удобрений» и П-753 от 15 декабря 2022 года «О мерах по созданию инновационного химического научно-производственного и образовательного кластера для химической промышленности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В научно-технической литературе имеется обширная информация о получении ЭФК путем взаимодействия фосфатного сырья Хибинских апатитов (Российская Федерация), Флорида (США), Марокко, Каратау (Казахстан) и Центральных Кызылкумов (ЦК) с серной кислотой и переработка ее в различные удобрения (С.Коорман, R. Zarki, S.Khorfan, M.Schorr, Donatello S., В.Martin, Feng Y., И.А. Почиталкина, Копылев Б.А., Б.М. Беглов, Ш.С. Намазов, Р.Раджабов, Х.Ч. Мирзакулов, А.У. Эркаев, А.Р.Сейтназаров, Б.Э. Султонов, Б.С. Закиров, И.Т.Шамшидинов, Н.В. Волынскова, А.М. Реймов, У.К. Алимов, С.О.Ахметова, И.А. Петропавловский, М.А. Шапкин, Ш.М. Молдабеков, Б.Б.Мырзахметова, З.К. Дехканов, М.Р. Шамуратова, А.А. Сапаров). Например, со стороны Н.В.Волынской разработана технология получения ЭФК из мытого обожженного фосфоритового концентрата (МОФК), содержащей 26% P_2O_5 с серной кислотой. Однако по этой технологии получают растворы ЭФК с высоким содержанием фтора (1,5-2,0%) и низкой концентрацией (18-19% P_2O_5).

Со стороны Н.И. Хуррамова и Ш.И.Умарова показаны возможность получения ЭФК из мытого сушеного фосфоритового концентрата (МСФК) и мытого обожженного фосфоритового концентрата (МОФК). Однако, хотя в этих исследованиях использовалось очень дорогое фосфатное сырье МСФК и МОФК, количества P_2O_5 в полученном ЭФК невелики. Со стороны З.К.Дехканова и Б.Э.Султанова также проведены исследования по получению ЭФК из химически обогащенных фосфоритных концентратов (ХОФК), но и здесь также есть недостатки, подобные вышеизложенным.

Научно-исследовательские работы по получению ЭФК с более высокой концентрацией и меньшим содержанием фтора клинкерным способом из низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов и МОФК, образующихся при его обогащении при высокой температуре, не проводились.

Кроме того, стоит отметить, что не велась научно-исследовательская работа возможности получения ЭФК из минерализованной массы (ММ) клинкерным способом, которая образуется как отход при сортировке фосфоритов ЦК при высокотемпературном обогащении, а также не проведены научно-исследовательские работы по переработки полученных ЭФК в фосфорные и комплексные удобрения.

Связь темы диссертации с исследовательской работой научно-исследовательского учреждения, в котором выполняется диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладного проекта Института общей и неорганической химии АН РУз ПЗ-20170926269 «Разработка ресурсосберегающей и высокоэффективной технологии получения одинарного и сложного фосфорных удобрений на основе минерализованной массы и мытого сушеного концентрата фосфоритов Центральных Кызылкумов» (2018-2020 гг.).

Целью исследования является разработка ресурсосберегающих технологий получения ЭФК клинкерным способом из низкосортных фосфоритов ЦК – рядовой фосфоритовой муки (РФМ), МОФК, полученного из нее и фосфорного отхода ММ при помощи серной кислоты и получение на ее основе эффективных удобрений с высоким содержанием питательных компонентов.

Задачи исследования:

исследование процессов получения экстракционной фосфорной кислоты из различных видов фосфатного сырья ЦК клинкерным способом;

изучение влияние нормы и концентрации серной кислоты на величины экстракционной фосфорной кислоты;

исследование процессов извлечения экстракционной фосфорной кислоты из фосфорнокислотного клинкера с использованием воды и оборотных растворов;

изучение процессов отмывки фосфогипса, образующегося в клинкерном способом получении ЭФК;

изучение физико-химических свойств экстракционной фосфорной кислоты, полученной клинкерным способом;

изучение параметров процесса получения экстракционной фосфорной кислоты на лабораторном модельном оборудовании;

исследование процессов получения фосфорных и комплексных удобрений из экстракционной фосфорной кислоты, полученной клинкерным способом;

изучение элементного и солевого состава фосфогипса и удобрения на основе ЭФК с современными физико-химическими методами;

разработка технологической схемы получения ЭФК из фосфоритов ЦК, расчет материального баланса и экономической эффективности;

разработка технологической схемы переработки экстракционной фосфорной кислоты, полученной клинкерным способом, в фосфорные и комплексные удобрения, расчет материального баланса, а также экономической эффективности.

Объектами исследования взята рядовая фосфоритовая мука (РФМ), мытый обожженный фосфоритовый концентрат (МОФК), минерализованная масса (ММ), серная кислота, фосфорнокислотный клинкер, оборотный раствор ЭФК, газообразный аммиак, простое фосфорное удобрение, аммофос и фосфогипс.

Предметом исследования являются получение ЭФК с повышенным содержанием P_2O_5 и пониженным содержанием фтора из фосфатного сырья МОФК, РФМ и ММ клинкерным способом и получение простых фосфорных и аммофосных удобрений с высоким содержанием питательных компонентов на ее основе.

Методы исследования. При выполнении диссертационных работ использована химические методы анализа, физико-химических анализов - сканирующий электронный микроскоп (SEM-EVO MA 10 (Zeiss, Германия)), для анализа элементного состава (Энергодисперсионный рентгеновский спектрометр (EDS-Oxford Instrument)) и для рентгенофазового анализа («Panalytical Empyrean» (Нидерланды)).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены оптимальных параметров механизмов воздействия различных норм и концентраций кислоты на процесс разложения различного фосфатного сырья серной кислотой;

установлено влияние норм и концентраций серной кислоты на параметры экстракционной фосфорной кислоты, а также оптимальные параметры извлечения фосфорной кислоты из фосфорнокислотного клинкера с использованием воды и оборотных растворов;

найжены оптимальные условия снижения количества фосфатного ангидрида в его составе до минимального количества в процессе промывки фосфогипса, полученного клинкерным способом, а также доказано получение фосфогипса, легко перерабатываемого с точки зрения качества и количество;

определены фазовое распределение фтора в процессе экстракции фосфорной кислоты из фосфоритов клинкерным способом и основные оптимальные параметры процесса получения экстракционной фосфорной кислоты из фосфатного сырья;

определены элементные и солевое содержание фосфогипса, образующийся при получении ЭФК из различных фосфоритов и удобрения

полученного на основе ЭФК при помощи современных физико-химических анализов;

Рассчитан материальный баланс и экономическая эффективность получения ЭФК из фосфоритов ЦК и получения на его основе простых фосфорных и комплексных удобрений с высоким содержанием питательных веществ и разработаны принципиальные технологии.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены оптимальные параметры получения ЭФК с высоким содержанием P_2O_5 и низким содержанием фтора клинкерным способом из различного фосфатного сырья, обоснована ее эффективность с экономической точки зрения и разработана ресурсосберегающая технология;

определены оптимальные показатели получения простого фосфора и аммофоса с высоким содержанием питательных компонентов на основе ЭФК, полученных из различного фосфатного сырья, обоснована экономическая эффективность и разработана эффективная технология.

Достоверность результатов исследования. Результаты химических анализов (комплексометрический и количественные способы анализов) и физико-химических (сканирующий электронный микроскоп, элементный анализ и рентгенофазовый) исследований подтверждены лабораторными опытами и апробациями в опытно-промышленных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в том, что определены общие закономерности разложения различных видов фосфатного сырья ЦК в разных концентрациях и нормах серной кислотой, определением оптимальных параметров разложения и технологических показателей извлечения ЭФК из фосфорнокислотного клинкера, созданием технологий получения ЭФК клинкерным способом и получением простых и комплексных удобрений с высоким содержанием питательных компонентов.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что получены ЭФК клинкерным способом на основе из различных видов, в том числе из минерализованной массы, которая образуется при сортировке фосфоритов ЦК при высокотемпературном обогащении, МОФК и рядовой фосфоритовой муки, служат для разработки ресурсосберегающих технологий получения высококонцентрированных и эффективных простых и комплексных удобрений из ЭФК, полученных этим способом.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по разработке технологий получения ЭФК клинкерным способом из фосфоритов ЦК, продуктов их обогащения (МОФК) и отходов (ММ) являющихся основным фосфатным сырьем в нашей Республике, а также концентрированных фосфорных и комплексных удобрений на ее основе:

технология получения ЭФК из рядовой фосфоритовой муки (РФМ) клинкерным способом включена в «Перечень перспективных разработок для реализации в 2023-2024 годах» ООО СП «Ифода Агро Кимё Химоя» (справка

СП ООО «Ифода Агро Кимё Химоя» № 218 от 26 апреля 2023 года). В результате производится ЭФК с высоким содержанием P_2O_5 и низким содержанием фтора;

технология получения аммофоса на основе ЭФК, полученного из рядовой фосфоритовой муки (РФМ) клинкерным способом, включена в «Перечень перспективных разработок для реализации в 2023-2024 годах» СП ООО «Ифода Агро Кимё Химоя» (справка СП ООО «Ифода Агро Кимё Химоя» № 218 от 26 апреля 2023 года). В результате производится аммофосное удобрение с высоким содержанием питательных компонентов ($N+P_2O_5$) и низким содержанием фтора.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждены на 1 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Опубликовано 12 научных работ по теме диссертации. В частности, основными научными результатами диссертации (PhD) являются 5 научных статей, из которых 3 опубликованы в республиканских и 2 зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных литератур, условные знаки и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость темы диссертации, формулирована цель и задачи исследования, описан объект и тема исследования, показана соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, изложены научные новизны и практические результаты исследований, приведено внедрение результатов в практику, опубликованы сведения о структуре научных работ и диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Фосфоритовое сырье и способы получения из них экстракционной фосфорной кислоты»** описано характеристика различных фосфатных сырьев, получение экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов, способы переработки ее в фосфорные и комплексные удобрения и проведен критический анализ. Сделаны выводы по этому анализу. На основе анализа научного материала сформированы цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации под названием **«Объекты исследования, их описание и методика проведения опытов»** приведены основной состав, физико-механические свойства исследуемых фосфатных сырьев, приведены методика проведения опытов по получению экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) из различных фосфоритов и удобрений из нее, методы

химического анализа фосфатного сырья, ЭФК и удобрений, а также физико-химические методы анализа полученных фосфогипсов и образцов удобрений.

В третьей главе диссертации под названием **«Исследование процессов получения экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов клинкерным способом»** приведены влияние нормы и концентрации серной кислоты при получении экстракционной фосфорной кислоты из различного фосфатного сырья при помощи серной кислоты, процессы извлечения экстракционной фосфорной кислоты из фосфорнокислотного клинкера с использованием воды и оборотных растворов, изучение процессов промывки фосфогипса, получение экстракционной фосфорной кислоты из различного фосфоритного сырья, исследование параметров процесса получения экстракционной фосфорной кислоты на лабораторном модельном оборудовании, материальный баланс и технологическая схема получения экстракционной фосфорной кислоты клинкерным способом, экономическая эффективность производства экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов клинкерным способом.

В начале опытов норма серной кислоты взяты: 95, 100, 103, 105 и 110% (относительно СаО в фосфоритовом сырье). Концентрации серной кислоты: 70, 75, 80, 85, 90 и 93%. Время разложения 30 минут. Полученный клинкер высушивались при температуре 250-300°C и фосфорную кислоту из полученного клинкера извлекали смешиванием с горячей (80-90°C) 10% ЭФК в соотношении ФС:10% ЭФК=1,0:2,5 в течение 5-10 минут и фильтрованием под вакуумом. При разложении РФМ за счет высококонцентрированной серной кислотой не наблюдалось образования больших объемов пены. Рассчитаны коэффициент разложения РФМ ($K_{\text{разл.}}$), выход P_2O_5 в раствор ($K_{\text{вых.}}$) и скорости фильтрации фосфорнокислых гипсовых суспензий. Полученные результаты приведены в таблице 1. Результаты данной таблицы показывают, что количество P_2O_5 в полученном клинкере при экстракции фосфорной кислоты 10%-ЭФК значительно выше, чем при экстракции водой. При концентрации серной кислоты 93% и увеличении нормы с 95 до 110%, а также при норме кислоты 103% и с увеличением концентрации с 70 до 93% наблюдается повышение количество P_2O_5 и $K_{\text{разл.}}$. Кроме того при повышении нормы кислоты также наблюдается увеличение скорости фильтрации фосфорнокислотно-гипсовой суспензии. Но при повышении концентрации кислоты наблюдается уменьшение этой скорости.

Здесь оптимальными параметрами можно считать нормы серной кислоты 103-105% и концентрации 90-93%. Полученных ЭФК при оптимальных параметрах содержится 17,11-17,35% P_2O_5 . При этом скорость фильтрации составляет от 1207 до 1285 кг/м²·ч по влажному фосфогипсу. По количеству P_2O_5 содержащегося в ЭФК и скорости фильтрации эти параметры полностью соответствуют современным требованиям производства. По результатам вышеизложенных лабораторных опытов следует отметить возможность получения ЭФК непосредственно из рядовой фосфоритовой муки. В дальнейших исследованиях изучалось влияние

1-таблица

Влияние нормы и концентрации кислоты на основной химический состав полученных ЭФК и фосфогипса.

N _{H2SO4} , %	C _{H2SO4} , %	Количество веществ, %							K _{разл.} , %	K _{вых.} , %	Скорость фильтрации, кг/м ² ·ч
		ЭФК			Сухой фосфогипс						
		P ₂ O ₅	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅ общ.	P ₂ O ₅ водн.	CaO	SO ₃			
95		16,25	0,35	3,32	2,58	0,26	29,78	42,45	94,01	93,02	1105
100		16,79	0,32	3,38	2,54	0,24	29,82	42,39	94,96	93,34	1164
103	93	17,22	0,31	3,46	2,50	0,22	29,87	42,35	95,71	93,71	1207
105		17,35	0,29	3,53	2,47	0,20	29,90	42,31	95,98	93,85	1285
110		17,41	0,28	3,61	2,44	0,19	29,94	42,27	96,05	94,02	1318
103	70	16,02	0,32	3,23	2,32	0,17	29,49	42,01	94,06	93,03	1436
	75	16,21	0,35	3,28	2,36	0,19	29,57	42,09	94,25	93,05	1398
	80	16,42	0,37	3,34	2,41	0,20	29,68	42,18	94,39	93,25	1357
	85	16,70	0,39	3,37	2,44	0,21	29,75	42,24	95,01	93,59	1289
	90	17,11	0,42	3,42	2,48	0,22	29,83	42,29	95,58	93,67	1256
	93	17,22	0,31	3,46	2,50	0,22	29,87	42,35	95,71	93,71	1207

воды и концентраций циркулирующих растворов ЭФК на концентрацию ЭФК, полученных клинкерным способом на основе РФМ. При этом концентрация серной кислоты взята 93%, а ее нормы 100; 103 и 105%. Количество воды, а также оборотного раствора используемого для извлечения ЭФК из фосфорнокислотного и сульфат кальциевого клинкера была взята 2,5:1,0 относительно к РФМ. Полученные результаты представлены в графике на рисунке 1. Известно, что при получении ЭФК из фосфоритов также образуется фосфогипс (ФГ). Фосфогипс, полученный этим способом, содержит 2,50-2,74% P₂O₅общ., 29,80-30,04% CaO и 40,30-42,70% SO₃. Из этого видно, что полученных фосфогипсах останется большое

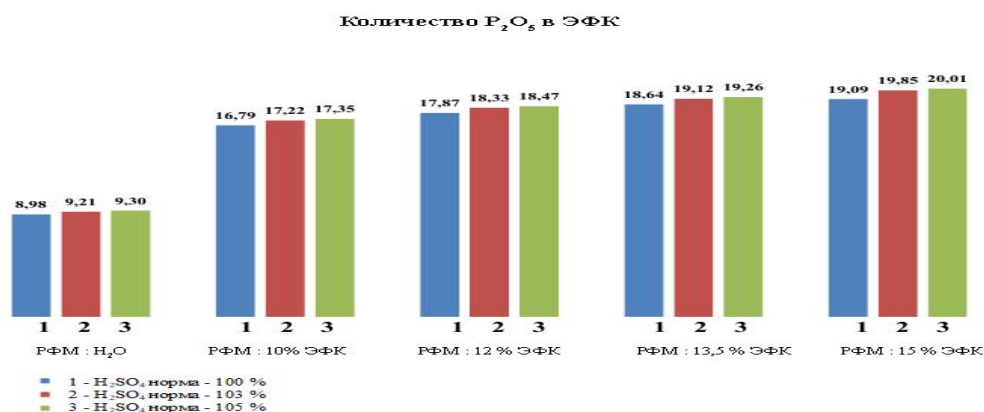


Рис. 1. Влияние концентрации циркулирующего раствора ЭФК на концентрацию продукционной ЭФК.

количество $P_2O_{5\text{общ}}$. В последующих исследованиях были проведены лабораторные эксперименты по снижению этих количеств до минимального уровня. Полученные образцы фосфогипса однократно смешивали с водой в соотношении РФМ: $H_2O=1,0:(0,5-2,5)$ и фильтровали. Полученные результаты представлены в таблице 2. Как видно из результатов, представленных в таблице 2, количество P_2O_5 в фосфогипсе промывке фосфогипса при РФМ: $H_2O=1,0:2,5$ без перемешивания равна на 2,63%, а значения CaO и SO_3 равны 29,85% и 42,50% соответственно (при 100%-ной норме кислоты). При нормах кислоты 103 и 105% количество P_2O_5 равны 2,55 и 2,52%, количество CaO равны 29,90 и 29,93% соответственно, а количество SO_3 равны 42,45 и 42,40%, соответственно. Когда полученный фосфогипс смешивают с водой и промывают, наблюдается дальнейшая очистка фосфогипса от P_2O_5 . Например, при соотношении РФМ: H_2O 1,0:0,5 и норме кислоты 100% содержание P_2O_5 составляет 1,01%, содержание CaO составляет 30,41%, а содержание SO_3 составляет 43,44 %. Аналогичные картины наблюдаются в 103 и 105%-ных нормах серной кислоты. По мере уменьшения значения отношения РФМ: H_2O , т.е. за счет увеличения количества воды, наблюдается значительное снижение содержания P_2O_5 в фосфогипсе и чистоты фосфогипса, т.е. значений CaO и SO_3 в также незначительно увеличивается. Например, при увеличении соотношения РФМ: H_2O от 1,0:0,5 до 1,0:2,5 при норме серной кислоты 100% количество P_2O_5 уменьшается от 1,01 до 0,61 %, значения CaO и SO_3 увеличиваются от 30,41 до 31,05% и от 43,44 до 44,36%, соответственно. При норме кислоты 103% количество P_2O_5 в фосфогипсе снижается от 0,92 до 0,57%, а значения CaO и SO_3 увеличиваются от 30,34 до 30,98% и от 43,35 до 44,26% соответственно. А при норме серной кислоты 105% количества вышеуказанных веществ уменьшаются с 0,80 до 0,52%, увеличение от 30,28 до 30,93% и от 43,25 до 44,19%, соответственно. Из приведенных значений видно, что при промывке фосфогипса смешиванием с

Таблица 2.

Основной химический состав образцов фосфогипса при однократной промывке водой.

Компоненты ФГ	$N_{H_2SO_4}$, %	Промывка при РФМ: $H_2O=1,0:2,5$ без перемешиванием	Промывка фосфогипса с перемешиванием				
			Соотношение РФМ: H_2O				
			1,0:0,5	1,0:1,0	1,0:1,5	1,0:2,0	1,0:2,5
Содержание компонентов, %							
P_2O_5	100	2,63	1,01	0,82	0,70	0,66	0,61
	103	2,55	0,92	0,75	0,65	0,62	0,57
	105	2,52	0,80	0,69	0,61	0,55	0,52
CaO	100	29,85	30,41	30,54	30,60	30,73	31,05
	103	29,90	30,34	30,51	30,64	30,70	30,98
	105	29,93	30,28	30,44	30,67	30,68	30,93
SO_3	100	42,50	43,44	43,63	43,71	43,90	44,36
	103	42,45	43,35	43,58	43,77	43,86	44,26
	105	42,40	43,25	43,49	43,81	43,83	44,19

водой количество остаточного содержания P_2O_5 в фосфогипсе снижается не менее чем в 2,6 раза. Наблюдается увеличение степень чистоты фосфогипса от 91,38 до 93,40%. Из вышеизложенных обсуждений можно сделать вывод: для максимального снижения количества P_2O_5 в образцах фосфогипса целесообразно промывать образцы фосфогипса с перемешиванием водой, и в этом случае соотношение РФМ: H_2O 1,0:1,0 следует принимать как оптимальное соотношение. Если он будет меньше этого соотношения, то есть при меньшем количестве воды будет трудно промывать образцы фосфогипса, а при большем - увеличится расход воды и образуются растворы с низким содержанием P_2O_5 в ЭФК. Фосфогипс, промытый в оптимальных соотношениях, имеет более высокую возможность использования в дальнейших переработках. На рис. 2 показано влияние нормы и концентрации серной кислоты на количество P_2O_5 в ЭФК, полученном на основе ММ, а также концентрации оборотного ЭФК, используемого при экстракции. Как видно из приведенных выше результатов, на количество P_2O_5 в полученном ЭФК существенное влияние оказывает концентрация серной кислоты и концентрация циркулирующего ЭФК, используемого при экстракции.

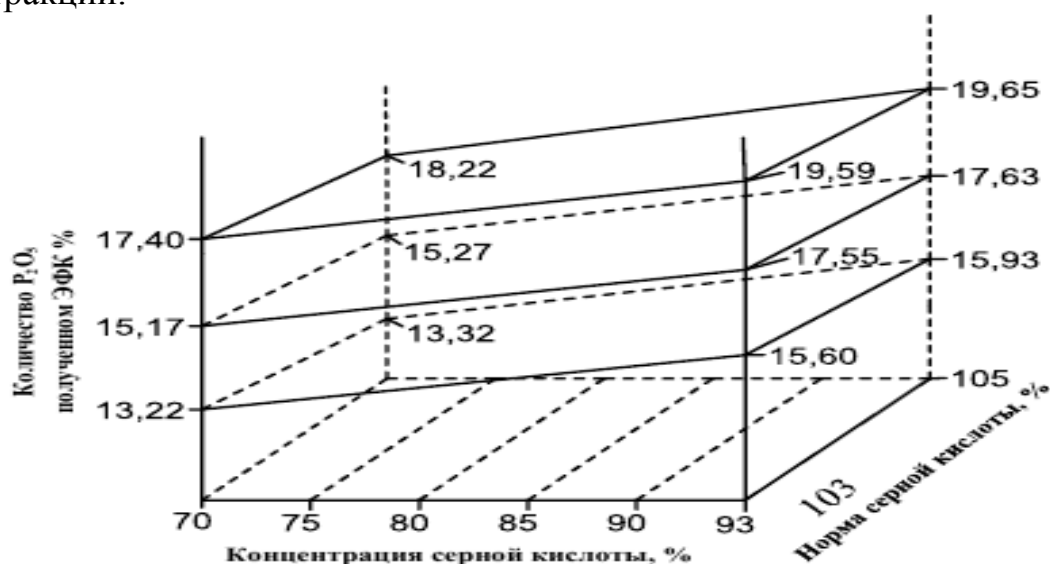


Рис. 2. Влияние нормы и концентрации серной кислоты, а также циркулирующего раствора ЭФК на количество P_2O_5 в ЭФК: 1-10% ЭФК; 2-12% ЭФК и 3-15% ЭФК. Известно, что фазовое распределение фтора также играет важную роль при получении ЭФК из фосфатного сырья. На рис. 3 показано фазовое распределение фтора при экстракции ЭФК серной кислотой из ММ при норме кислоты 103% и концентрации 93%. Как видно из вышеприведенных результатов, основная часть фтора распределена в газовой фазе (HF , SiF_4), а остальные части распределены в жидком (ЭФК) и твердом фазе (фосфогипс). Известно, что количество фтора в ЭФК, используемом в производстве пищевого фосфата, не должно превышать 0,1%. Эти значения составляют менее 0,1% в полученных нами образцах ЭФК. Поэтому полученные ЭФК пригодны для получения пищевых фосфатов по содержанию фтора. Но даже

в этом случае необходимо будет провести анализ ЭФК по всем требованиям (тяжелые металлы, токсичные неметаллы). Из приведенных данных можно сделать следующие выводы: благодаря использованию серной кислоты высокой концентрации при разложении ММ не образуется большое количество пены; количество P_2O_5 в полученных ЭФК выше, чем при традиционном способе; с появлением возможности привлечения ММ, являющегося фосфатным отходом термического обогащения фосфоритов для прямого получения ЭФК и низким содержанием фтора в полученных ЭФК.

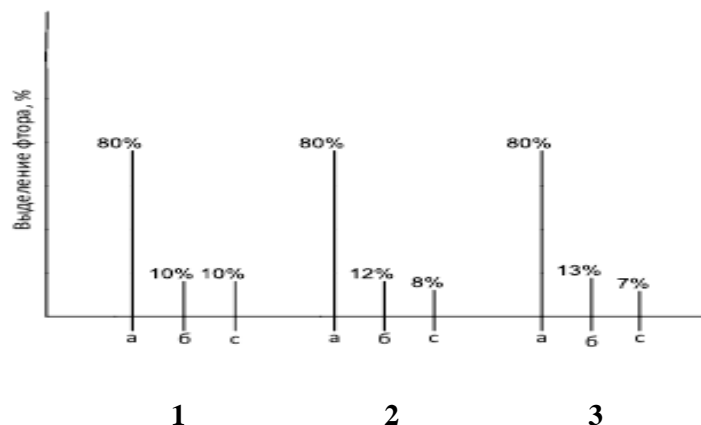


Рис 3. Фазовое распределение фтора, содержащий в сырье: а-газовая фаза; б- в жидкую фазу и с-в твердую фазу. 1-10% ЭФК; 2-12% ЭФК и 3-15% ЭФК.

В дальнейших исследованиях изучено влияние норма и концентрации серной кислоты на количество P_2O_5 в ЭФК, полученном на основе МОФК с циркуляционным ЭФК и полученные результаты представлены в виде графика на рисунке 4.

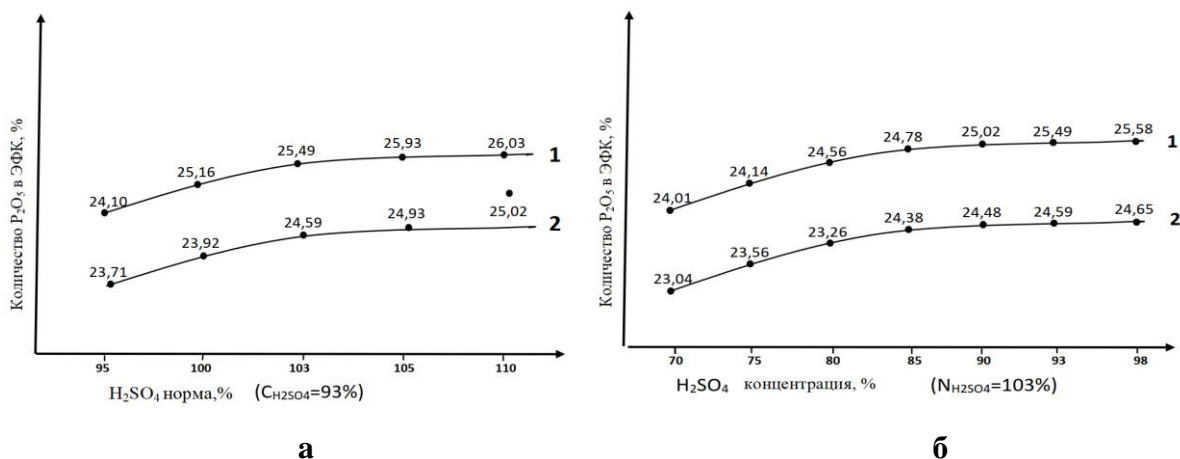


Рис. 4. Влияние нормы серной кислоты (а) и концентрации (б) на количество P_2O_5 в ЭФК, полученном на основе МОФК. 1- МОФК:10%-ный ЭФК=1,0:2,5 и 2- МОФК:10%-ный ЭФК=1,0:3,0.

На основании вышеизложенных лабораторных исследований рассчитан материальный баланс процессов получения ЭФК из различного фосфатного сырья ЦК клинкерным способом (ММ, РФМ и МОФК) и предложена принципиальная технологическая схема (рис. 5).

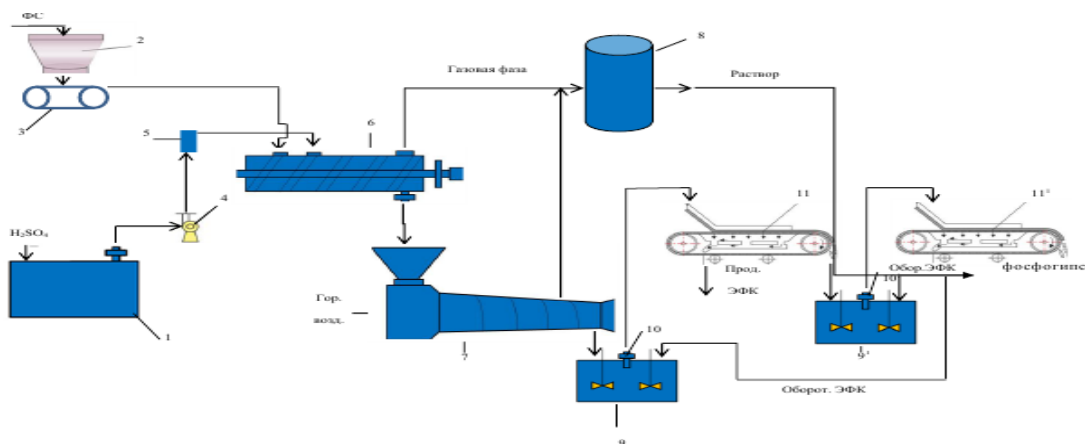


Рис. 5. Принципиальная технологическая схема получения экстракционной фосфорной кислоты из различного фосфоритного сырья клинкерным способом: 1- резервуар для хранения серной кислоты; 2-бункер фосфатного сырья; 3- весовой дозатор; 4-кислотный насос; 5-весомер для серной кислоты; 6- шнековый реактор для разложения фосфоритов; 7-барабанная сушилка; 8-абсорбер; 9,9¹-смесители; 10- погружные насосы, 11, 11¹- ленточные вакуум-фильтры.

Основная суть получения ЭФК клинкерным способом заключается в том, что измельченную минерализованную массу или иной вид фосфоритного сырья разлагают 90-93%-ным раствором серной кислоты в расчете на количество СаО в ее составе; сушка полученного сернофосфорнокислотной смеси при 250-300°C; выделение ЭФК из полученной сухой смеси через оборотный раствор ЭФК; фильтрование влажного фосфогипса в смеси с оборотным раствором ЭФК. В следующих работах рассчитана экономическая эффективность экстракционных фосфорных кислот, полученных клинкерным способом, из каждой одной тонны ММ, отхода при термического обогащения фосфоритов и продукта обогащения МОФК, а также и РФМ. Стоимость 1 тонны ЭФК, полученного от ММ, ОФУ и ЮКФК, дешевле на 158 962, 113 005,4 и 13 916,6 сумов соответственно по сравнению с 1 тонной 18%-ной ЭФК, произведенного на предприятии Алмалык «Аммофос-Максам».

В четвертой главе диссертации под названием «**Переработка экстракционной фосфорной кислоты, полученной клинкерным способом, в фосфорные и комплексные удобрения**» изучены реологические свойства ЭФК, полученных клинкерным способом из ММ, фосфатного отхода образующейся при сортировке высокотемпературного обогащения низкосортных фосфоритов ЦК и продукта обогащения МОФК также РФМ, с использованием серной кислоты, изучены процессы получения простого фосфорного удобрения-удобрительно преципитата и комплексного удобрения-аммофоса из образцов ЭФК, полученных из различных фосфатных сырьев (ФС), приведены материальные потоки и технологическая схема получения удобрений, а также технико-экономические показатели.

При получении простых и комплексных удобрений на основе ЭФК, полученных из различных ФС, важную роль играет её концентрация и

реологические свойства. Поэтому в дальнейших исследованиях изучали их реологические свойства (вязкость и плотность) при повышении концентрации P_2O_5 в ЭФК. Потому что, появляется необходимость автоматизировать процесс получения таких ЭФК, контролировать и перевод образованных ЭФК с одного оборудования на другое.

На рис. 6 показано изменение ее плотности с увеличением концентрации P_2O_5 в ЭФК при различных температурах. Изменение плотности изучали в интервале температур 20-80°C. При температуре 20°C, когда концентрация P_2O_5 в ЭФК увеличивается с 15,60 до 35,60 %, значительно увеличивается его плотность, т. е. увеличивается с 1,12 до 1,46 г/см³ (в 1,3 раза). Аналогичные законы повторяются и при других температурах. При повышении температуры от 20 до 80°C наблюдается незначительное снижение плотности всех концентрациях ЭФК. Например, при 18,10%-ной ЭФК можно видеть, что ее плотность уменьшилась с 1,19 до 1,09 г/см³ (в 1,09 раза). Из данных рисунка 7 видно, что увеличение концентрации P_2O_5 в этих образцах ЭФК значительно увеличивает их вязкость. Например, при температуре 20°C вязкость 15,60%-ной ЭФК составляет 5,04 сПз, а при 35,60%-ной ЭФК вязкость составляет 14,05 сПз, т. е. увеличивается в 2,79 раза. В этом случае увеличение вязкости можно объяснить увеличением массы солей в растворе и уменьшением процентного содержания воды.

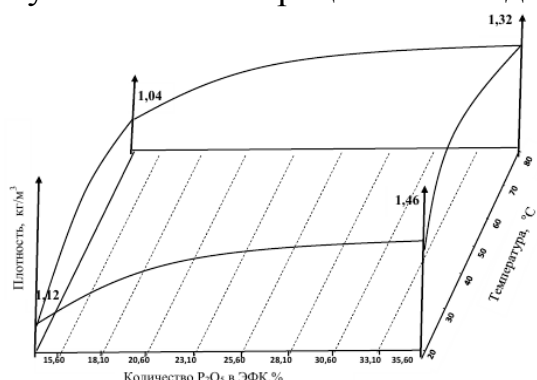


Рис.6. Изменение плотности при разных температурах с повышением концентрации P_2O_5 в ЭФК, полученном на основе ММ.

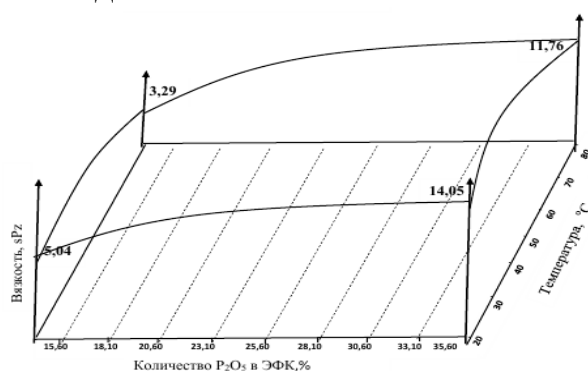


Рис 7. Изменение вязкости при разных температурах с повышением концентрации P_2O_5 в ЭФК, полученном на основе ММ.

В результатах, полученных при изучении плотности и вязкости ЭФК с увеличением концентрации P_2O_5 в ЭФК, полученных на основе РФМ, а также МОФК изменения плотности и вязкости при различных температурах, также наблюдаются общие закономерности, представленные в образцах ЭФК на основе ММ.

В последующих исследованиях изучалось получение простого фосфорного удобрения – удобрительного преципитата из ЭФК, полученного клинкерным способом на основе РФМ. Полученные результаты сведены в табл. 3. Как видно из полученных результатов, увеличение нормы осадителя оказывает существенное влияние на качество получаемых образцов удобрительных преципитатов. Например, при норме осадителя 80% и при

концентрации ЭФК 10,32%, полученном образце удобрительного преципитата содержится 33,02% $P_2O_{5\text{общ.}}$. Количество усвояемого P_2O_5 в 2%-ной лимонной кислотой в этом образце удобрительного преципитата равно 29,06%, что составляет 88% от общего количества P_2O_5 . Содержание $CaO_{\text{общ.}}$ и усвояемой формы CaO в 2%-ной лимонной кислоте в удобрении составляет 24,77 и 21,92%, соответственно. $P_2O_{5\text{водн.}}$ и $CaO_{\text{водн.}}$, то есть количество водорастворимых форм этих веществ составляет 2,78 и 1,69%, соответственно. Количество $P_2O_{5\text{общ.}}$ в образцах удобрительных преципитатах составляет от 33,02 до 34,18% и количество $CaO_{\text{общ.}}$ увеличиваются от 24,77 до 34,19% при увеличении нормы осадителя от 80 до 110 % из раствора ЭФК с концентрацией 10,32%. Аналогичные картины и закономерности наблюдаются и в образцах удобрительных преципитатах, полученных из 17,35%-ного раствора ЭФК. Однако наблюдается, что количество $P_2O_{5\text{общ.}}$ в этих образцах немного больше, чем образцах удобрительных преципитатах, полученных из 10,32%-ной ЭФК.

3-таблица

Основной химический состав удобрительных преципитатов

Норма $Ca(OH)_2$, %	Химический состав, %						
	P_2O_5 общ.	$P_2O_{5\text{усв. по}}$ 2%-ной лимонной кислоты	P_2O_5 водн.	CaO общ.	$CaO_{\text{усв. по}}$ 2%-ной лимонной кислоты	CaO водн.	Переход P_2O_5 в жид. фазу, %
Концентрация ЭФК – 10,32%							
80	33,02	29,06	2,78	24,77	21,92	1,69	8,05
90	33,51	29,49	2,31	27,81	24,61	1,55	5,06
100	33,91	29,84	2,02	30,52	27,01	1,34	3,02
110	34,18	30,08	1,50	34,19	30,26	1,26	2,04
Концентрация ЭФК – 17,35%							
80	34,25	30,82	2,82	23,98	21,70	1,78	7,12
90	35,11	31,60	2,36	28,09	25,42	1,67	4,84
100	35,78	32,20	2,07	30,41	27,52	1,41	2,55
110	36,14	32,53	1,55	34,33	31,07	1,30	1,87

Известно, что при нейтрализации растворов ЭФК суспензией $Ca(OH)_2$ большую роль играет количество P_2O_5 перешедшего в раствор, то есть чем меньше переходит в раствор, тем более качество удобрительного преципитата больше и его количество также увеличивается. Количество относительного усвояемого P_2O_5 в полученных образцах преципитатах составляет не менее 88%. В качестве оптимальных норм можно принять все нормы осадителя, но в зависимости от количества P_2O_5 перешедшего в раствор в качестве оптимальных норм целесообразно принять 100-110%. В оптимальных нормах в образцах удобрительных преципитатах содержится 33,91-36,14% $P_2O_{5\text{общ.}}$, 29,84-32,53% $P_2O_{5\text{усв.}}$, 30,52-34,33% $CaO_{\text{общ.}}$ и 27,01-31,07% $CaO_{\text{усв.}}$. В раствор переходит 1,87-3,02% общего фосфора в ЭФК, т.е. теряется. Однако полученный удобрительный преципитат по содержанию питательных компонентов относится к категории высококонцентрированных

удобрений (питательный компонент 60,92-67,21% - $P_2O_{5\text{общ}}$ и $CaO_{\text{усв.}}$). Удобрения этого типа содержат не только фосфор, но и необходимый растениям кальций. На основании полученных результатов рассчитаны материальные балансы простого фосфорного удобрения – удобрительного преципитата из ЭФК, полученного из ММ и ОФУ, и предложена упрощенная технологическая схема (рис. 7).

На последнем этапе исследований были изучены процессы получения комплексных удобрений – аммофоса из ЭФК, полученных из разных ФС. В целом следует отметить, что общий состав образцов аммофоса, полученных из ЭФК на основе различных ФС, существенно не отличается друг от друга.

Рассчитана экономическая эффективность, определяющая целесообразность производства простого фосфорного удобрения – удобрительных преципитатов и комплексного удобрения – аммофоса на

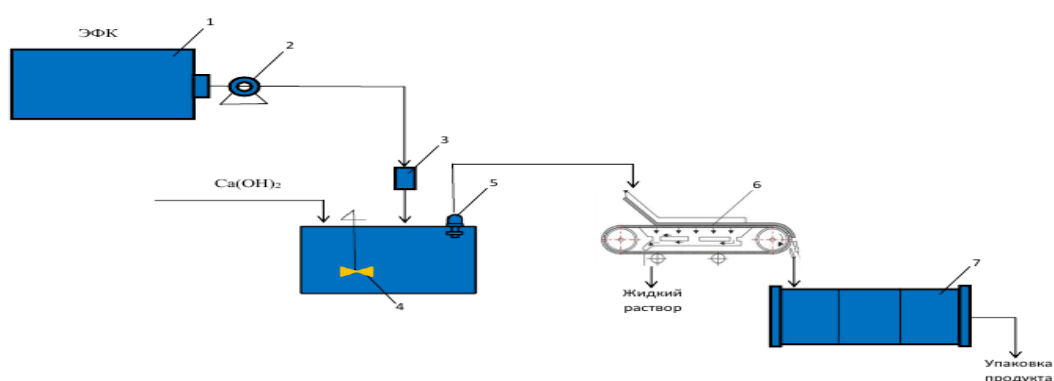


Рисунок 7. Технологическая схема получения простого фосфорного удобрения-удобрительного преципитата из ЭФК, полученного на основе различного фосфоритного сырья: 1-накопительный бак ЭФК; 2-кислотный насос; 3-весомер для ЭФК; 4-преципитатный реактор; 5-погружной насос; 6- ленточный вакуум-фильтр; 7-сушильный аппарат.

основе ЭФК, полученных из различных ФС определяющие по экономической эффективности. Из расчетных данных видно, что удобрительные преципитаты, полученные из ЭФК на основе ММ и РФМ, дешевле на 1 035 864 и 1 713 524 сум, соответственно, чем простой суперфосфат. Цены комплексных удобрений-аммофос на основе ЭФК, полученных от ММ, РФМ и МОФК, соответственно равны 4 999 600; 4 752 199 и 3 695 794 сумов, что дешевле на 400 525; 647 926 и 1 704 341 сумов, соответственно по сравнению аммофоса, произведенного на предприятии Алмалык «Аммофос-Максам».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. Исследованы процессы получения экстракционной фосфорной кислоты из различного фосфатного сырья - ММ, РФМ и МОФК с использованием серной кислоты клинкерным способом и определены оптимальные параметры. Основной химический состав ЭФК, получаемых в оптимальных параметрах, следующие (масс., %): 15,43-17,63% P_2O_5 , 0,33-0,37% CaO и 3,30-3,38% SO_3 (на основе ММ); 17,22-19,12% P_2O_5 , 0,29-0,31%

CaO и 3,46-3,54% SO_3 (на основе РФМ) и 25,02-25,49% P_2O_5 , 0,52-0,054%

CaO и 3,18-3,24% SO₃ (на основе МОФК).

2. Исследованы процессы промывки образцов фосфогипса водой. В образцах фосфогипса, промытых без перемешивания в РФМ:Н₂О=1,0:2,5 содержится 2,52-2,63% Р₂О₅ и промытых водой с перемешиванием в РФМ:Н₂О=1,0:1,0 образцах фосфогипса содержится 0,69-0,82% Р₂О₅, т.е. определена уменьшение в 3,21-3,65 раза.

3. Исследовано межфазовое распределение фтора при получении ЭФК. Установлено, что 80% фтора переходит в газовую фазу, 10-13% - в жидкую фазу и 7-10% - в фосфогипс, а количество Р₂О₅ в полученных ЭФК находится в пределах 15,43-25,49%.

4. Исследованы параметры процесса получения экстракционной фосфорной кислоты на лабораторном модельном оборудовании и определены оптимальные технологические параметры процесса получения ЭФК клинкерным способом.

5. Рассчитаны материальные балансы и предложена технологическая схема получения ЭФК из различных ФС клинкерным способом. Стоимость 1 тонны ЭФК, полученного от ММ, ОФУ и ЮКФК, дешевле на 158 962, 113 005,4 и 13 916,6 сумов, соответственно по сравнению с 1 тонной 18%-ной ЭФК, произведенного на Алмалыкском предприятии «Аммофос-Максам».

6. Определены оптимальные параметры получения простого фосфорного удобрения-удобрительного преципитата из ЭФК, полученных на основе различного фосфатного сырья - ММ, РФМ и МОФК. Основной состав удобрительных преципитатов, полученных в оптимальных параметрах, следующие (масс. %): Р₂О₅общ.= 34,12-35,58; Р₂О₅усв. по 2% лимонной кислоте (ЛК) = 30,03-31,31; СаО_{общ.}= 35,21-36,78; СаО_{усв.} по 2% ЛК= 32,04-33,15 и СаО_{водн.}=1,86-2,70 (из ЭФК, полученного на основе РФМ) и 33,91-36,14% Р₂О₅общ., 29,84-32,53% Р₂О₅усв., 30,52-34,33% СаО_{общ.} и 27,01-31,07% СаО_{усв.} (из ЭФК, полученного на основе ММ). Степень преципитирования составляет 95,94-98,38%, а скорость фильтрации преципитатных суспензий равны 1000-1200 кг/м²·час по влажному преципитату.

7. Изучены процессы получения комплексного удобрения-аммофоса из образцов ЭФК, полученных из различных ФС, и определены основные технологические параметры его получения. Содержание Р₂О₅общ. в аммофосе равны 46,25, 46,48 и 46,85% соответственно, полученном из ЭФК на основе ММ, ОФУ и ЮКФК. Значения азота соответственно равны 12,01; 12,13 и 12,25%.

8. Рассчитаны материальные балансы получения простого фосфорного удобрения-удобрительного преципитата из ЭФК, полученного на основе ММ и ОФУ, и предложена технологическая схема. Полученные удобрительные преципитаты удобрений дешевле простого суперфосфата на 1 035 864 и 1 713 524 сумов, соответственно. Цены комплексных удобрений-аммофос на основе ЭФК равна 4 999 600; 4 752 199 и 3 695 794 сум, соответственно и они дешевле на 400 525; 647 926 и 1 704 341 сумов соответственно, по сравнению с аммофосом, произведенным на Алмалыкском предприятии «Аммофос-Максам».

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE
DSc. 03/29.08.2023.K/T.66.02 NAMANGAN INSTITUTE OF
ENGINEERING AND TECHNOLOGY**

NAMANGAN STATE UNIVERSITY

NODIROV ALISHER

**THE TECHNOLOGY OF OBTAINING EXTRACTIVE
PHOSPHORIC ACID BY CLINKER METHOD AND PROCESSING IT
INTO FERTILIZERS**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis

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

Namangan-2023

The title of dissertation of doctor of philosophy (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan with registration number B2023.2.PhD/T3580.

Dissertation was carried out at Namangan State University.

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

Research consultant: **Sultonov Bokhodir**
Doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Turayev Zokirjon**
Doctor of technical sciences, professor

Alimov Umar
Doctor of technical sciences, senior researcher

Leading organization: **Tashkent institute of chemical technology**

The defense of the dissertation will take place on «20» september 2023, at «14⁰⁰» in the meeting of Scientific council DSc. 03/29.08.2023.K/T.66.02 at the Namangan institute.of engineering and technology and Research Center at the following address: 7, Kosonsoy street, Namangan District 160115, Namangan. Tel.: (99869) 228-76-75; fax: (99869) 228-76-71, e-mail: niei_info@edu.uz).

The dissertation has been registered at the Information-resource Centre of the Namangan institute.of engineering and technology (registration number № 241). (Address: 7, Kosonsoy Street, 160115, Namangan, tel.: (99869) 228-76-71, fax: (99869) 228-76-71).

Abstract of dissertation sent out on "8" September 2023.

(mailing report № 1 dated "8" September 2023).



O.K. Ergashev

Chairman of the scientific council awarding scientific degree, doctor chemical sciences, prof.

D.Sh. Sherkuziev

Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, prof.

Z.K. Dexkanov

Chairman of the scientific seminar at scientific council on awarding of scientific degree, doctor of technical sciences, prof

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop resource-saving technologies for producing EPA using the clinker method from low-grade phosphorites CK - ordinary phosphorite powder (OPP), WBPC obtained from it, and phosphorus waste MM using sulfuric acid and obtaining effective fertilizers with a high content of nutritional components based on it.

The subject of the research is the production of EPA with a high P_2O_5 content and a reduced fluorine content from phosphate raw materials WBPC, OPP, and MM using the clinker method and the production of simple phosphorus and ammophos fertilizers with a high content of nutritional components based on it.

The scientific novelty of the research is as follows:

the optimal parameters of the mechanisms of the influence of different norms and concentrations of acid on the process of decomposition of various phosphate raw materials with sulfuric acid were determined;

the influence of norms and concentrations of sulfuric acid on the parameters of extraction phosphoric acid was established, as well as the optimal parameters for the extraction of phosphoric acid from phosphoric acid clinker using water and circulating solutions;

optimal conditions were found for reducing the amount of phosphate anhydride in its composition to a minimum amount during the washing process of phosphogypsum obtained by the clinker method, and the production of phosphogypsum was proven to be easily processed in terms of quality and quantity;

the phase distribution of fluorine in the process of extraction of phosphoric acid from phosphorites using the clinker method and the main optimal parameters of the process of obtaining extraction phosphoric acid from phosphate raw materials were determined;

determined the elemental and salt content of phosphogypsum formed during the production of EPA from various phosphorites and fertilizers obtained on the basis of EPA using modern physicochemical analyses;

the material balance and economic efficiency of obtaining EPA from CK phosphorites and obtaining simple phosphorus and complex fertilizers with a high nutrient content on its basis have been calculated, and fundamental technologies have been developed.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained on the development of technologies for producing EPA using the clinker method from CK phosphorites, their enrichment products (WBPC) and waste (MM), which are the main phosphate raw materials in our Republic, as well as concentrated phosphate and complex fertilizers based on it:

the technology for producing EPA from ordinary phosphorite powder (OPP) using the clinker method is included in the “List of promising developments for implementation in 2023-2024” by JV LLC “IFODA AGRO KIMYO HIMOYA “(certificate of JV LLC IFODA AGRO KIMYO HIMOYA No. 218 dated April

26, 2023 of the year). As a result, it is possible to produce EPA with a high P_2O_5 content and a low fluorine content;

the technology for producing ammophos based on EPA, obtained from ordinary phosphorite powder (OPP) using the clinker method, is included in the "List of promising developments for implementation in 2023-2024" by JV LLC "IFODA AGRO KIMYO HIMOYA" (reference from JV LLC IFODA AGRO KIMYO HIMOYA) No. 218 of April 26, 2023). As a result, it is possible to produce ammophosphate fertilizer with a high content of nutritional components ($N+P_2O_5$) and low fluorine content.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, symbols, and applications. The volume of the dissertation is 113 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-bo'lim (I часть; part I)

1. A.A.Nodirov, B.E. Sulstonov, A.O. Abdullajonov, D.S. Xolmatov. Markaziy qizilqum fosforitlaridan ekstraksiyon fosfat kislota olishning klinker usuli. //Namangan davlat universiteti ilmiy axborotnomasi 2021yil №7 B.69-75. (02.00.00, №18)

2. A.A. Nodirov, B.E. Sulstonov, A.O. Abdullajonov, D.S. Xolmatov, A.L.Giyosiddinov. Oddiy fosforit unidan klinker usulda ekstraksiyon fosfat kislota kattaliklariga sulfat kislota meyoriy konsentratsiyalar ta'siri. // Qo'qon davlat pedagogika instituti. Ilmiy xabarlar 2021. №3 43-48 bet. (OAK Rayosatining 2021-yil 31-martdagi qarori bilan OAK ilmiy nashrlar ro'yxatiga kimyo, biologiya, filologiya, tarix fan tarmoqlari bo'yicha milliy nashrlar sifatida kiritilgan).

3. A.A. Нодиров, Б.Э. Султонов, Д.С. Холматов, С.Х. Турдалиева. Влияние нормы и концентрации серной кислоты на параметры экстракционной фосфорной кислоты, полученных клинкерным способом из мытого обожженного фосфоритового концентрата // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2022. 3(96). С. 38-42. (02.00.01, №1)

4. Б.Э. Султонов, Ш.С. Намозов, А.А. Нодиров, Д.С. Холматов. Изучение процесса клинкерного способа получения экстракцион фосфорной кислоты из мытого обожженного фосфоритового концентрата.// O'zbekiston kimyo jo'rnali maxsus.Toshkent 2022.№3 39-45.(02.00.00, №6)

5. B.E.Sulstonov, A.A.Nodirov, D.S.Xolmatov. Research of the composition of phosphogypsum produced during the extracting of phosphoric acid from ordinary phosphorite powder by the clinker method American Chemical Science Journal Past ISSN: 2249-0205 "Chemical Science International Journal" Page 51-58 2023. Article №.CSIJ. 97965 ISSN: 2456-706X. ((40) ResearchGate).

II-bo'lim (II часть; part II)

6. B.E. Sulstonov, A.A. Nodirov. Fosforitlardan klinker usulda ekstraksiyon fosfat kislota olish to'g'risida. Namangan davlat universitrti.O'zbekiston respublikasi mudofaa vazirligi o'zbekiston respublikasi qurolli kuchlari akademiyasi "Qurolli kuchlar,fan,talimda innovatsion ishlanmalar "Ilmiy maqolalar to'plami. 2020 yil. 88-89 B.

7. A.A. Nodirov, B.E. Sulstonov, A.O. Abdullajonov, D.S. Xolmatov. Klinker usulda ekstraksiyon fosfat kislota olish to'g'risida Urganch davlat universiteti "Mahalliy xom ashyolar va iikilamchi resurslar asosidagi innovatsion texnologiyalar" Respublika ilmiy texnika anjumani. 2021.19-20.04.2-jild B.86-88

8. A.A. Nodirov, B.Э. Султонов, Д.С. Холматов. Экстракционная фосфорная кислота из мытого обожженного фосфоритового концентрата *Kimyo va kimyo talim muammolar Qo'qon davlat pedagogika instituti "Kimyo va kimyo ta'lim muoammolari"* mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari. 2022.20.09.B.197-199.

9. A.A. Nodirov, B.E. Sulstonov, D.S. Xolmatov, S.S. Xasanov. Fosforit unidan klinker usulda ekstraktsion fosfat kislota olishga ba'zi texnologik kattaliklarni ta'siri Namangan davlat universiteti. "Tabiiy fanlar va ekologiyaga oid ayrim muammolar" ilmiy maqola va to'plamlar 2022 B.9-11.

10. A.A. Nodirov, B.E. Sulstonov, D.S. Xolmatov, S.S. Xasanov. Fosforit unidan klinker usulda ekstraktsion fosfat kislota olish jarayonlarida sulfat kislota konsentrasiyalarini ta'siri Zahiriddin Muhammad Bobur nomidagi Andijon davlat universiteti Andijon mashinasozlik instituti "Fan, talim va texnikani innovatsion rivojlantirish masalalari" Xalqaro ilmiy-amaliy onlayn anjuman. 2022. aprel. 374-376 б.

11. A.A. Нодиров, Б.Э. Султонов, Д.С. Холматов. Клинкерный способ получения экстракционной фосфорной кислоты из мытого обожженного фосфоритового концентрата Академия наук республики Узбекистан институт общей неорганической химии. Республиканская научно-практическая конференция с участием зарубежных. «Иновационных технологии производства одинарных, комплекных и органоминеральных удобрений» 2022-yil 13-14 dekabr 123-125 б.

12. A.A. Nodirov, B.E. Sulstonov, D.S. Xolmatov. The main chemical composition of phosphogypsum. Formed at the obtaining of extraction phosphoric acid by clinker method. LXXXIX international correspondence scientific and practical conference "International scientific review of the problems and prospects of modern science and education" Boston. USA. June 12-13,2023 ISBN 978-1-64655-143-9 UDC 08 P.6-8.

Avtoreferat «Namangan muhandislik-texnologiya instituti
Ilmiy-texnika jurnali» tahriridan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz
tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi
(« 8 » sentabr 2023 y.).

Bosishga ruxsat etildi: « 8 » sentabr 2023 y.
Bichim 60x84 1/16, “Times New Roman”
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3. Adadi: 70. Buyurtma № 5.
NamMTI bosmaxonasida chop etilgan.
Namangan shahri, Kosonsoy ko‘chasi, 7-uy

