**QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI**
**HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI**
**DSc.03/2025.27.12.T.04.08 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI**

**HAMIDOV AZIM PANJI O‘G‘LI**

# MAHALLIY XOMASHYOLAR ASOSIDA BENTONIT TARKIBLI SUPERFOSFAT O‘G‘ITI OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH

**02.00.13 – Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi**

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

**Nukus – 2026**

**UO‘T 661.635.6**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**
**Contents dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Hamidov Azim Panji o‘g’li**
Mahalliy xomashyolar asosida bentonit tarkibli superfosfat o‘g‘iti olish texnologiyasini ishlab chiqish.....3

**Ҳамидов Азим Панжи ўғли**
Разработка технологии получения бентонитсодержащего суперфосфатного удобрения на основе местного сырья.....21

**Khamidov Azim Panji o‘g‘li**
Development of technology for producing bentonite-containing superphosphate fertilizers based on local raw materials.....41

**E’lon qilingan ishlar ro‘yxati**
Список опубликованных работ
List of published works…….....……...…….....45

**QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI**
**HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI**
**DSc.03/2025.27.12.T.04.08 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI**

**HAMIDOV AZIM PANJI O‘G’LI**

# MAHALLIY XOMASHYOLAR ASOSIDA BENTONIT TARKIBLI SUPERFOSFAT O‘G‘ITI OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH

**02.00.13 – Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi**

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

**Nukus – 2026**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2026.2.PhD/T6668. raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetida bajarilgan.

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

| | |
|---|---|
| **Ilmiy rahbar:** | **Eshqurbonov Furqat Bozorovich**<br>kimyo fanlari doktori, professor |
| **Rasmiy opponentlar:** | **Allaniyazov Davran Orazimbetovich**<br>texnika fanlari doktori (DSc), katta ilmiy xodim |
| | **Jumanova Miyasar Ortiqovna**<br>texnika fanlari doktori, professor |
| **Yetakchi tashkilot:** | **Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti.** |

Dissertatsiya himoyasi Qoraqalpoq davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/2025.27.12.T.04.08raqamli Ilmiy kengashning 2026 yil «14» noyabr soat $14^{00}$ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 230112, Nukus shahri, Ch.Abdirov ko'chasi, 1-uy. Tel.: (+99855) 105 - 60-47; faks: (+99855) 105-60-48; e-mail: karsu_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Qoraqalpoq davlat universitetining axborot-resurs markazida tanishish mumkin (614- raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 230112, Nukus shahri, Ch.Abdirov ko'chasi, 1-uy. Tel.: (+99855) 105-60-47, faks (+99855) 105-60-48.

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil «31» oktabr kuni tarqatildi.
(2026 yil «31» oktabr №5 raqamli reestr bayonnomasi).

**A.M.Reymov**
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor,akademik

**S.A.Kazaxbaev**
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi, t.f.f.d. (PhD), dotsent

**Sh.N.Turemuratov**
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, k.f.d.,professor

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyo aholisi tez sur'atlar bilan o‘sayotgan bir paytda, qishloq xo‘jaligi mahsulotlariga, xususan, yuqori sifatli oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talab tobora ortib bormoqda.

Bu esa qishloq xo‘jaligi ekinlaridan yuqori va barqaror hosil olishni ta'minlaydigan mineral o‘g‘itlarning ishlab chiqarish va qo‘llanishini yanada kengaytirish zaruriyatini keltirib chiqarmoqda. Hosildorlikni oshirish uchun qishloq xo‘jaligi ekinlarini makro va mikroelementlar bilan to‘liq ta'minlaydigan, ozuqa moddalarning o‘zlashish koeffitsienti yuqori bo‘lgan innovatsion o‘g‘it turlarini yaratish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Barcha rivojlangan mamlakatlarda superfosfat qishloq xo‘jaligida keng qo‘llaniladigan asosiy fosforli o‘g‘it bo‘lib, fosfor besh oksidining samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Biroq, uning suvda eriydigan tarkibiy qismlari tuproqda tez harakatchan bo‘lib, yuvilib ketishi va ekinlar tomonidan to‘liq o‘zlashmasligi sababli qator kamchiliklarga ega. Shuning uchun superfosfatning agrokimyoviy samaradorligini oshirish, ozuqaviy moddalarning uzoq muddatli ta'sirini ta'minlash hamda tuproqda namlikni saqlash qobiliyatini oshirish yo‘nalishida tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday muammolarni hal etishda tabiiy mineral sorbentlardan - xususan, O‘zbekiston hududida katta zahiralarga ega bo‘lgan bentonit gillardan foydalanish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Bentonitning yuqori sorbsiya qobiliyati, ion almashinuvchanligi, dispersiyasi hamda suyuqlikni ushlab turish xususiyatlari superfosfat tarkibidagi ozuqaviy moddalarning tuproqda barqaror saqlab turishiga xizmat qiladi. Shu bilan birga, bentonit qo‘shimchasi superfosfatning donadorligini oshirish hamda mustahkamlash, fizik-kimyoviy va agrokimyoviy xossalarini yaxshilab, uning parchalanish koeffitsientini oshiradi hamda ekinlar tomonidan fosforning o‘zlashish darajasini oshirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Jahon miqyosida fosforli o‘g‘itlarni samarali qo‘llash bo‘yicha olib borilayotgan tadqiqotlarda mahalliy tabiiy mineral qo‘shimchalar asosida ekologik toza, arzon va yuqori samarador o‘g‘it turlarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Respublika miqyosida esa mahalliy fosforitlar va turli hududlardagi (Xovdak) bentonitlari asosida superfosfat ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish milliy agrosanoatni rivojlantirish, import o‘rnini bosuvchi mahsulotlar olish hamda eksport salohiyatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasida mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarishni kengaytirish, zamonaviy, resurs tejovchi texnologiyalarni joriy qilish, mahalliy xomashyodan samarali foydalanish va mahsulot sifatini oshirish[1] ga qaratilgan ustuvor vazifalar sifatida belgilangan. Shu nuqtai nazardan, bentonit qo‘shimchali superfosfat o‘g‘it olish texnologiyasini yaratish va uning agrokimyoviy samaradorligini asoslash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi.

[1] Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сон «2022-2026 йилларда Янги Ўзбекистонни тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi” to‘g‘risidagi, 2023 yil 12 oktabrdagi PF-169-son “Sanoat va uning bazaviy tarmoqlarini jadal rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi, 2022 yil 1 martdagi 91-sonli O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Mineral o‘g‘itlar xavfsizligi to‘g‘risidagi texnik reglamentni tasdiqlash haqida”gi, 2022 yil 15 dekabrdagi 753-son “Kimyo sanoati uchun innovatsion kimyo ishlab chiqarish va ta’lim klasterini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi shuningdek, mazkur faoliyatga tegishli me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Ushbu tadqiqot O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining VII “Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiyalar” ustuvor yo‘nalishi doirasida amalga oshirilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Ilmiy-texnik adabiyotlarda turli xil fosfat xomashyolarini, jumladan $P_2O_5$ga boy apatitlar va kimyoviy hamda mineralogik tarkiblari bilan bir-biridan farq qiladigan turli navli fosforitlarni mineral kislotalar bilan qayta ishlash va turli mineral qo‘shimchalar kiritish orqali samarador fosforli o‘g‘itlar olish bo‘yicha keng materiallar mavjud va ushbu taniqli olimlar: M.E. Pozin, V.F. Karmyshov, B.A. Dmitrevskiy, S.P. Kochetkov, I.A. Petropavlovskiy (Rossiya), M.T. Moldabekov (Qozog‘iston), K. Gorazda, M. Banach (Polsha), Zhenyi Liu (Xitoy), David J.W. Grant (Buyuk Britaniya), M.N. Nabiev, B.M. Beglov, Sh.S. Namazov, S. To‘xtaev, S.M. Tojiev, A.U. Erkaev, X.Ch. Mirzakulov, I.T. Shamshidinov, A.R. Seytnazarov, A.M. Reymov, T.I. Nurmurodov, N.V. Volynskova, U.K. Alimov (O‘zbekiston) va boshqalar ulkan hissa qo‘shishgan.

Ularning ishlari asosan fosforitlarni turli mineral kislotalar bilan parchalay olish yo‘li bilan EFK, birlamchi va murakkab fosforli o‘g‘itlar, hamda toza fosfor kislotasi tuzlarini olishga qaratilgan. Mahalliy fosforitlarni sulfat kislotalar ishtirokida parchalash va bentonit mineralini qo‘shish orqali tarkibidagi fosfor oksidini suvga ajralishini uzaytirish hamda uning o‘simlikka ta’sir etish muddatini uzaytirish imkonini beradigan bentonit qo‘shimchali fosforli o‘g‘itlar to‘g‘risida ma’lumotlar juda kam.

Bundan tashqari yana shuni ta’kidlash joizki, sifati past bo‘lgan Mahalliy fosforit xomashyolarini sulfat kislotalari ishtirokida qayta ishlab tarkibidagi fosfogipsni erkin kislotalikni ammonizatsiyalash va bentonit mineralini qo‘shgan holda agrokimyoviy jihatdan samarador fosforli – Agrobentofos o‘g‘itlari olish texnologiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari yetarli darajada mavjud emas.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilayotgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining AK-25-3 sonli “Agrobentofos innovatsion o‘g’itini Nukus va Mo‘ynoq sho‘rlangan tuproqlarida sinovdan o’tkazish” (2025-yil) mavzusidagi akademik

harakatchanlik loyihasi hamda Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining №TL-2 raqamli “Mahalliy noan’aviy agrorudalar asosida tuproq unumdorligini, uning meliorativ holatini yaxshilash G’o‘za, Bug’doy, Poliz, Bog’dorchilik majmuyidagi ekinlar hosildorligini oshirish, suv me’yorini tejovchi mineral o’g’it “Agrobentofos” ishlab chiqarish” mavzusidagi tijoratlashtirish (2023-2024 yy.) loyihalari asosida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** mahalliy Guliob fosforit xomashyolarini sulfat kislota ishtirokida parchalash hamda bentonit qo‘shimchasini kiritish asosida agrokimyoviy xususiyatlari yaxshilangan, uzoq muddat ta’sir etuvchi fosforli – “Agrobentofos” innovatsion o‘g‘itini olishning samarador texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

mahalliy Guliob fosforit xomashyolarining mineralogik va kimyoviy tarkibini o‘rganish, ularning sulfat kislota bilan parchalash jarayonida fosforning o‘zlashtirilish darajasiga ta’sirini aniqlash;

fosforitlarni sulfat kislota ishtirokida parchalash jarayonining optimal sharoitlarini belgilash, parchalanish tezligi, kislota sarfi va reaksiyaning samaradorlik ko‘rsatkichlarini tahlil qilish;

hosil bo‘lgan kislota bo‘tqasiga bentonit qo‘shimchasini kiritishning ta’sirini o‘rganish, bentonit miqdorining fizik-kimyoviy xossalarga ta’sirini baholash;

bentonitning sorbsiya va ion-almashinish xossalarini o‘rganish, fosforit parchalanishidan hosil bo‘lgan eritmada oziqa elementlarini ushlab turish qobiliyatini aniqlash;

hosil bo‘lgan aralashmaning reologik xossalarini tadqiq qilish, bo‘tqaning oquvchanligi, zichligi va granulatsiyaga yaroqliligini baholash;

“Agrobentofos” o‘g‘itining granulatsiya jarayonini ishlab chiqish, granulometrik tarkibi, mexanik mustahkamligi va saqlanish barqarorligini aniqlash;

olingan agrobentofos o‘g‘itining kimyoviy tarkibini tahlil qilish, undagi fosforning suvda eruvchan, sitratda eruvchan va sekin ta’sir etuvchi shakllarini aniqlash;

“Agrobentofos” o‘g‘itining agrokimyoviy samaradorligini vegetatsion tajribalar asosida tekshirish, turli ekinlarda o‘sish va rivojlanish ko‘rsatkichlariga ta’sirini baholash;

“Agrobentofos” o‘g‘itining uzoq muddatli ta’sirini va tuproqning agroekologik xususiyatlariga ta’sirini o‘rganish, namlikni saqlash, oziqa moddalarning yuvilib ketish darajasini aniqlash;

Ishlab chiqilgan texnologiyaning texnik-iqtisodiy samaradorligini asoslash, ishlab chiqarish tannarxi, import o‘rnini bosish va eksport imkoniyatlarini baholash.

**Tadqiqot obyekti** sifatida mahalliy Guliob fosforit xomashyolari, sulfat kislota, Xovdak bentoniti, shuningdek ular asosida olingan aralash kislota bo‘tqalari va donadorlangan “Agrobentofos” innovatsion o‘g‘iti.

**Tadqiqotning predmeti** mahalliy Guliob fosforit xomashyolarini sulfat kislota ishtirokida parchalash hamda bentonit qo‘shimchasini kiritish orqali agrokimyoviy xususiyatlari yaxshilangan, uzoq muddat ta’sir etuvchi fosforli –

“Agrobentofos” innovatsion o‘g‘itini olishning samarador texnologiyasini ishlab chiqish tashkil etgan.

**Tadqiqot usullari**. Dissertatsiya ishida kimyoviy va fizik-kimyoviy (rentgenografik, IQ-spektroskopik, skanerlovchi elektron mikroskopiya) tahlil usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

Mahalliy fosforit xomashyolarini sulfat kislota ishtirokida parchalash jarayonida bentonit qo‘shimchasi kiritilishi natijasida hosil bo‘lgan kislota bo‘tqasining reologik xossalari va parchalanish samaradorligiga ta’siri o‘rganildi hamda optimal texnologik sharoitlar belgilangan;

Fosforit–sulfat kislota–bentonit tizimida kechadigan asosiy kimyoviy va fizik-kimyoviy jarayonlarning o‘zaro ta’sir qonuniyatlari aniqlangan;

Donadorlangan o‘g‘itning mustahkamligi va saqlanish barqarorligini oshiruvchi omillar ilmiy asoslab berilgan;

Xovdak bentonitning sorbsiya va ion-almashinish xususiyatlari asosida fosforning suvda eruvchan va sekin ta’sir etuvchi shakllarining nisbati boshqarilishi aniqlanib, “Agrobentofos” tarkibida uzoq muddatli ta’sirga ega bo‘lgan barqaror fosfor shakllari shakllantirilgan;

“Agrobentofos” innovatsion o‘g‘itining granulometriya tarkibi, mexanik mustahkamligi, kimyoviy tarkibi va agrokimyoviy samaradorligi chuqur tahlil qilinib, tuproqdagi namlikni ushlab turish va oziqa elementlarini yuvilib ketishini kamaytirishdagi roli isbotlandi hamda resurstejamkor va ekologik xavfsiz texnologiya ishlab chiqilib, o‘g‘it ishlab chiqarishning ilmiy asoslari yaratilgan;

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilaran iborat:

Mahalliy Guliob fosforit xomashyolarini sulfat kislota ishtirokida parchalash va bentonit qo‘shimchasi bilan boyitish asosida donadorligi mustahkamlangan, uzoq muddat ta’sir etuvchi “Agrobentofos” innovatsion o‘g‘iti olishning samarador texnologiyasi ishlab chiqildi hamda tajriba-sinov sharoitida yuqori samaradorligi isbotlangan;

yangi turdagi “Agrobentofos” o‘g‘iti tuproq unumdorligini oshirish, oziqa elementlarining yuvilib ketishini kamaytirish va o‘simliklarning fosfor elementiga bo‘lgan ehtiyojini uzoq muddat davomida qondirish imkonini beruvchi yuqori agroiqtisodiy samaradorlikka ega amaliy mahsulot sifatida tavsiya qilingan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Kimyoviy, fizik-kimyoviy tahlil natijalari, laboratoriya tajribalari, tajriba-sanoat va agrokimyoviy sinovlari bilan tasdiqlangan. Shuningdek, eksperiment natijalari nufuzli ilmiy nashrlarda chop etish bilan tasdiqlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mahalliy Guliob fosforit xomashyolarini sulfat kislota ishtirokida parchalash va bentonit qo‘shimchasi bilan boyitish orqali donadorligi mustahkamlangan, uzoq muddat ta’sir etuvchi – “Agrobentofos” innovatsion fosforli o‘g‘it olishning nazariy va ilmiy asoslari ishlab chiqilgan, bu esa fosforning sekin ta’sir etuvchi va suvda eruvchan shakllari turli nisbatlarda bo‘lgan superfosfat o‘g‘itlarini olishga asos bo‘ladi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan “Agrobentofos” texnologiyasi mamlakat qishloq xo‘jaligida turli tuproq-iqlim sharoitlariga mos, agrokimyoviy jihatdan yuqori samarali va iqtisodiy jihatdan tejamkor o‘g‘itlar ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish imkoniyatini yaratadi, bu esa mahalliy xomashyolar bazasidan oqilona foydalanishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** mahalliy fosforit xomashyolarini sulfat kislota ishtirokida parchalash hamda bentonit qo‘shimchasini kiritish asosida agrokimyoviy xususiyatlari yaxshilangan, donadorligi mustahkamlangan, uzoq muddat ta’sir etuvchi fosforli – “Agrobentofos” innovatsion o‘g‘itini olishning samarador texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Mahalliy fosforit xomashyolarini sulfat kislota ishtirokida parchalash hamda bentonit qo‘shimchasini kiritish asosida olingan, agrokimyoviy xususiyatlari yaxshilangan va donadorligi mustahkamlangan “Agrobentofos” innovatsion o‘g‘itini olish texnologiyasi bo‘yicha olingan ilmiy natijalar “Elektrokimyozavod” QQ-AJning “2026-2027 yillarda amaliyotga joriy etiladigan istiqbolli ishlanmalar ro‘yxati”ga kiritilgan (“Elektrokimyozavod” QQ-AJning 2026 yil 24-apreldagi 26-son ma’lumotnomasi). Natijada, uzoq muddat ta’sir etuvchi, donadorligi yuqori va samaradorligi orttirilgan fosforli - “Agrobentofos” innovatsion o‘g‘itlarini ishlab chiqarish imkoniyati yaratilgan.

Guliob fosforitlarni sulfat kislota ishtirokida qayta ishlash jarayonida bentonit qo‘shimchasi kiritilishi orqali fosforning sekin va barqaror ta’sir etuvchi shakllari bilan birga suvda eruvchan shakllarini o‘z ichiga olgan, agroiqtisodiy jihatdan samarali donador “Agrobentofos” o‘g‘itini olish texnologiyasi ishlab chiqildi va amaliyotga joriy etishga tavsiya qilindi (“Elektrokimyozavod” QQ-AJning 2026 yil 24-apreldagi 26-son ma’lumotnomasi). Natijada, turli tuproqlarda va o‘simliklarning vegetatsiya davrida qo‘llashga mos keladigan, uzoq muddatli ta’sirga ega innovatsion fosforli o‘g‘itlar ishlab chiqarish imkoniyati yaratilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot ishi natijalari 6 ta, jumladan 4 ta xalqaro va 2 ta ilmiy-amaliy anjumanlarda ma’ruza qilingan va muhokamadan o‘tgan.

**Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 14 ta ilmiy ishi chop etilgan, shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta maqola, jumladan, 6 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

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

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida o‘tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekt va predmeti tavsiflangan, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan

natijalarning ishonchliligi asoslangan, dissertatsiya natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish istiqbollari to‘g‘risida xulosalar qilingan, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya ishining **“Mahalliy fosforitlarini kompleks o‘g‘itlarga kompleks qayta ishlash xususiyatlari va texnologiyalarini o‘rganish holati. Bentonit minerallaridan foydalanishning ilmiy-nazariy asoslari”** deb nomlangan birinchi bobida fosfat xomashyosining qishloq xo‘jaligi va kimyo sanoatidagi ahamiyati, jahon va O‘zbekiston miqyosida fosforli o‘g‘itlarga bo‘lgan ehtiyoj hamda ularning ishlab chiqarish holati yoritilgan. Fosfat konlarining tasnifi, apatit va fosforitlarning kimyoviy-mineralogik tarkibi hamda texnologik xossalari tahlil qilingan.

Shuningdek, Markaziy Qizilqum fosforitlarining geologik tuzilishi, tarkibidagi asosiy komponentlar, past navli va yuqori karbonatli xususiyatlari ko‘rsatib o‘tilgan hamda ularni mexanik, termik va kombinatsiyalangan usullar bilan boyitish imkoniyatlari asoslangan. Fosforitlarni oddiy va kompleks fosforli o‘g‘itlarga qayta ishlashning mavjud texnologiyalari, ularning afzallik va kamchiliklari qisqacha bayon etilgan.

Bob yakunida zamonaviy fosforli o‘g‘itlar ishlab chiqarish texnologiyalari, O‘zbekistonda ishlab chiqarish quvvatlari va mavjud muammolar tahlil qilinib, mahalliy fosforit xomashyosini samarali qayta ishlash dolzarb ilmiy-amaliy vazifa ekanligi asoslab berilgan.

Dissertatsiya ishining **“Tadqiqot ob’ektlarining tavsifi va tajribalarni o‘tkazish usullari”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot ob’ektlari sifatida Markaziy Qizilqum fosforitlari asosida olingan boyitilmagan fosfat xomashyosi hamda yuvib kuydirilgan fosforit konsentratlarining kimyoviy tarkibi va fizik-kimyoviy xossalari, Boyitilgan guliob fosforitlari tavsiflangan. Fosforit namunalarining asosiy komponentlari va ularning miqdoriy tarkibi keltirilib, tajribalar uchun tanlangan xomashyolarning xususiyatlari asoslab berilgan. Ilmiy tadqiqot ishlari MQ fosforitlari asosida olingan boyitilmagan fosfat xomashyosi (BFX), yuvib kuydirilgan fosforit konsentratlari (YUKFK) va termik boyitilgan guliob fosforitlari (TBGF) (O‘zDSt 2825:2018) bilan olib borildi. Ushbu namunalarining asosiy tarkibi 1-jadvalda keltirilgan.

**1-jadval**

**Fosforit namunalarining asosiy kimyoviy tarkibi, %**

| № | Xomashyo | Kimyoviy tarkibi, og‘ir. % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $P_2O_5$ | CaO | MgO | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | F | $CO_2$ | $SO_3$ | e.q. |
| 1 | BFX №1 | 20,71 | 47,23 | 0,92 | 1,08 | 0,78 | 1,70 | 16,55 | 1,84 | 6,13 |
| 2 | YuKFK №1 | 27,61 | 55,83 | 0,98 | 0,49 | 0,44 | 2,78 | 2,57 | 2,65 | 4,77 |
| 3 | BGF | 11,7 | 47,2 | 0,82 | 2,34 | 1,03 | 2,84 | 17,93 | 1,64 | 7,82 |
| 4 | TBGF | 16,95 | 49,81 | 0,85 | 1,51 | 0,86 | 1,75 | 3,12 | 2,33 | 5,14 |

Fosforit namunalarini sulfat kislota ishtirokida parchalash bo‘yicha laboratoriya tajribalari elektromotor bilan harakatlantiriladigan vintli aralashtirgich bilan jihozlangan quvurli shisha reaktorda olib boriladi. Haroratni bir me’yorda ushlab turish uchun bu reaktor termostatga joylashtiriladi. Oldindan hisoblangan qattiq va suyuq fazalar nisbati (Q:S) 1:3 va kislotalar me’yorini saqlagan holda o‘lchangan sulfat kislota va suv reaktorga solinadi, so‘ngra asta sekinlik bilan belgilangan miqdordagi fosforit namunasi qo‘shib boriladi, bo‘tqa aralashtirib turiladi, yetilgan superfosfat bo‘tqasiga so‘ngra bentonit minerali qo‘shiladi. Fosforitning parchalanish jarayonidagi harorat kislota me’yoriga bog‘liq holda 80-110°C oraliqda o‘zgaradi va 30-60 daqiqa davom etadi. Reaksion massaning harorati 100°Cda ushlab turiladi.

Bobning ikkinchi qismida xomashyo, oraliq mahsulotlar va tayyor o‘g‘itlarning kimyoviy tarkibini aniqlashda qo‘llanilgan zamonaviy kimyoviy, fizik-kimyoviy va instrumental tahlil usullari, jumladan fotokolorimetriya, titrlash, ionometriya, rentgenofazaviy, infraqizil spektroskopiya va elektron mikroskopiya usullari tavsiflangan.

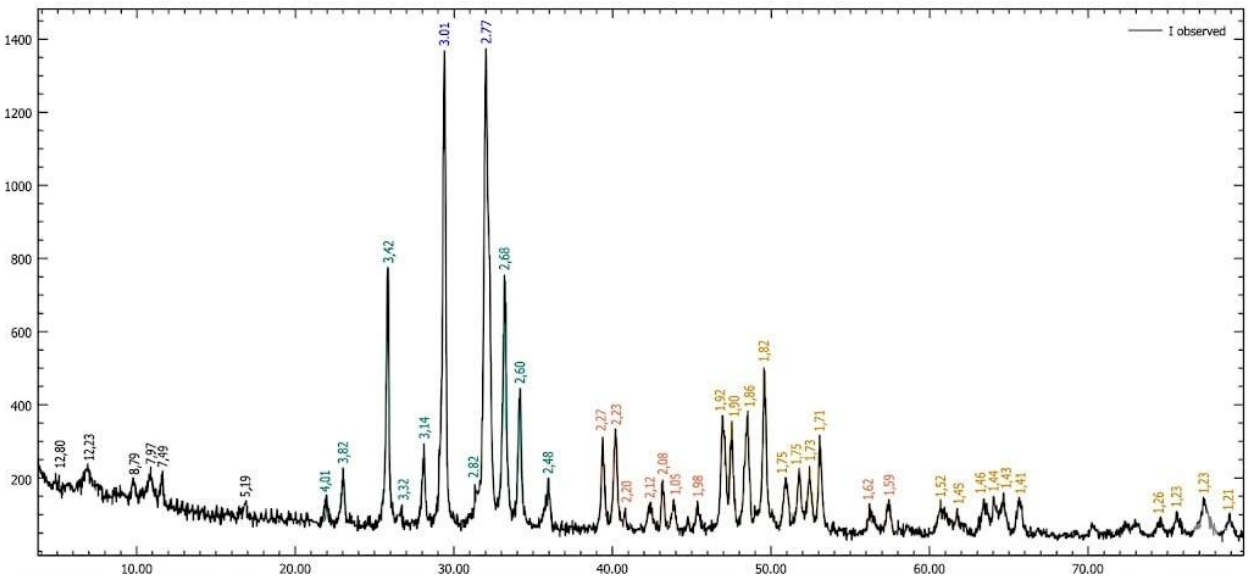
Dissertatsiya ishining **“Mahalliy fosforit xomashyolari asosida agrobentofos o‘g‘itlari olish jarayonining tadqiqoti”** deb nomlangan uchinchi bobida Mahalliy fosforit va bentofos xomashyolarining kimyoviy va mineralogik tarkibini tadqiq qilish haqida ma’lumotlar keltirilgan.

Sulfat kislotaning me’yorlarini hisoblash uchun Guliob fosforitlarining mineralogik tarkibi haqida aniq ma’lumot zarur. Shu munosabat bilan termik boyitilgan fosfat xomashyosining (TBGF) – fosforit unining mineralogik tarkibini aniqlash ishlari olib borildi. Tarkibi (mass. %): TBGF - $P_2O_5$ – 16,95; CaO - 49,81; MgO - 0,85; $Al_2O_3$ – 1,51; $Fe_2O_3$ - 0,86; F - 1,75; $CO_2$ – 3,12; $SO_3$ – 2,33; e.q. – 5,14 bo‘lib, kalsiy moduli ($CaO:P_2O_5$) - 2,93 ni tashkil etadi.

Ma’lumki, fosfat xomashyosida $CaO:P_2O_5$ nisbati qanchalik yuqori bo‘lsa, uni parchalashda kislota reagentining sarfi shunchalik ko‘p bo‘ladi.

TBGF ning mineralogik tarkibini taxminiy aniqlash uchun uning rentgenogrammasi XRD-6100 difraktometrida (Shimadzu, Yaponiya ishlab chiqarishi) olingan. CuKα-nurlanishi (β-filtr, Ni, trubka toki va kuchlanish rejimi 30 mA, 30 kV) va detektorning doimiy aylanish tezligi 4 grad/min, skanerlash burchagi esa 4° dan 80° gacha o‘zgartirildi. Namuna olishda 30 ayl/min tezlikka ega aylanuvchi kamera qo‘llanildi. Mineral fazalarni aniqlashda 2013 International Centre for Diffraction Data ma’lumotlar bazasidan foydalanildi. TBGF ning rentgenogrammasi 1-rasmda keltirilgan.

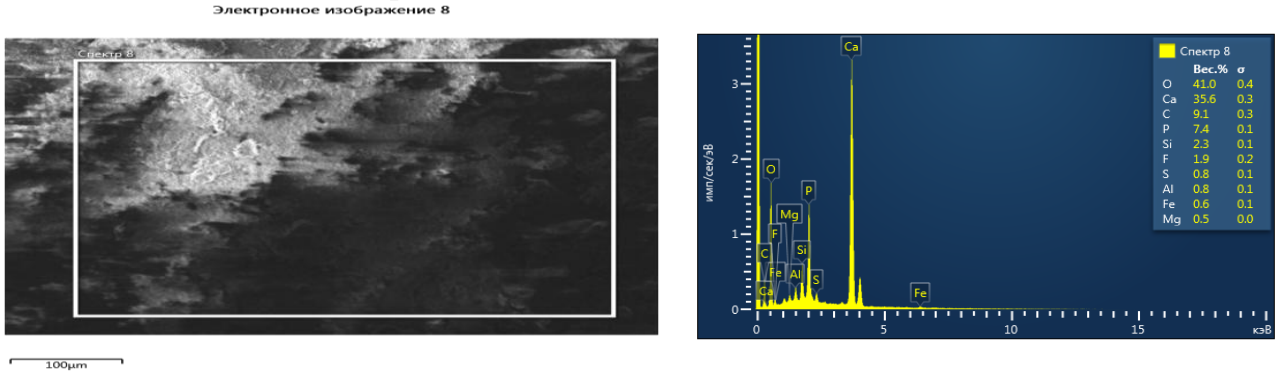
Rentgenogrammada 3,43; 3,06; 2,82; 2,76; 2,68; 2,61; 2,23; 1,92; 1,83; 1,78; 1,72 Å difraksion chiziqlar ftorkarbonatapatitga tegishli ekanligi ko‘rsatildi.




**1-rasm. Boyitilmagan Guliob fosforit unining rentgenogrammasi.**

Kalsitning mavjudligi 3.84; 3.02; 2.48; 2.27; 2.09; 1.90 Å o‘lchamdagi oraliq masofalar orqali tasdiqlanadi, dolomit esa – 1.78 Å da aniqlangan. 4.26; 3.33 Å dagi chiziqlar erimaydigan qoldiq – kvarsning mavjudligidan dalolat beradi. Kichik miqdorda dala shpatlari, glaukonit, bentonit, xlorit va boshqalar ham mavjud.

Tadqiqot ishida dastlab namuna sifatida olingan fosforit xomashyosining tarkibi SEM usulida tahlil qilindi.




**2-rasm. Fosforit xomashyosining SEM tahlili**

Fosforit xomashyosi tarkibi: O - 41%; Ca - 35,6%; C - 9,1%; P - 7,4%; Si - 2,3%; F - 1,9%; S - 0,8%; Al - 0,8%; Fe - 0,6%; Mg - 0,5% ekanligini ko‘rsatdi.

Elementar panjara parametrlari ($a_0$ = 9.33 Å, $c_0$ = 6.89 Å) bo‘yicha Guliob donador fosforitidagi fosfat minerali frankolit ekanligi aniqlangan. Frankolit (shtaffelit)ning kimyoviy formulasi quyidagicha ko‘rinishga ega:

$$2Ca_{10}P5{,}2C_{0,8}O_{23,2}F_{1,8}OH \rightarrow 5{,}2P_2O_5 + 18{,}2CaO + 1{,}6CO_2 + 1{,}8CaF_2 + H_2O$$

Yuqorida keltirilgan tarkib va reaksiya asosida Guliob fosforit unining mineralogik tarkibi hisoblandi (1-jadval).

Olingan ma’lumotlar asosida fosforit unining mineral tarkibi quyidagicha tuzildi: $Ca_{10}P_{5,2}C_{0,8}O_{23,2}F_{1,8}OH$ - 47,19%; $CaCO_3$ - 24,75%; $CaMg(CO_3)_2$ - 8.24%; $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ - 6,90%; $SiO_2$ - 0.26%; $Ca_2SiO_4$ - 2,81%; $CaF_2$ - 0,25%; erimaydigan qoldiq - 4,03%, qolganlari – glaukonitlar, xloritlar.

**2-jadval**

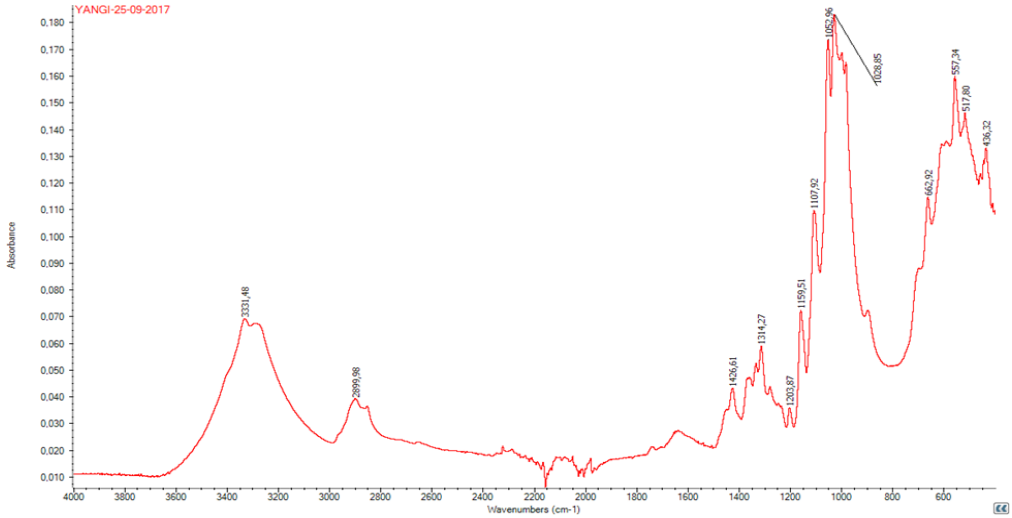
**Guliob fosforit unining mineralogik tarkibi**

| Xomashyo minerallarining nomlanishi | Miqdori, % | Xomashyo minerallarining nomlanishi | Miqdori, % |
|---|---|---|---|
| $Ca_{10}P_{5,2}C_{0,8}O_{23,2}F$ 1,8OH | 47,19 | $CaF_2$ | 0,15 |
| $CaCO_3$ | 24,75 | $Al_2O_3$ | 0,95 |
| $CaMg(CO_3)_2$ | 8,24 | $Fe_2O_3$ | 0.73 |
| $CaSO_4$-$2H_2O$ | 6,90 | н.о | 4,03 |
| $SiO_2$ | 0,26 | $K_2O$ + $Na_2O$ (glaukonit, xlorit) | 1,5 |
| $Ca_2SiO_4$ | 2,81 | | |

**3-jadval**

**Bentonit namunasining kimyoviy tarkibi**

| **Ko‘rsatkich** | **Qiymati** |
|---|---|
| Mineralogik tur | Kalsiy-montmorillonit (Ca-smektit) |
| Zichlik, g/sm³ | 2,3–2,5 |
| Namligi, % | 8–12 |
| Shishish indeksi, ml/g | 18–22 |
| Namlik tutish qobiliyati, % | 280–320 |
| Granulometrik tarkib (<0,074 mm), % | ≥85 |
| CaO miqdori, mass% | 27,3 |
| MgO miqdori, mass% | 10,2 |
| Fe miqdori, mass% | 2,33 |
| $Al_2O_3$ miqdori, mass% | 4,71 |
| Kationlar almashinish sig'imi, mg-ekv/100g | 60–80 |
| pH (10% suspenziya) | 8,0–8,5 |

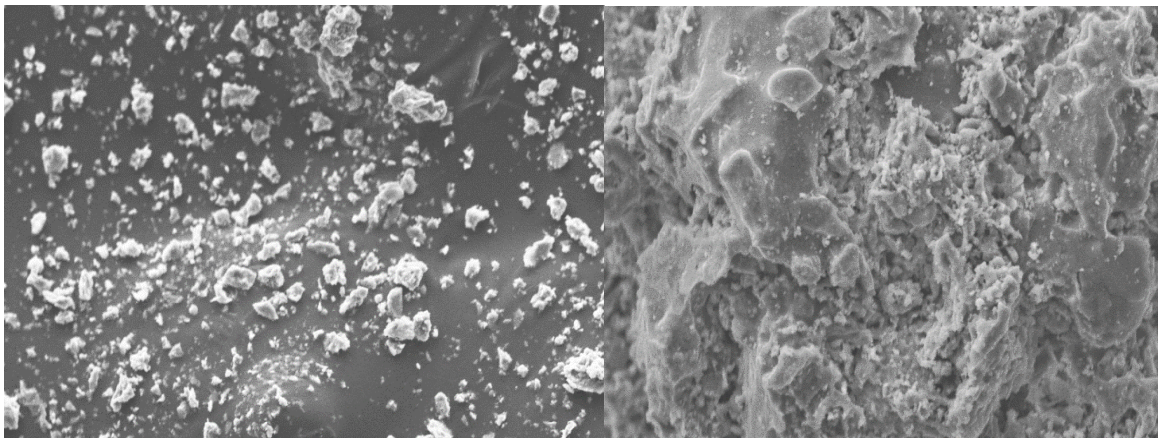



**3-rasm. Xovdak bentonitining IQ-spektri.**

**4-jadval**

**Bentonit IQ-spektrining tavsifi**

| To‘lqin soni ($sm^{-1}$) | Cho‘qqi tavsifi |
|---|---|
| 3620–3650 | –OH guruhining ichki cho‘qqisi (struktura) |
| 3400–3450 | Adsorbsiyalangan suvning –OH cho‘qqisi |
| 1630–1650 | Suv molekulalari bilan bog‘liq deformatsiya |
| 1030–1050 | Si–O–Si cho‘zilish vibratsiyasi |
| 520–540 | Al–O–Si burchak vibratsiyasi |



**4-rasm. Xovdak bentonitining SEM tasviri**

Boyitilgan fosfat xomashyosining angidrit rejimida kalsiy sulfat kristallanishi sharoitida parchalanish jarayonining davomiyligiga ta’siri o’rganilgan.

**5-jadval**

**TBGFning sulfat kislota bilan parchalanish jarayoni davomiyligining kislotali mahsulot kimyoviy tarkibiga ta’siri**

| $H_2SO_4$ me’yori, % | Harorat, °C | Vaqt, daqiqa | $P_2O_5$ miqdori, og‘ir. % | | | $P_2O_{5suv}$./ $P_2O_{5umum.}$ 100, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $P_2O_{5umum}$ | $P_2O_{5suv}$ | Erkin kislotalik | |
| 100 | 110 | 30 | 9,42 | 8,48 | 3,5 | 90,02 |
| | | 45 | 9,55 | 8,60 | 3,4 | 90,05 |
| | | 60 | 9,71 | 8,76 | 3,2 | 90,22 |
| | | 75 | 9,87 | 8,96 | 2,9 | 90,78 |
| | | 90 | 9,89 | 9,13 | 2,1 | 92,31 |

Jadvaldan ko‘rinadiki, TBGFning sulfat kislota bilan o‘zaro ta’sir qilish davomiyligi 30 daqiqadan 90 daqiqagacha oshirilganda fosfat xomashyosining parchalanish koeffitsienti ortadi, ya’ni umumiy $P_2O_5$ ga nisbatan suvda eruvchan $P_2O_5$ ning nisbiy miqdori 90,02% dan 92,32% gacha ko‘tariladi. Shu bilan birga,

reaksiya massasidagi umumiy $P_2O_5$ miqdori 9,42% dan 9,90% gacha ortadi**,** erkin kislotalik (sulfat va fosfat kislotalar yig‘indisi) esa aksincha, 3,5% dan 2,1% gacha kamayadi.

Olingan laboratoriya hamda tahliliy ma’lumotlardan quyidagi qat’iy xulosani keltirib chiqarish mumkin: zamonaviy texnologik nuqtayi nazardan fosfat xomashyosining to‘laqonli parchalanish vaqti uchun 30-60 daqiqa muddat to‘liq yetarli hisoblanadi. Ushbu jarayon davomiyligini belgilangan me’yordan oshirish parchalanish koeffitsientining sezilarli darajada ko‘payishiga yoki qo‘shimcha samara berishiga olib kelmaydi. Aksincha, agar dastlabki ishlov berish vaqti 20-30 daqiqadan kam bo‘lsa, keyingi bosqichda reaksiya massasini bir maromda qayta ishlash uchun o‘ta zarur bo‘lgan tiksotrop massa yetarli miqdorda hosil bo‘lmaydi.

Boyitilgan Guliob fosforitini parchalash jarayoniga sulfat kislota sarf me’yorining ko‘rsatadigan ta’siri kislotaning 93% li konsentratsiyasi va 20 daqiqalik barqaror davomiylik sharoitida o‘rganib chiqildi. Ushbu tadqiqot davomida olingan amaliy natijalar 6-jadvalda o‘z aksini topgan.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, kislota me’yori 70% dan 110% gacha oshirilganda reaksion massa harorati 115°C dan 125°C gacha ko‘tariladi. Sulfat kislota me’yori qanchalik yuqori bo‘lsa, reaksion massadagi erkin kislotalik shunchalik ortadi. Masalan, agar $H_2SO_4$ me’yori 70% bo‘lsa, erkin $P_2O_5$ miqdori 3,99% ni tashkil etadi, 100 va 110% me’yorda esa bu ko‘rsatkich mos ravishda 15,84% va 21,03% gacha oshadi. 100% me’yor bo‘lgan $H_2SO_4$ da $P_2O_{5\ suv.\ eruv.}$ **:** $P_2O_{5\ umum.}$ = 92,10%, bu esa fosfat xomashyosining yetarli darajada parchalangani haqida guvohlik beradi.

**6-jadval**

**Sulfat kislota me’yori va parchalanish jarayoni haroratining kislotali mahsulot kimyoviy tarkibiga ta’siri**

| $H_2SO_4$ me’yori, % | Harorat, °C | $P_2O_5$ miqdori, og‘ir. % | | | $P_2O_5$ miqdori, og‘ir. % |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $P_2O_{5umum\%}$ | $P_2O_{5suv\%}$ | Erkin kislotalik | |
| 70 | 115 | 11,52 | 8,54 | 3,99 | 74,13 |
| 80 | 116 | 10,92 | 8,55 | 7,59 | 78,29 |
| 90 | 120 | 10,39 | 9,54 | 11,01 | 91,82 |
| 100 | 122 | 9,87 | 9,09 | 15,84 | 92,10 |
| 105 | 123 | 9,67 | 9,18 | 17,56 | 94,93 |
| 110 | 125 | 9,47 | 9,46 | 21,03 | 99,89 |

Keyinchalik sulfat kislota $H_2SO_4$ konsentratsiyasining reaksion massa tarkibidagi kimyoviy o‘zgarishlarga hamda hosil bo‘layotgan mahsulotning asosiy fizik-kimyoviy xossalariga ko‘rsatadigan ta’siri chuqur va atroflicha o‘rganib chiqildi. Ushbu tajriba tadqiqotlarini olib borish uchun kislota konsentratsiyasi ko‘rsatkichlari 70% dan 94,5% gacha bo‘lgan diapazonda izchillik bilan o‘zgartirildi. Bunda kislotaning sarf me’yori ortofosfat kislotasi $H_3PO_4$ hosil bo‘lish reaksiyasining stexiometrik hisob-kitoblariga nisbatan tegishlicha 90% va 100% miqdorda belgilab olindi. Tajriba davomida tozalangan boyitilgan termik fosforit (TBGF) namunasining to‘liq parchalanish davomiyligi qat’iy ravishda 20 daqiqa qilib belgilandi. Tadqiqotlar natijasida olingan barcha ko‘rsatkichlar va tajriba ma’lumotlari 7-jadvalda batafsil keltirilgan.

**7-jadval**

**Sulfat kislota konsentratsiyasi va me'yorining parchalanish haroratiga, kimyoviy tarkibiga hamda TBGF kislotali mahsulotining xossalariga ta'siri**

| $H_2SO_4$, % | $H_2SO_4$ me'yori, % | Harorat, °C | $P_2O_5$ miqdori, og'ir. % | | | $P_2O_{5suv.}$/ $P_2O_{5umum.}$ 100, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $P_2O_{5umum}$ | $P_2O_{5suv}$ | Erkin kislotalik | |
| 70 | 90 | 80 | 9,37 | 8,62 | 11,04 | 92,0 |
| | 100 | 83 | 8,73 | 8,22 | 15,37 | 94,16 |
| 80 | 90 | 98 | 9,93 | 8,84 | 13,03 | 89,02 |
| | 100 | 100 | 9,07 | 8,53 | 17,77 | 94,04 |
| 90 | 90 | 118 | 10,28 | 9,53 | 12,07 | 92,70 |
| | 100 | 119 | 9,80 | 9,27 | 17,07 | 94,53 |
| 93 | 90 | 120 | 10,39 | 9,54 | 11,01 | 91,82 |
| | 100 | 122 | 9,87 | 9,09 | 15,84 | 92,10 |
| 94,5 | 90 | 136 | 10,61 | 9,93 | 11,06 | 93,59 |
| | 100 | 140 | 10,33 | 9,68 | 15,89 | 93,71 |

Fosforit xomashyosi sulfat kislotada qayta ishlash 60 daqiqa davomida olib borildi. Jarayon tugagach, superfosfat massasiga bentonit qo'shildi. U superfosfat og'irlik nisbati bo'yicha bentonit 5-10% miqdoriy nisbatda olindi. So'ng hosil bo'lgan aralashma 30 daqiqa davomida aralashtirildi va pH = 4-4,5 gacha 25 % li suvli ammiak bilan neytrallandi. Quritish 80°C haroratda amalga oshirildi, granulyatsiya esa yumalatish usuli bilan bajarildi. O'g'it granulalarining kimyoviy tarkibi aniqlanib, ularning mustahkamligi o'lchandi. 2-3 mm o'lchamdagi granulalarning mustahkamligi IPG-1M qurilmasi yordamida aniqlandi. Natijalar 8-jadvalda keltirilgan.

**8-jadval**

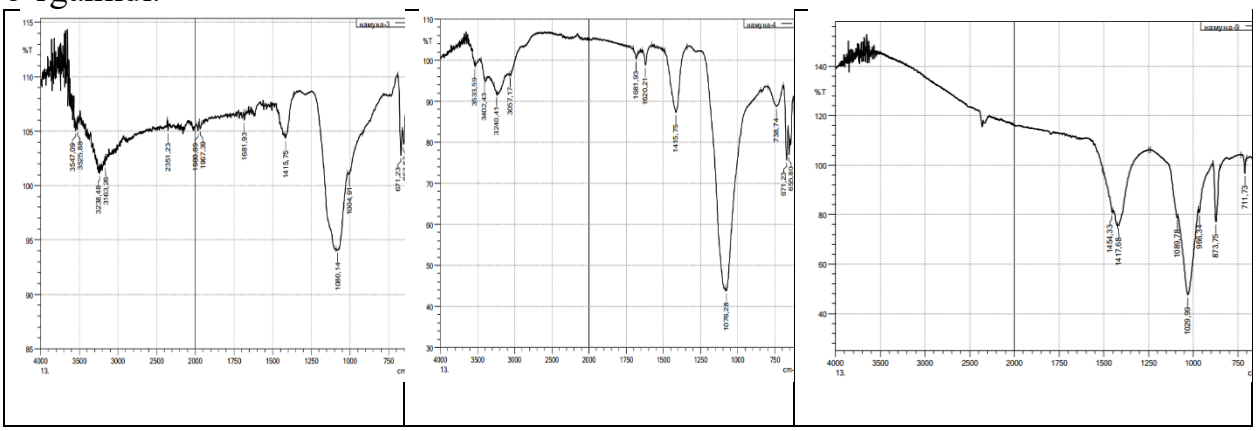
**Bentonit qo'shimchali oddiy superfosfat o'g'itining tarkibi**

| № | $H_2SO_4$ me' yori | Bentonit, % | N | $P_2O_{5umum.}$ | $P_2O_{5o'zlash.}$ | $P_2O_{5suv.}$ | CaO | $SO_3$ | Granula mustah. MPa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 90 | 5 | 0,77 | 11,25 | 9,15 | 6,86 | 33,35 | 39,71 | 3,05 |
| 2 | | 10 | 0,71 | 11,10 | 8,82 | 6,28 | 32,91 | 39,18 | 3,29 |
| 3 | 95 | 5 | 1,25 | 11,06 | 9,23 | 7,34 | 32,75 | 41,08 | 3,25 |
| 4 | | 10 | 1,18 | 10,91 | 8,99 | 6,56 | 32,35 | 40,58 | 3,51 |
| 5 | 100 | 5 | 1,63 | 10,85 | 9,31 | 7,81 | 32,14 | 42,44 | 3,44 |
| 6 | | 10 | 1,56 | 10,72 | 9,16 | 6,84 | 31,79 | 41,97 | 3,72 |
| 7 | 105 | 5 | 1,84 | 10,66 | 9,39 | 8,29 | 31,53 | 43,81 | 3,64 |
| 8 | | 10 | 1,78 | 10,53 | 9,33 | 7,12 | 31,24 | 43,37 | 3,93 |

Sulfat kislotaning 90% me'yorida 5 % bentonit qo'shimchali superfosfat o'g'itining tarkibi, %: $P_2O_{5umum.}$ - 11,25; $P_2O_{5o'zlash.}$ - 9,15; $P_2O_{5suv.}$ - 6,86; $P_2O_{5o'zlash.}/P_2O_{5umum.}$ - 81,33; $P_2O_{5suv.}/P_2O_{5umum.}$ - 60,98; N - 0,77 va granula mustahkamligi esa 3,05 MPa ni tashkil etdi. 10 % bentonit qo'shimchali superfosfat o'g'itining tarkibi, %: $P_2O_{5umum.}$ - 11,10; $P_2O_{5o'zlash.}$ - 8,82; $P_2O_{5suv.}$ - 6,28; $P_2O_{5o'zlash.}/P_2O_{5umum.}$ - 79,46; $P_2O_{5suv.}/P_2O_{5umum.}$ - 56,58; N - 0,71 va granula mustahkamligi esa 3,29 MPa ni tashkil etishi aniqlandi.

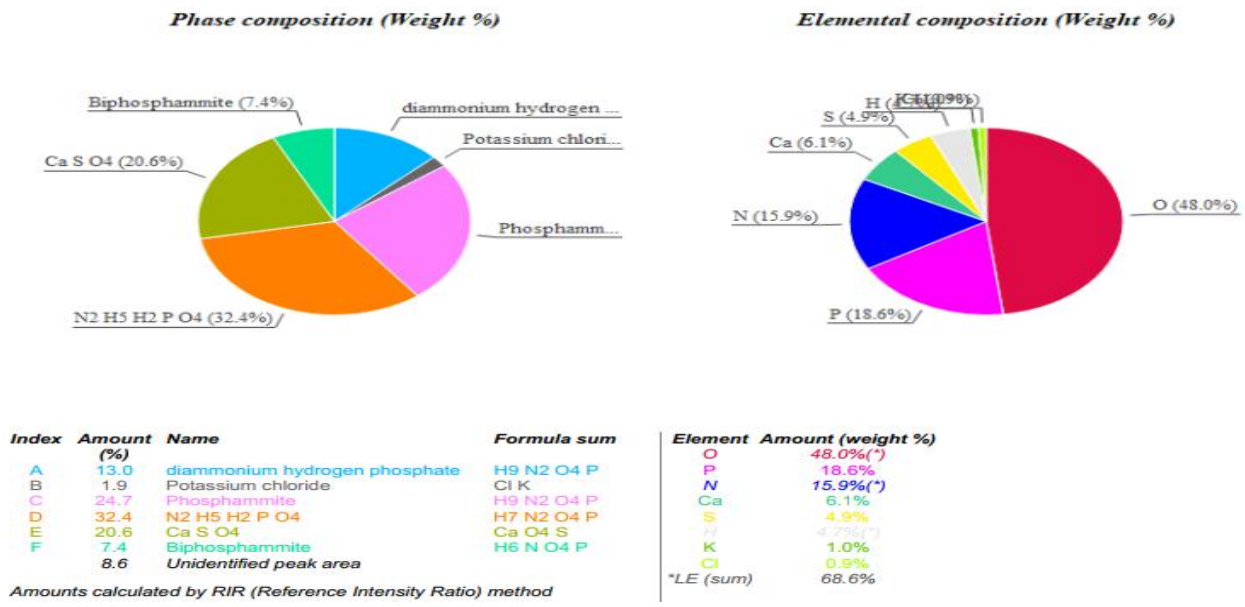
Sulfat kislotaning 100% me'yorida 5 % bentonit qo'shimchali superfosfat o'g'itining tarkibi, %: $P_2O_{5umum.}$ - 10,85; $P_2O_{5o'zlash.}$ - 9,31; $P_2O_{5suv.}$ - 7,81; $P_2O_{5o'zlash.}/P_2O_{5umum.}$ - 85,81; $P_2O_{5suv.}/P_2O_{5umum.}$ - 71,98; N - 1,63 va granula mustahkamligi esa 3,44 MPa ni tashkil etdi. 10 % bentonit qo'shimchali superfosfat o'g'itining tarkibi, %: $P_2O_{5umum.}$ - 10,72; $P_2O_{5o'zlash.}$ - 9,16; $P_2O_{5suv.}$ - 6,84; $P_2O_{5o'zlash.}/P_2O_{5umum.}$ - 85,45; $P_2O_{5suv.}/P_2O_{5umum.}$ - 63,81; N - 1,56 va granula mustahkamligi esa 3,72 MPa ni tashkil etishi aniqlandi.

Mahalliy xomashyolar asosida olingan "AGROBENTOFOS" innovatsion o'g'itlarining kimyoviy, tuzli tarkiblari va fizik-kimyoviy hamda tovar xossalarini o'rganildi.



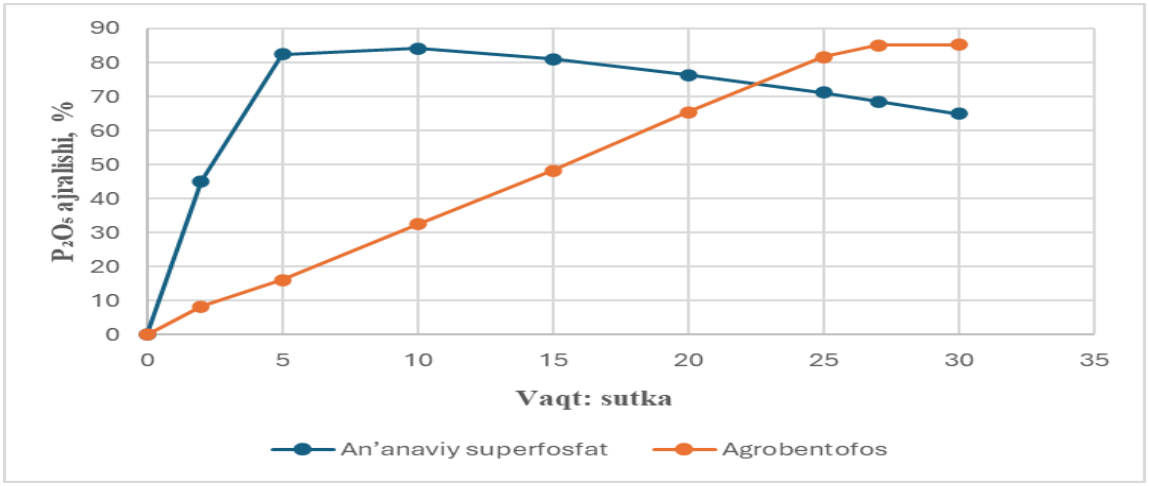
**5-rasm. "Agrobentofos" o'g'itlarining IQ-spektroskopik tahlillari:**
1 – bentonit 0%; 2 - bentonit 5%; 3 - bentonit 15%.

IQ-spektroskopik tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki (5-rasm), "Agrobentofos" o'g'iti va tarkibidagi aralashmalarning 1650-1590 $sm^{-1}$ oralig'ida N-H va $NH_2$ guruhlarining tekis tebranish chastotalariga xos tebranishlar kuzatiladi, 1600-1400 $sm^{-1}$ oralig'ida $NH_3^+$, $NH_2^+$, $NH^+$ tebranish chastotalariga mos keladi."Agrobentofos" o'g'itining 876,33-1058,27 $sm^{-1}$ IQ-spektri keng oraliq tebranish chastotalari $PO_4^{2-}$ o'z ichiga oladi va sulfat ionlariga xos bo'lgan tebranish chastotalari 1634,07 $sm^{-1}$ paydo bo'ladi. 2859,76-3223,20 $sm^{-1}$ dagi yutilish chiziqlari kristallanish suviga to'g'ri keladi.




**6-rasm. Olingan “Agrobentofos” o‘g’itining rentgenfaza tahlili (XRD).**

Agrobentofos o‘g‘itidan fosfor angidridining tuproq muhitiga diffuziyalanish kinetikasi an’anaviy oddiy superfosfatga nisbatan tubdan farq qiladi. Oddiy superfosfat tuproq namligi ta’sirida dastlabki 3–5 sutka ichida o‘zining 82,4% faol fosforini eritmaga chiqargan bo‘lsa, Agrobentofos'tarkibidagi $P_2O_5$ ning ajralishi tizimli rejimda namoyon bo‘lib, 20 sutkadan 27 sutkagacha davom etdi.



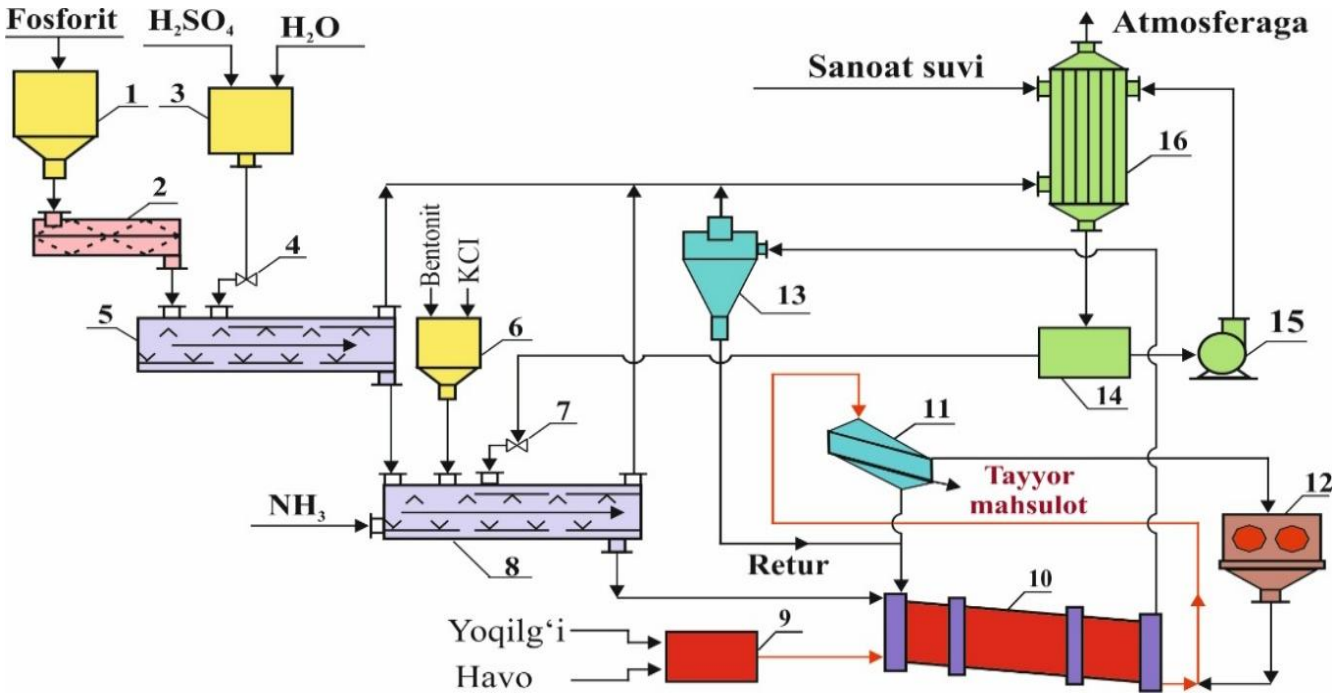

**7-rasm. Agrobentofos va an’anaviy superfosfat o‘g‘iti tarkibidagi $P_2O_5$ ning suvda erishiga vaqtning ta’siri.**

Mazkur sekinlashuv jarayoni montmorillonit gillarining yuqori sorbsion karkasi va fosfat guruhlari o‘rtasidagi molekulalararo vodorod bog‘lar hosil bo‘lishi bilan izohlanadi. Buning natijasida, tuproq muhitida fosfat anionlarining erkin kationlar $Ca^{2+}$ va $Al^{3+}$ tomonidan birikib erimaydigan shaklga o‘tish darajasi 1,8-2,2 barobargacha kamaydi. Bu esa “Agrobentofos” o‘g‘iti tarkibidagi $P_2O_5$ ning

agrokimyoviy foydali ish koeffitsiyentini (FIK) an'anaviy o'g'itlarga nisbatan sezilarli darajada ortishini va o'simlikning vegetatsiya davrida ozuqani isrofsiz o'zlashtirishini ta'minlaydi.

Dissertatsiya ishining **"Mahalliy fosforitlar va bentonit asosida Agrobentofos o'g'iti olishning prinsipial texnologik sxemalarini ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish"** deb nomlangan to'rtinchi bobida Agrobentofos innovatsion o'g'iti ishlab chiqarishdagi material balansi, "Agrobentofos" o'g'iti olish jarayonining moddiy oqim hisobi, "Agrobentofos" innovatsion o'g'itini ishlab chiqarish texnologik sxemasi keltirilgan.

Mikroelementli "Agrobentofos" mineral o'g'iti mikro va makroelementlarga boy turli xil xomashyolar asosida ishlab chiqariladi. Agrobentofos mahsulotining xomashyosi bo'lgan bentonit Surxondaryo viloyatining Jarqo'rg'on tumanida 1091 ming tonna bentonit xomashyosi zahirasi mavjud bo'lgan "Xovdak" karyeridan kukun holatida foydalaniladi




**8-rasm. "Agrobentofos" innovatsion o'gitini ishlab chiqarishning prinsipial texnologik sxemasi.**

1, 6 - bunkerlar; 2 - ta'minlagich; 3 - sig'imli idish; 4, 7 - sarfo'lchagichlar; 5, 8 - shnekli aralashtirgichlar; 9 - yoqilg'i; 10 - barabanli-donadorlovchi quritgich; 11 - klassifikator; 12 - maydalagich; 13 - siklon; 15 - nasos; 14 – skrubber; 16- absorbsion minora

## XULOSA

1.Fosforit xomashyosining 93% li konsentrlangan sulfat kislotada parchalash tadqiqotlari natijasida angidrit rejimida kislotali superfosfat olish imkoniyati aniqlangan. Parchalanish jarayoni haroratining kislota konsentratsiyasi va me'yoriga bog'liqligi belgilandi. Angidrit rejimida parchalanish jarayoni 120°C dan past

bo‘lmagan haroratda borishi uchun konsentratsiyasi 93-94% bo‘lgan sulfat kislotani, me’yori esa kamida 90% bo‘lishi kerak.

2. TBGF larni ikki bosqichli parchalash jarayoniga sulfat kislotaning konsentratsiyasi va me’yorining ta’siri o‘rganildi hamda birinchi bosqichda fosfat xomashyosining 70-80% ini 93% li sulfat kislota bilan 100% me’yor asosida parchalab, monokalsiyfosfat olish zarurligi ko‘rsatildi. Jarayon davomiyligi 15-20 daqiqa bo‘lishi kerakligi aniqlandi.

3.Kislotali superfosfatning erkin kislotaliligini neytrallash jarayoniga fosfat xomashyosi me’yorining ta’siri o‘rganildi va erkin fosfor kislotasiga nisbatan fosforitlarning optimal me’yori 150-200% ekanligi belgilandi.

4.Kislotali superfosfatga bentonit mineralining massaviy miqdor birligida qo‘shilishi 100:5÷10 nisbat birligida amalga oshirildi. Superfosfat donalarining mustahkamligi 1,50 dan 3,05-3,72 MPa gacha ortishi aniqlandi. Bu sharoitda granulalash jarayoni hech qanday murakkabliklarsiz amalga oshadi.

5.Bentonitli superfosfat o‘g‘itlarning tuproqdagi suvni ushlab qolish xossalariga ta’siri o‘rganildi. Natijada TBGF tuproqda to‘liq nam sig‘imni mos ravishda 1,29% ga oshirishi aniqlandi. Bentonitli superfosfat qo‘shilgan tuproqlarda suvning bug‘lanish tezligi nazoratga qaraganda 1,2-8,2% yuqori bo‘ldi. Vaqt o‘tishi bilan granulalar erib borishi natijasida bug‘lanish intensivligi nazorat qiymatlariga yaqinlashdi.

6.Bentonit zarralariga superfosfat o‘g‘itining yutilishi va sekin-asta ajralishi (20-27 kun) natijasida $P_2O_5$ning uzoq muddat ta’sir etishi kuzatildi hamda bentonitli superfosfat o‘g‘iti tarkibidagi $P_2O_5$ning foydali ish koeffitsiyenti an’anaviy o‘g‘itlarga nisbatan yuqori bo‘lishini ko‘rsatdi.

7. TBGFdan angidrit sxemasi bo‘yicha granulalangan bentonit qo‘shimchali superfosfat ishlab chiqarishning texnologik sxemasi va moddiy balansi ishlab chiqildi.

8.Texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar granulalangan bentonit qo‘shimchali superfosfat tarkibidagi $P_2O_5$ tuproq tarkibida tez yuvilib ketmasdan uzoq muddat ta’sir etishi hamda foydali ish koeffitsiyenti ortishi natijasida an’anaviy superfosfat o‘g‘itlarga nisbatan ishlab chiqarishning yuqori iqtisodiy jihatdan samaradorligini ko‘rsatmoqda.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/2025.27.12.T.04.08 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ КАРАКАЛПАКСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРИИ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

**ҲАМИДОВ АЗИМ ПАНЖИ ЎҒЛИ**

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕНТОНИТСОДЕРЖАЩЕГО СУПЕРФОСФАТНОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

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

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

**Нукус – 2026**

**Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Академии наук Республики Узбекистан под номером B2026.2.PhD/T6668.**

Диссертация выполнена в Термезском государственном университете инженерии и агротехнологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета www.karsu.uz и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyonet.uz).

| | |
|---|---|
| **Научный руководитель:** | **Эшкурбанов Фуркат Бозорович**<br>доктор химических наук, профессор |
| **Официальные оппоненты:** | **Алланиязов Давран Оразимбетович**<br>доктор технических наук (DSc),<br>старший научный сотрудник<br>**Жуманова Миясар Ортиковна**<br>доктор технических наук, профессор |
| **Ведущая организация:** | **Навоийский государственный горно-технологический университет** |

Защита диссертации состоится «_14_» ноября 2026 года в «$14^{00}$» часов на заседании Научного совета DSc.03/2025.27.12.T.04.08 при Каракалпакском государственном университете по адресу: 230112, г. Нукус, ул. Ч.Абдирова, дом 1. Тел.: (+99855) 105-60-47; факс: (+99855) 105-60-48; e-mail: karsu_info@edu.uz

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Каракалпакского государственного университета (зарегистрировано за № 614). Адрес: 230112, г. Нукус, ул. Ч.Абдирова, дом 1. Тел.: (+99855) 105-60-47.

Автореферат диссертации разослан «31» октября 2026 года
(реестр протокола рассылки №5 от «31» октября 2026 года)

**А.М. Реймов**
Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор., академик

**С.А.Казахбаев**
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.ф.т.н.,( PhD) доцент

**Ш.Н. Туремуратов**
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней, д.х.н., профессор

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD)

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В условиях стремительного роста мирового населения неуклонно повышается спрос на сельскохозяйственную продукцию, в частности на высококачественные продукты питания.

Это обуславливает необходимость дальнейшего расширения производства и применения минеральных удобрений, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Для повышения урожайности актуальной задачей является создание инновационных видов удобрений с высоким коэффициентом усвоения питательных веществ, полностью обеспечивающих сельскохозяйственные культуры макро- и микроэлементами.

Суперфосфат является основным фосфорным удобрением, широко применяемым в сельском хозяйстве всех развитых стран, и ведутся научные исследования по повышению эффективности пентаоксида фосфора. Однако его водорастворимые компоненты обладают высокой подвижностью в почве, подвержены вымыванию и не полностью усваиваются культурами, что обуславливает ряд недостатков. В связи с этим важное значение приобретает проведение исследований в направлении повышения агрохимической эффективности суперфосфата, обеспечения пролонгированного действия питательных веществ и увеличения влагоудерживающей способности почвы. В решении подобных проблем важное научное и практическое значение имеет использование природных минеральных сорбентов — в частности, бентонитовых глин, обладающих большими запасами на территории Узбекистана. Высокая сорбционная способность, ионообменные свойства, дисперсность и влагоудерживающие характеристики бентонита способствуют стабильному удержанию питательных веществ суперфосфата в почве. В то же время особое внимание уделяется тому, что бентонитовая добавка способствует улучшению гранулируемости и прочности суперфосфата, повышению его физико-химических и агрохимических свойств, оптимизации коэффициента высвобождения питательных веществ и повышению степени усвоения фосфора культурами.

В проводимых во всем мире исследованиях по эффективному применению фосфорных удобрений особое внимание уделяется разработке экологически чистых, недорогих и высокоэффективных видов удобрений на основе местных природных минеральных добавок. В масштабах республики совершенствование технологии производства суперфосфата на основе местных фосфоритов и бентонитов различных месторождений (в частности, Ховдагского) имеет важное значение для развития национального агропромышленного комплекса, получения импортозамещающей продукции и повышения экспортного потенциала. Вместе с тем, в Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы в качестве приоритетных задач определены расширение производства минеральных удобрений, внедрение современных ресурсосберегающих технологий, эффективное использование

местного сырья и повышение качества продукции[1]. С этой точки зрения научные исследования по созданию технологии получения суперфосфатного удобрения с бентонитовой добавкой и обоснованию его агрохимической эффективности представляют важное значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, определенных в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Указе от 12 октября 2023 года № УП-169 «О дополнительных мерах по опережающему развитию промышленности и ее базовых отраслей», Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан от 1 марта 2022 года № 91 «Об утверждении Технического регламента о безопасности минеральных удобрений», Постановлении от 15 декабря 2022 года № 753 «О мерах по созданию Инновационного химического научно-производственного и образовательного кластера для химической промышленности», а также в других нормативно-правовых актах, относящихся к данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления VII развития науки и технологий Республики Узбекистан «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** В научно-технической литературе имеется обширный материал по переработке различного фосфатного сырья, включая богатые по содержанию $P_2O_5$ апатиты и различные сорта фосфоритов, отличающиеся друг от друга по химическому и минералогическому составу, минеральными кислотами, а также по получению эффективных фосфорных удобрений путем введения различных минеральных добавок. Весомый вклад в это направление внесли такие известные ученые, как: М.Е. Позин, В.Ф. Кармышов, Б.А. Дмитриевский, С.П. Кочетков, И.А. Петропавловский (Россия), М.Т. Молдабеков (Казахстан), К. Горазда (K. Gorazda), М. Банах (M. Banach) (Польша), Жени Лю (Zhenyi Liu) (Китай), Дэвид Дж.У. Грант (David J.W. Grant) (Великобритания), М.Н. Набиев, Б.М. Беглов, Ш.С. Намазов, С. Тухтаев, С.М. Тажиев, А.У. Эркаев, Х.Ч. Мирзакулов, И.Т. Шамшидинов, А.Р. Сейтназаров, А.М. Реймов, Т.И. Нурмуродов, Н.V. Волынскова, У.К. Алимов (Узбекистан) и другие.

Их работы в основном направлены на получение экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), простых и комплексных фосфорных удобрений, а также чистых солей фосфорной кислоты путем разложения фосфоритов различными минеральными кислотами. Однако сведения о фосфорных удобрениях с бентонитовой добавкой, позволяющей за счет разложения местных фосфоритов в присутствии серной кислоты и введения бентонитового минерала пролонгировать высвобождение оксида фосфора в

[1] Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы».

водную среду и продлить срок его воздействия на растения, крайне ограничены.

Кроме того, следует отметить, что научно-исследовательские работы по разработке технологий получения агрохимически эффективных фосфорных удобрений — «Агробентофос» путем переработки низкосортного местного фосфоритного сырья в присутствии серной кислоты с последующей аммонизацией свободной кислотности фосфогипса в системе и добавлением бентонитового минерала, представлены в недостаточной степени.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, в котором выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Термезского государственного университета инженерии и агротехнологий в рамках проекта академической мобильности № АК-25-3 на тему: «Испытание инновационного удобрения "Агробентофос" на засоленных почвах Нукуса и Муйнака» (2025 г.), а также проекта по коммерциализации № TL-2 на тему: «Производство водосберегающего минерального удобрения "Агробентофос", повышающего плодородие и улучшающего мелиоративное состояние почвы на основе местных нетрадиционных агроруд, а также повышающего урожайность комплекса культур: хлопчатника, пшеницы, бахчевых и садовых культур» (2023–2024 гг.).

**Целью исследования** является разработка эффективной технологии получения инновационного фосфорного удобрения пролонгированного действия — «Агробентофос» с улучшенными агрохимическими свойствами на основе разложения местного фосфоритного сырья месторождения Гулиоб в присутствии серной кислоты и введения бентонитовой добавки.

**Задачи исследования:**

изучить минералогический и химический составы местного фосфоритного сырья месторождения Гулиоб, определить их влияние на степень усвояемости фосфора в процессе сернокислотного разложения;

установить оптимальные условия процесса разложения фосфоритов в присутствии серной кислоты, проанализировать скорость разложения, расход кислоты и показатели эффективности реакции;

изучить влияние введения бентонитовой добавки в полученную кислотную пульпу, оценить влияние количества бентонита на физико-химические свойства;

исследовать сорбционные и ионообменные свойства бентонита, определить его способность удерживать питательные элементы в растворе, полученном в результате разложения фосфорита;

исследовать реологические свойства полученной смеси, оценить текучесть, плотность и пригодность пульпы к грануляции;

разработать процесс грануляции удобрения «Агробентофос», определить его гранулометрический состав, механическую прочность и стабильность при хранении;

проанализировать химический состав полученного удобрения «Агробентофос», определить содержание в нем водорастворимых, цитраторастворимых и медленнодействующих форм фосфора;

проверить агрохимическую эффективность удобрения «Агробентофос» на основе вегетационных опытов, оценить его влияние на показатели роста и развития различных культур;

изучить пролонгированное действие удобрения «Агробентофос» и его влияние на агроэкологические свойства почвы, определить влагоудерживающую способность и степень вымывания питательных веществ;

обосновать технико-экономическую эффективность разработанной технологии, оценить себестоимость производства, импортозамещение и экспортный потенциал.

**Объектом исследования** являются местное фосфоритное сырье месторождения Гулиоб, серная кислота, ховдагский бентонит, а также полученные на их основе смешанные кислотные пульпы и гранулированное инновационное удобрение «Агробентофос».

**Предметом исследования** является разработка эффективной технологии получения инновационного фосфорного удобрения пролонгированного действия — «Агробентофос» с улучшенными агрохимическими свойствами путем разложения местного фосфоритного сырья месторождения Гулиоб в присутствии серной кислоты и введения бентонитовой добавки.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы методы химического и физико-химического (рентгенографический, ИК-спектроскопический, сканирующая электронная микроскопия) анализа.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

изучено влияние введения бентонитовой добавки в процессе разложения местного фосфоритового сырья в присутствии серной кислоты на реологические свойства образующейся кислотной пульпы и эффективность разложения, а также определены оптимальные технологические условия;

установлены закономерности основных химических и физико-химических процессов взаимодействия, протекающих в системе "фосфорит — серная кислота — бентонит."

научно обоснованы факторы, повышающие прочность и стабильность гранулированного удобрения при хранении;

На основе сорбционных и ионообменных свойств ховдагского бентонита определено регулирование соотношения водорастворимых и медленнодействующих форм фосфора, и в составе "Агробентофоса" сформированы устойчивые формы фосфора с длительным действием;

Глубоко проанализированы гранулометрический и химический состав, механическая прочность и агрохимическая эффективность инновационного удобрения "Агробентофос," доказана его роль в удержании влаги в почве и снижении вымывания питательных элементов, а также разработана

ресурсосберегающая и экологически безопасная технология и созданы научные основы производства данного удобрения;

**Практические результаты исследования заключаются в следующем:**

разработана эффективная технология получения инновационного удобрения пролонгированного действия «Агробентофос» с повышенной прочностью гранул на основе разложения местного фосфоритного сырья месторождения Гулиоб в присутствии серной кислоты и его обогащения бентонитовой добавкой, а также доказана его высокая эффективность в опытно-испытательных условиях;

новый вид удобрения «Агробентофос» рекомендован в качестве практического продукта с высокой агроэкономической эффективностью, позволяющего повысить плодородие почвы, снизить вымывание питательных элементов и обеспечить долгосрочную потребность растений в фосфоре.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается результатами химических и физико-химических анализов, лабораторных экспериментов, опытно-промышленных и агрохимических испытаний, а также публикацией результатов экспериментов в авторитетных научных изданиях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в разработке теоретических и научных основ получения инновационного фосфорного удобрения пролонгированного действия — «Агробентофос» с повышенной прочностью гранул путем разложения местного фосфоритного сырья месторождения Гулиоб в присутствии серной кислоты и его обогащения бентонитовой добавкой, что послужит основой для получения суперфосфатных удобрений с различными соотношениями медленнодействующих и водорастворимых форм фосфора.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанная технология «Агробентофос» создает возможность организации производства агрохимически высокоэффективных и экономически выгодных удобрений, адаптированных к различным почвенно-климатическим условиям сельского хозяйства страны, что способствует рациональному использованию местной сырьевой базы.

**Внедрение результатов исследования.** На основе научных результатов, полученных по разработке эффективной технологии получения инновационного фосфорного удобрения пролонгированного действия — «Агробентофос» с улучшенными агрохимическими свойствами и повышенной прочностью гранул путем разложения местного фосфоритного сырья в присутствии серной кислоты и введения бентонитовой добавки:

научные результаты по технологии получения инновационного удобрения «Агробентофос» с улучшенными агрохимическими свойствами и повышенной прочностью гранул, полученного на основе сернокислотного разложения местного фосфоритного сырья и введения бентонитовой добавки, включены в «Перечень перспективных разработок, внедряемых в практику на

2026–2027 годы» СП-АО «Elektrokimyozavod» (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» № 26 от 24 апреля 2026 года). В результате создана возможность производства инновационных фосфорных удобрений «Агробентофос» пролонгированного действия с высокой прочностью гранул и повышенной эффективностью;

разработана и рекомендована к внедрению в практику технология получения агроэкономически эффективного гранулированного удобрения «Агробентофос», содержащего как водорастворимые, так и медленно- и стабильнодействующие формы фосфора за счет введения бентонитовой добавки в процессе переработки фосфоритов месторождения Гулиоб в присутствии серной кислоты (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» № 26 от 24 апреля 2026 года). В результате создана возможность производства инновационных фосфорных удобрений пролонгированного действия, пригодных для применения на различных типах почв и в период вегетации растений.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного диссертационного исследования были доложены и обсуждены на 6 научных конференциях, в том числе на 4 международных и 2 научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано в общей сложности 14 научных работ, из них 8 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора философии (PhD), в том числе 6 в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость проведения исследований, охарактеризованы цель и задачи, объект и предмет исследования, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта научная и практическая значимость диссертационной работы, сделаны выводы о перспективах внедрения результатов исследования в практику, приведены сведения об опубликованных научных трудах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Состояние изучения особенностей и технологий комплексной переработки местных фосфоритов в комплексные удобрения. Научно-теоретические основы использования бентонитовых минералов»**, посвящена освещению значения фосфатного сырья в сельском хозяйстве и химической промышленности, потребности в фосфорных удобрениях в мировом масштабе и в Узбекистане, а также

состоянию их производства. Проанализированы классификация фосфатных месторождений, химико-минералогический состав и технологические свойства апатитов и фосфоритов.

Кроме того, показано геологическое строение фосфоритов Центральных Кызылкумов, их основные компоненты, низкосортные и высококарбонатные характеристики, а также обоснованы возможности их обогащения механическими, термическими и комбинированными методами. Кратко изложены существующие технологии переработки фосфоритов в простые и комплексные фосфорные удобрения, их преимущества и недостатки.

В конце главы проанализированы современные технологии производства фосфорных удобрений, производственные мощности в Узбекистане и существующие проблемы, на основе чего обосновано, что эффективная переработка местного фосфоритного сырья является актуальной научно-практической задачей.

Во второй главе диссертации **«Характеристика объектов исследования и методы проведения экспериментов»**, описывает химический состав и физико-химические свойства необогащенного фосфатного сырья и мыто-обожженного фосфоритного концентрата, полученных на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов, а также обогащенных фосфоритов месторождения Гулиоб, выступающих в качестве объектов исследования. Приведены основные компоненты и количественный состав образцов фосфоритов, обоснованы свойства сырья, выбранного для экспериментов. Научно-исследовательские работы проводились с использованием необогащенного фосфатного сырья (НФС) на основе фосфоритов ЦК, мыто-обожженного фосфоритного концентрата (МОФК) и термически обогащенного фосфоритного сырья месторождения Гулиоб (ТОФГ) (O‘zDSt 2825:2018). Основной состав данных образцов приведен в

**Таблица 1.**

**Основной химический состав образцов фосфоритов, мас. %**

| № | Сырье | Химический состав, мас. % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $P_2O_5$ | CaO | MgO | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | F | $CO_2$ | $SO_3$ | e.q. |
| 1 | НФС №1 | 20,71 | 47,23 | 0,92 | 1,08 | 0,78 | 1,70 | 16,55 | 1,84 | 6,13 |
| 2 | МОФК №1 | 27,61 | 55,83 | 0,98 | 0,49 | 0,44 | 2,78 | 2,57 | 2,65 | 4,77 |
| 3 | ОФГ | 11,7 | 47,2 | 0,82 | 2,34 | 1,03 | 2,84 | 17,93 | 1,64 | 7,82 |
| 4 | ТОФГ | 16,95 | 49,81 | 0,85 | 1,51 | 0,86 | 1,75 | 3,12 | 2,33 | 5,14 |

Лабораторные эксперименты по разложению образцов фосфоритов в присутствии серной кислоты проводились в трубчатом стеклянном реакторе, оснащенном винтовой мешалкой с электроприводом. Для поддержания стабильного температурного режима реактор помещали в термостат. В

реактор вводили серную кислоту и воду с соблюдением предварительно рассчитанного соотношения твердой и жидкой фаз (Т:Ж) 1:3 и нормы кислоты, после чего при непрерывном перемешивании пульпы постепенно добавляли заданное количество образца фосфорита. В созревшую суперфосфатную пульпу затем вводили бентонитовый минерал. Температура процесса разложения фосфорита в зависимости от нормы кислоты варьировалась в пределах 80–110°С, а продолжительность составляла 30–60 минут. Температура реакционной массы поддерживалась на уровне 100°С.

Во второй части главы описаны современные химические, физико-химические и инструментальные методы анализа, примененные для определения химического состава сырья, промежуточных продуктов и готовых удобрений, включая методы фотоколориметрии, титрования, ионометрии, рентгенофазового анализа, инфракрасной спектроскопии и электронной микроскопии.

**Третья глава** диссертационной работы, озаглавленная **«Исследование процесса получения удобрений агробентофос на основе местного фосфоритного сырья»**, содержит сведения об исследовании химического и минералогического состава местного фосфоритного и бентонитового сырья.

Для расчета норм серной кислоты необходимы точные данные о минералогическом составе фосфоритов Гулиоба. В связи с этим были проведены работы по определению минералогического состава термически обогащенного фосфоритного сырья (ТОФГ) - фосфоритной муки. При составе (мас. %): $P_2O_5$ -16,95; CaO - 49,81; MgO - 0,85; $Al_2O_3$ - 1,51; $Fe_2O_3$ - 0,86; F -1,75; $CO_2$ - 3,12; $SO_3$ - 2,33; н.о. - 5,14, кальциевый модуль ($CaO:P_2O_5$) составляет 2,93.

Известно, что чем выше соотношение $CaO:P_2O_5$ в фосфатном сырье, тем выше расход кислотного реагента на его разложение.

Для ориентировочного определения минералогического состава ТОФГ его рентгенограмма была снята на дифрактометре XRD-6100 (производства Shimadzu, Япония). Использовалось CuKα-излучение (β-фильтр, Ni, ток и напряжение на трубке — 30 мА, 30 кВ), постоянная скорость вращения детектора составляла 4 град/мин, а угол сканирования варьировался от 4° до 80°. При съемке использовалась вращающаяся камера со скоростью 30 об/мин. При идентификации минеральных фаз использовалась база данных 2013 International Centre for Diffraction Data. Рентгенограмма приведена на рисунке 1.

На рентгенограмме дифракционные линии со значениями межплоскостных расстояний 3,43; 3,06; 2,82; 2,76; 2,68; 2,61; 2,23; 1,92; 1,83; 1,78; 1,72 Å отнесены к фторкарбонатапатиту.

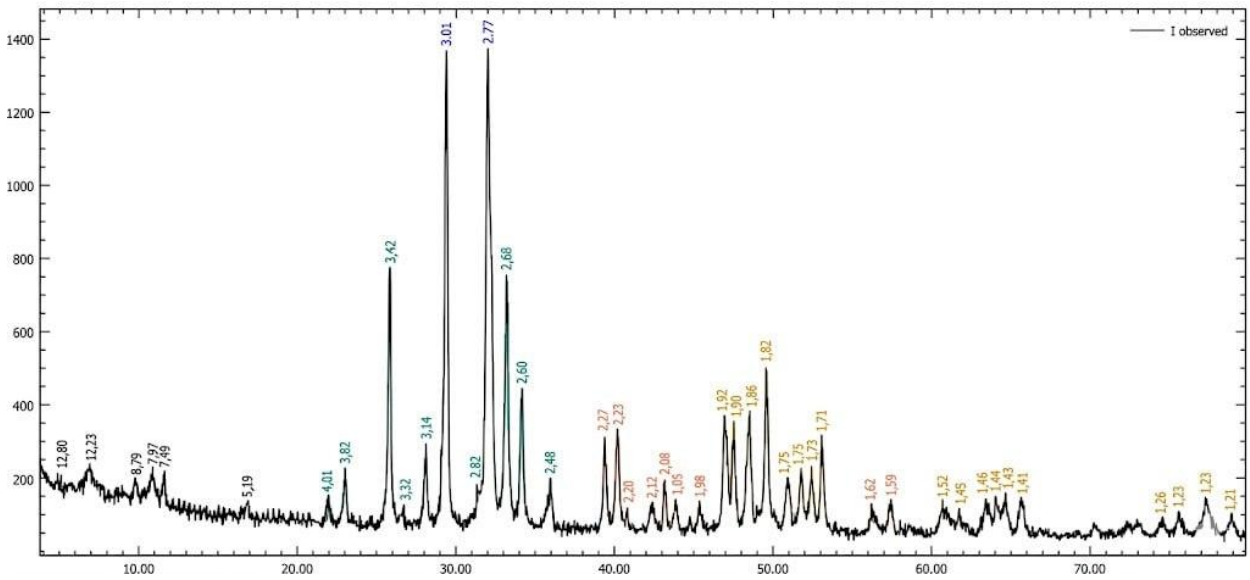



**Рисунок 1. Рентгенограмма необогащенной фосфоритной муки месторождения Гулиоб.**

Присутствие кальцита подтверждается межплоскостными расстояниями со значениями 3,84; 3,02; 2,48; 2,27; 2,09; 1,90 Å, а доломит идентифицирован при 1,78 Å. Линии при 4,26; 3,33 Å свидетельствуют о наличии нерастворимого остатка — кварца. Также в незначительных количествах присутствуют полевые шпаты, глауконит, бентонит, хлорит и другие минералы.

В диссертационной работе на начальном этапе состав образца исходного фосфоритного сырья был проанализирован методом СЭМ.

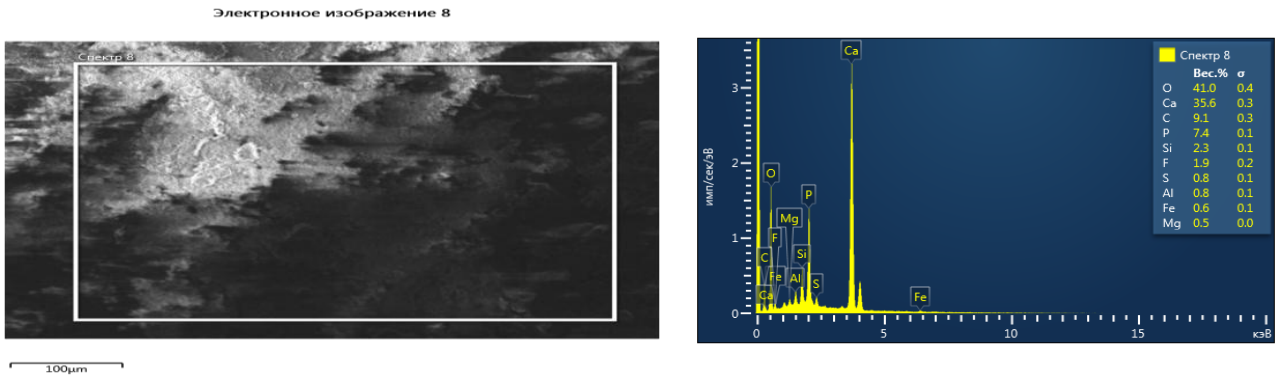



**Рисунок 2. СЭМ-анализ фосфоритного сырья**.

Результаты показали, что состав фосфоритного сырья включает: : O - 41%; Ca - 35,6%; C - 9,1%; P - 7,4%; Si - 2,3%; F - 1,9%; S - 0,8%; Al - 0,8%; Fe - 0,6%; Mg - 0,5%. По параметрам элементарной ячейки ($a_0$ = 9.33 Å, $c_0$ = 6.89 Å) определено, что фосфатный минерал в зернистом фосфорите Гулиоба представлен франколитом. Химическая формула франколита (штаффелита) имеет следующий вид:

$$2Ca_{10}P5{,}2C_{0{,}8}O_{23{,}2}F_{1{,}8}OH \rightarrow 5{,}2P_2O_5 + 18{,}2CaO + 1{,}6CO_2 + 1{,}8CaF_2 + H_2O$$

На основе вышеуказанного состава и реакции был рассчитан минералогический состав фосфоритной муки Гулиоба (таблица 1).

На основании полученных данных минеральный состав фосфоритной муки был представлен в следующем виде: $2Ca_{10}P_{5,2}C_{0,8}O_{23,2}F_{18}OH$ - 47,19%; $CaCO_3$ - 24,75%; $CaMg(CO_3)_2$ - 8.24%; $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ - 6,90%; $SiO_2$ - 0.26%; $Ca_2SiO_4$ - 2,81%; $CaF_2$ - 0,25%; нерастворимый остаток - 4,03%, остальное - глауконiты, хлориты.

**Таблица 2**

**Минералогический состав фосфоритной муки Гулиоба**

| Наименование минералов сырья | Количество, % | Наименование минералов сырья | Количество, % |
|---|---|---|---|
| $Ca_{10}P_{5,2}C_{0,8}O_{23,2}F$ 1,8OH | 47,19 | $CaF_2$ | 0,15 |
| $CaCO_3$ | 24,75 | $Al_2O_3$ | 0,95 |
| $CaMg(CO_3)_2$ | 8,24 | $Fe_2O_3$ | 0.73 |
| $CaSO_4$-$2H_2O$ | 6,90 | н.о | 4,03 |
| $SiO_2$ | 0,26 | $K_2O + Na_2O$ (глауконит, хлорит) | 1,5 |
| $Ca_2SiO_4$ | 2,81 | | |

**Таблица 3**

**Физико-химические показатели и химический состав образца бентонита**

| **Показатель** | **Значение** |
|---|---|
| Минералогический тип | Кальциевый монтмориллонит (Ca-смектит) |
| Плотность, г/см³ | 2,3–2,5 |
| Влажность, % | 8–12 |
| Индекс набухания, мл/г | 18–22 |
| Влагоудерживающая способность, % | 280–320 |
| Гранулометрический состав (<0,074 мм), % | ≥85 |
| Содержание CaO, мас. % | 27,3 |
| Содержание MgO, мас. % | 10,2 |
| Содержание Fe, мас. % | 2,33 |
| Содержание $Al_2O_3$, мас. % | 4,71 |
| Емкость катионного обмена, мг-экв/100г | 60–80 |
| pH (10%-я суспензия) | 8,0–8,5 |

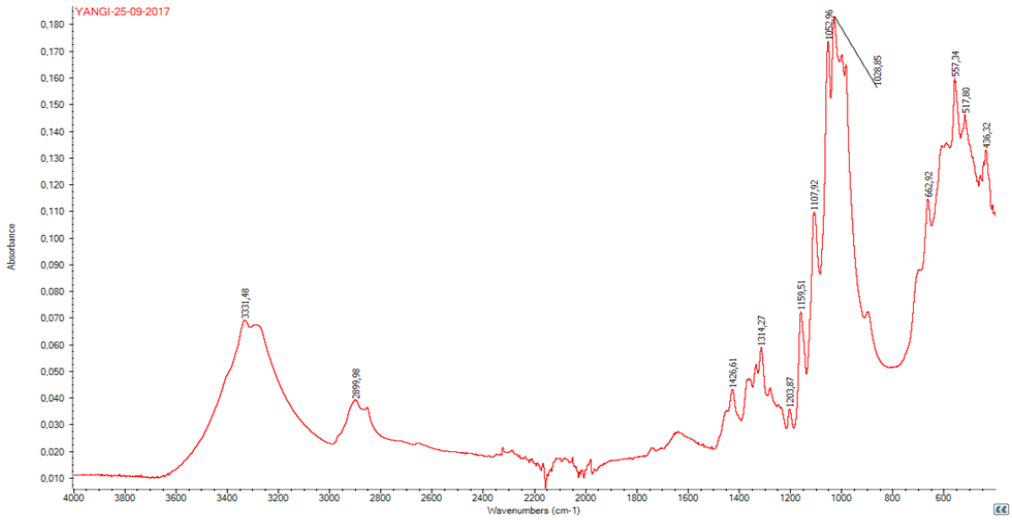



**Рисунок 3. ИК-спектр ховдагского бентонита.**

**Таблица 4**

**Характеристика ИК-спектра образца бентонита.**

| **Волновое число, $см^{-1}$** | **Описание полосы поглощения** |
|---|---|
| 3620–3650 | Внутриструктурная полоса поглощения гидроксильных (–OH) групп |
| 3400–3450 | Полоса поглощения –OH групп адсорбированной воды |
| 1630–1650 | Деформационные колебания молекул воды |
| 1030–1050 | Валентные колебания связей Si–O–Si |
| 520–540 | Деформационные колебания связей Al–O–Si |

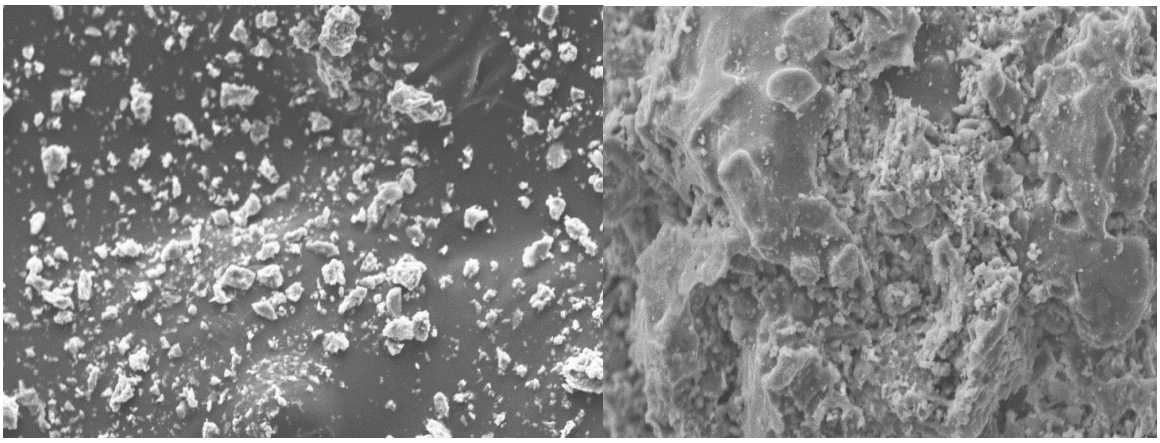


**Рисунок 4. СЭМ-изображение ховдагского бентонита.**

Изучено влияние продолжительности процесса разложения обогащенного фосфатного сырья в ангидритном режиме в условиях кристаллизации сульфата кальция.

**Таблица 5**

**Влияние продолжительности процесса разложения ТОФГ серной кислотой на химический состав кислотного продукта**

| Норма $H_2SO_4$, % | Температура, °С | Время, мин | Содержание $P_2O_5$, мас. % | | | $P_2O_{5\ вод.}$/ $P_2O_{5\ общ.}$ 100, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $P_2O_{5\ общ}$ | $P_2O_{5\ вод}$ | Свободная кислотность | |
| 100 | 110 | 30 | 9,42 | 8,48 | 3,5 | 90,02 |
| | | 45 | 9,55 | 8,60 | 3,4 | 90,05 |
| | | 60 | 9,71 | 8,76 | 3,2 | 90,22 |
| | | 75 | 9,87 | 8,96 | 2,9 | 90,78 |
| | | 90 | 9,89 | 9,13 | 2,1 | 92,31 |

Как видно из таблицы, с увеличением продолжительности взаимодействия ТОФГ с серной кислотой от 30 до 90 минут коэффициент разложения фосфатного сырья возрастает, то есть относительное содержание водорастворимого $P_2O_5$ по отношению к общему $P_2O_5$ увеличивается с 90,02% до 92,32%. При этом общее содержание $P_2O_5$ в реакционной массе возрастает с 942% до 9,90%, тогда как свободная кислотность (сумма серной и фосфорной кислот), напротив, снижается с 3,5% до 2,1%.

На основании полученных данных можно сделать следующий вывод: с технологической точки зрения для разложения фосфатного сырья вполне достаточным является время в пределах 30–60 минут. Дальнейшее увеличение продолжительности не приводит к значительному повышению коэффициента разложения. Напротив, если время обработки составляет менее 20–30 минут, тиксотропная масса, необходимая для последующей переработки реакционной массы, образуется в недостаточной степени.

Влияние нормы серной кислоты на процесс разложения обогащенного фосфорита Гулиоба изучалось при концентрации кислоты 93% и продолжительности процесса 20 минут. Полученные результаты приведены в таблице 6.

Результаты показывают, что при увеличении нормы кислоты с 70% до 110% температура реакционной массы повышается со 115°С до 125°С. Чем выше норма серной кислоты, тем больше возрастает свободная кислотность в реакционной массе. Например, при норме $H_2SO_4$ 70% содержание свободного $P_2O_5$ составляет 3,99%, тогда как при нормах 100% и 110% этот показатель увеличивается до 15,84% и 21,03% соответственно. При 100%-й норме $H_2SO_4$ соотношение $P_2O_{5води}$ : $P_2O_{5общ}$ =92,10% что свидетельствует о достаточно высокой степени разложения фосфатного сырья.

**Таблица 6**

**Влияние нормы серной кислоты и температуры процесса разложения на химический состав кислотного продукта**

| Норма $H_2SO_4$, % | Температура, °С | Содержание $P_2O_5$, мас. % | | | $P_2O_{5\ вод.}$/ $P_2O_{5\ общ.}$ 100, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $P_2O_{5\ общ}$ | $P_2O_{5\ вод}$ | Свободная кислотность | |
| 70 | 115 | 11,52 | 8,54 | 3,99 | 74,13 |
| 80 | 116 | 10,92 | 8,55 | 7,59 | 78,29 |
| 90 | 120 | 10,39 | 9,54 | 11,01 | 91,82 |
| 100 | 122 | 9,87 | 9,09 | 15,84 | 92,10 |
| 105 | 123 | 9,67 | 9,18 | 17,56 | 94,93 |
| 110 | 125 | 9,47 | 9,46 | 21,03 | 99,89 |

Влияние концентрации $H_2SO_4$ на химический состав и физические свойства реакционной массы изучалось путем варьирования концентрации кислоты в диапазоне от 70% до 94,5%. При этом норма кислоты принималась равной 90% и 100% от стехиометрии (в расчете на образование $H_3PO_4$), а продолжительность разложения ТОФГ составляла 20 минут. Полученные результаты приведены в таблице 7

**Таблица 7**

**Влияние концентрации и нормы серной кислоты на температуру разложения, химический состав и свойства кислотного продукта ТОФГ.**

| $H_2SO_4$, % | $H_2SO_4$ норма, % | Температура, °С | $P_2O_5$ количество, вес. % | | | $P_2O_{5вод.}$/ $P_2O_{5общ}$ 100, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $P_2O_{5общ}$ | $P_2O_{5вод}$ | Свободная кислотность | |
| 70 | 90 | 80 | 9,37 | 8,62 | 11,04 | 92,0 |
| | 100 | 83 | 8,73 | 8,22 | 15,37 | 94,16 |
| 80 | 90 | 98 | 9,93 | 8,84 | 13,03 | 89,02 |
| | 100 | 100 | 9,07 | 8,53 | 17,77 | 94,04 |
| 90 | 90 | 118 | 10,28 | 9,53 | 12,07 | 92,70 |
| | 100 | 119 | 9,80 | 9,27 | 17,07 | 94,53 |
| 93 | 90 | 120 | 10,39 | 9,54 | 11,01 | 91,82 |
| | 100 | 122 | 9,87 | 9,09 | 15,84 | 92,10 |
| 94,5 | 90 | 136 | 10,61 | 9,93 | 11,06 | 93,59 |
| | 100 | 140 | 10,33 | 9,68 | 15,89 | 93,71 |

Разложение фосфоритного сырья серной кислотой проводили в течение 60 минут. По окончании процесса в суперфосфатную массу добавляли бентонит в количестве 5-10% от массы суперфосфата. Затем полученную смесь перемешивали в течение 30 минут и нейтрализовали 25%-ным водным раствором аммиака до pH 4,0-4,5. Сушку проводили при температуре 80°С, а грануляцию — методом окатывания. Был определён химический состав гранул удобрения и измерена их прочность. Прочность гранул размером 2-3 мм определяли с помощью прибора ИПГ-1М. Результаты приведены в таблице 8. Прочность гранул размером 2-3 мм определяли с помощью прибора ИПГ-1М.

**Таблица 8.**

**Состав суперфосфатного удобрения с добавкой бентонита.**

| № | $H_2SO_4$ норма | бентонит, % | N | $P_2O_{5общ}$ | $P_2O_{5\ усв}$ | $P_2O_{5\ вод.}$ | CaO | $SO_3$ | Проч гранул. МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 90 | 5 | 0,77 | 11,25 | 9,15 | 6,86 | 33,35 | 39,71 | 3,05 |
| 2 | | 10 | 0,71 | 11,10 | 8,82 | 6,28 | 32,91 | 39,18 | 3,29 |
| 3 | 95 | 5 | 1,25 | 11,06 | 9,23 | 7,34 | 32,75 | 41,08 | 3,25 |
| 4 | | 10 | 1,18 | 10,91 | 8,99 | 6,56 | 32,35 | 40,58 | 3,51 |
| 5 | 100 | 5 | 1,63 | 10,85 | 9,31 | 7,81 | 32,14 | 42,44 | 3,44 |
| 6 | | 10 | 1,56 | 10,72 | 9,16 | 6,84 | 31,79 | 41,97 | 3,72 |
| 7 | 105 | 5 | 1,84 | 10,66 | 9,39 | 8,29 | 31,53 | 43,81 | 3,64 |
| 8 | | 10 | 1,78 | 10,53 | 9,33 | 7,12 | 31,24 | 43,37 | 3,93 |

Состав суперфосфатного удобрения с добавкой 5% бентонита при норме серной кислоты 90%, %: $P_2O_{5общ}$. - 11,25; $P_2O_{5\ усв}$. - 9,15; $P_2O_{5вод}$. - 6,86; $P_2O_{5\ усв}$ / $P_2O_{5общ}$. - 81,33; $P_2O_{5вод}$./ $P_2O_{5общ}$. - 60,98; N - 0,77, а прочность гранул составила 3,05 МПа. Состав суперфосфатного удобрения с 10% бентонитовой добавкой, %: $P_2O_{5общ}$.-11,10; $P_2O_{5\ усв}$.- 8,82; $P_2O_{5вод}$ .6,28; $P_2O_{5\ усв}$./P $P_2O_{5общ}$. - 79,46; P $P_2O_{5вод}$./ $P_2O_{5общ}$- 56,58; N - 0,71, а прочность гранул составила 3,29 МПа.

Состав суперфосфатного удобрения с добавкой 5% бентонита при норме серной кислоты 100%, %: $P_2O_{5общ}$. - 10,85; P $P_2O_{5\ усв}$. - 9,31; $P_2O_{5вод}$.- 7,81; $P_2O_{5\ усв}$/ $P_2O_{5общ}$. - 85,81; $P_2O_{5вод}$../ $P_2O_{5общ}$ - 71,98; N - 1,63 и прочность гранул составила 3,44 МПа. Состав суперфосфатного удобрения с 10% бентонитовой добавкой, %: $P_2O_{5общ}$. - 10,72; $P_2O_{5\ усв}$- 9,16; $P_2O_{5вод}$. - 6,84; $P_2O_{5\ усв}$./ $P_2O_{5общ}$. - 85,45; $P_2O_{5вод}$../ $P_2O_{5общ}$ - 63,81; N - 1,56 и прочность гранул составила 3,72 МПа.

Изучены химический и солевой составы, а также физико-химические и товарные свойства инновационного удобрения "АГРОБЕНТОФОС," полученного на основе местного сырья.

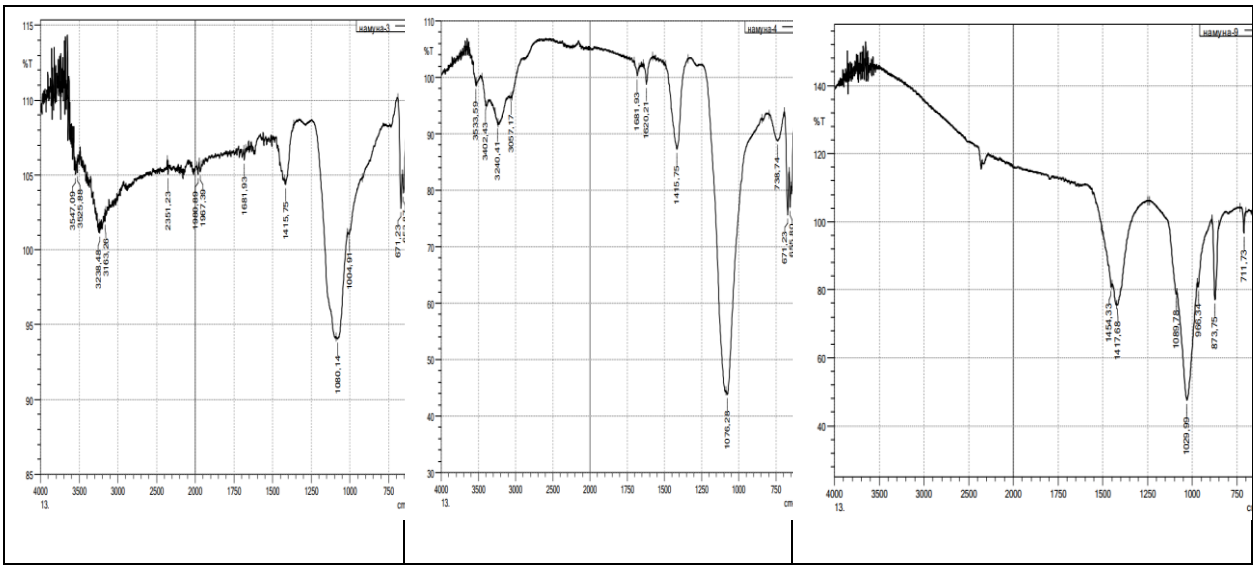


Рис. 5. Результаты ИК-спектроскопического анализа удобрений "Агробентофос":
1 – бентонит 0%; 2 – бентонит 5%; 3 – бентонит 15%.

Результаты ИК-спектроскопических исследований (рис. 5) показывают, что в удобрении "Агробентофос" и содержащихся в нём примесях в интервале 1650-1590 см−1 наблюдаются колебания, характерные для плоскостных деформационных колебаний групп N-H и $NH_2$, а в интервале 1600-1400 см−1 – колебания, соответствующие ионам $NH_3^+$, $NH_2^+$, $NH^+$.

В ИК-спектре удобрения "Агробентофос" в широкой области 876,33-1058,27 см−1 проявляются колебания, включающие ион $PO_4^{2-}$, а при 1634,07 см−1 появляются колебания, характерные для сульфат-ионов. Полосы поглощения в области 2859,76-3223,20 см−1 соответствуют кристаллизационной воде.

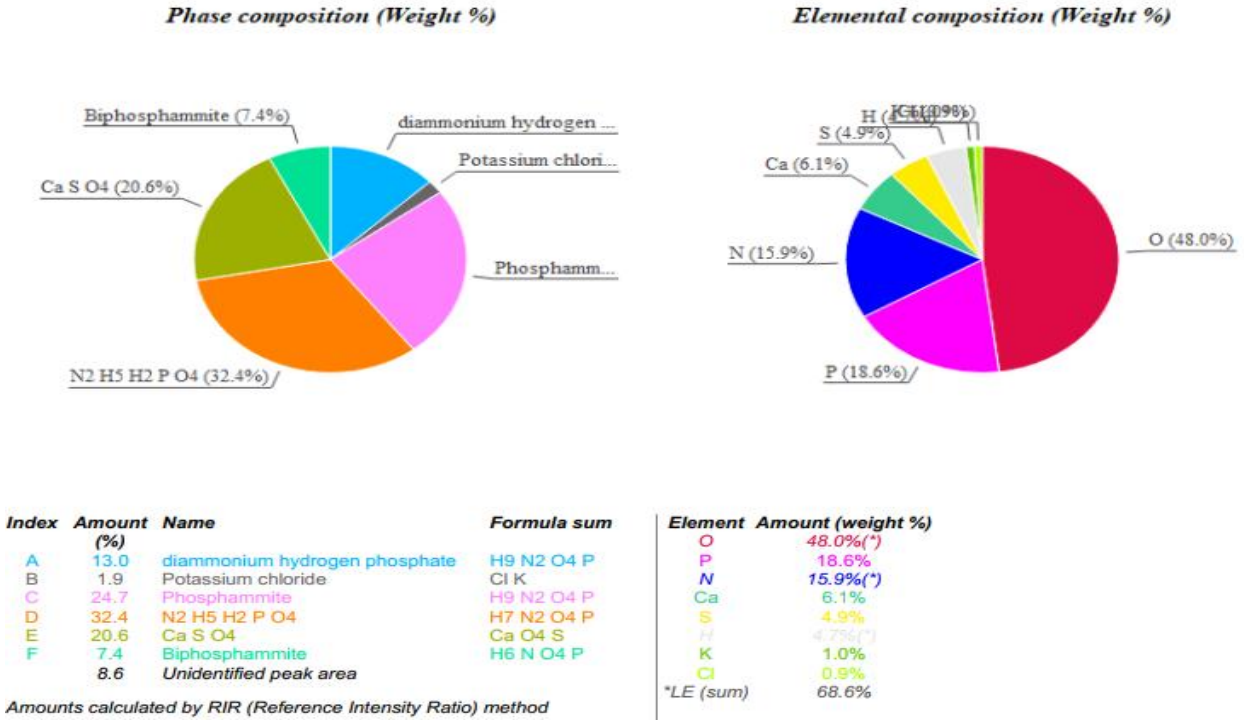



**Рис. 6. Рентгенограммы удобрений Агробентофос**

Кинетика диффузии фосфорного ангидрида из удобрения "Агробентофос" в почвенную среду коренным образом отличается от кинетики традиционного простого суперфосфата. Если простой суперфосфат под воздействием почвенной влаги в течение первых 3–5 суток высвобождает в раствор 82,4% своего активного фосфора, то выделение $P_2O_5$ из состава "Агробентофоса" происходит постепенно и продолжается от 20 до 27 суток.

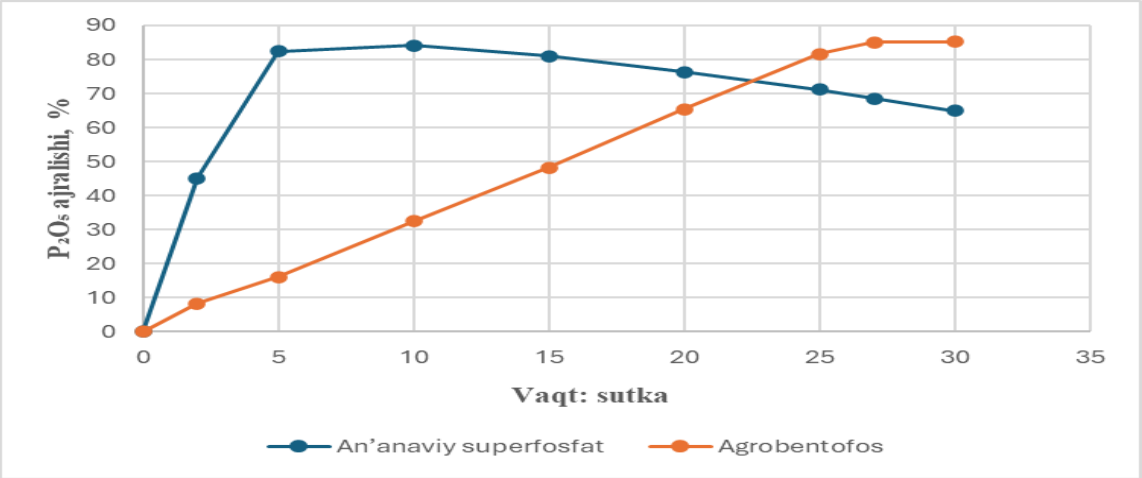



**Рис. 7. Влияние времени на растворимость в воде $P_2O_5$, входящего в состав агробентафоса и традиционного суперфосфатного удобрения.**

Данный процесс замедления объясняется образованием межмолекулярных водородных связей между высокосорбционным каркасом монтмориллонитовых глин и фосфатными группами. В результате степень перехода фосфатных анионов в нерастворимую форму под действием свободных катионов $Ca^{2+}$ и $Al^{3+}$ в почвенной среде снизилась в 1,8–2,2 раза. Это обеспечивает значительное повышение агрохимического коэффициента полезного действия (КПД) $P_2O_5$ в составе удобрения "Агробентофос" по сравнению с традиционными удобрениями, а также безотходное усвоение питательных веществ растением в течение вегетационного периода.

В четвёртой главе диссертационной работы, озаглавленной “**Разработка и апробация принципиальных технологических схем получения удобрения бентофос на основе местных фосфоритов и бентонита”** представлен материальный баланс производства инновационного удобрения "Агробентофос," расчёт материальных потоков процесса получения удобрения "Агробентофос" и технологическая схема производства инновационного удобрения "Агробентофос."

Минеральное удобрение с микроэлементами "Агробентофос" производится на основе различного сырья, богатого микро- и макроэлементами. Бентонит, являющийся сырьём для продукта "Агробентофос," используется в виде порошка с карьера "Ховдак" Джаркурганского района Сурхандарьинской области, где запасы бентонитового сырья составляют 1091 тыс. тонн.

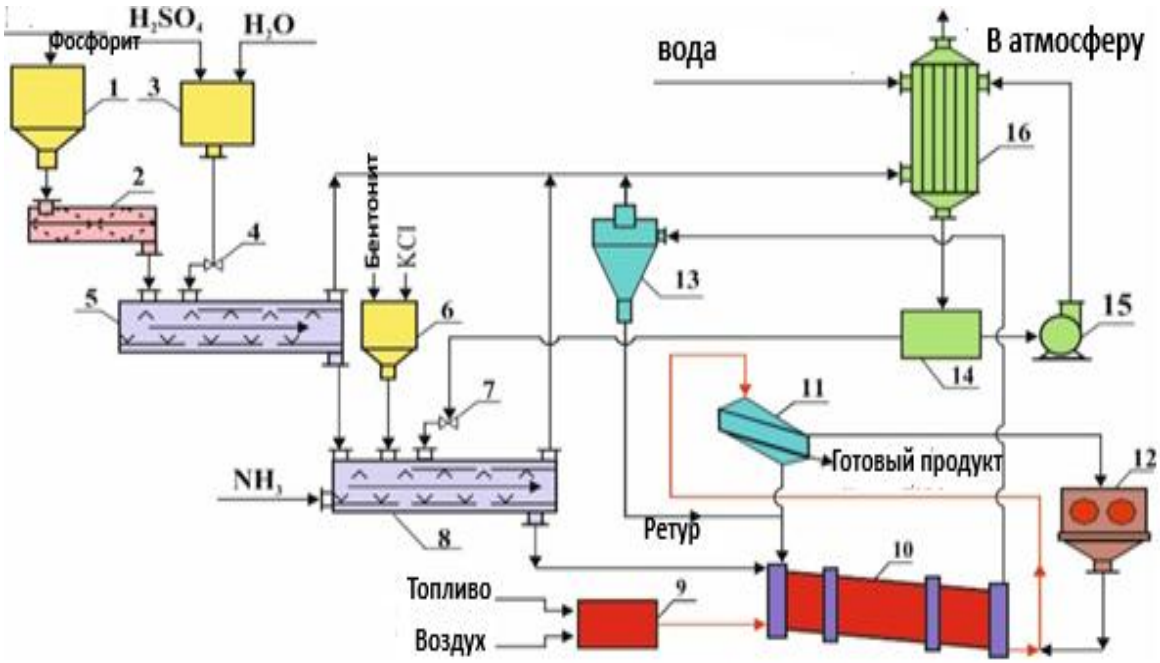



**Рис. 8. Технологическая схема производства инновационного удобрения "Агробентофос."**

1, 6 - бункеры; 2 - питатель; 3 - емкость; 4, 7 - расходомеры; 5, 8 - шнековые мешалки; 9 - топливо; 10 - барабанно-грануляционная сушилка; 11 - классификатор; 12 - дробилка; 13 - циклон; 15 - насос; 14 - скруббер; 16- Абсорбционная башня;

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1.В результате исследований разложения фосфоритного сырья 93%-й концентрированной серной кислотой установлена возможность получения кислого суперфосфата в ангидритном режиме. Определена зависимость температуры процесса разложения от концентрации и нормы кислоты. Показано, что для протекания процесса разложения в ангидритном режиме при температуре не ниже 120°С необходимо использование серной кислоты с концентрацией 93–94% при ее норме не менее 90% от стехиометрии.

2.Изучено влияние концентрации и нормы серной кислоты на двухстадийный процесс разложения местных фосфоритов; обоснована необходимость разложения 70–80% фосфатного сырья на первой стадии 93%-й серной кислотой со 100%-й нормой для получения монокальцийфосфата. Установлено, что оптимальная продолжительность данного процесса составляет 15–20 минут.

3.Исследовано влияние нормы фосфоритного сырья на процесс нейтрализации свободной кислотности кислого суперфосфата, и определено, что оптимальная норма фосфоритов по отношению к свободной фосфорной кислоте составляет 150–200%.

4.Введение бентонитового минерала в кислый суперфосфат осуществлялось в массовом соотношении 100 : 5÷10. Установлено, что при этом прочность гранул суперфосфата возрастает с 1,50 до 3,05–3,72 МПа. В

данных условиях процесс гранулирования протекает без технологических затруднений.

5.Изучено влияние суперфосфатных удобрений с бентонитовой добавкой на влагоудерживающие свойства почвы. В результате установлено, что введение ТОФГ повышает полную влагоемкость почвы на 1,29%. В почвах с добавлением суперфосфата с бентонитовой добавкой скорость испарения воды была на 1,2–8,2% выше по сравнению с контролем. По мере растворения гранул с течением времени интенсивность испарения приближалась к контрольным значениям.

6.За счет адсорбции суперфосфатного удобрения частицами бентонита и его постепенного высвобождения (в течение 20–27 дней) зафиксирован пролонгированный эффект $P_2O_5$, что свидетельствует о более высоком коэффициенте полезного действия $P_2O_5$ в суперфосфате с бентонитовой добавкой по сравнению с традиционными удобрениями.

7. Разработаны принципиальная технологическая схема и материальный баланс производства гранулированного суперфосфата с бентонитовой добавкой из ТОФГ по ангидритном схеме.

8. Технико-экономические расчеты показывают высокую экономическую эффективность производства гранулированного суперфосфата с бентонитовой добавкой по сравнению с традиционными суперфосфатными удобрениями, достигаемую за счет того, что $P_2O_5$, входящий в его состав, не вымывается быстро из почвы и оказывает длительное воздействие, в результате чего повышается коэффициент его полезного действия.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES DSc.03/2025.27.12.T.04.08 AT KARAKALPAK STATE UNIVERSITI**

**TERMEZ STATE UNIVERSITY OF ENGINEERING AND AGROTECHNOLOGIES**

**KHAMIDOV AZIM PANJI O‘G‘LI**

# DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING BENTONITE-CONTAINING SUPERPHOSPHATE FERTILIZERS BASED ON LOCAL RAW MATERIALS

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

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

**Nukus– 2026**

**The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation has been registered with the Higher Attestation Commission under the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan under number B2026.2.PhD/T6668.**

The dissertation has been prepared and completed at Termez State University of Engineering and Agricultural Technology.

The abstract of the dissertation is available in three languages (Uzbek, Russian, and English (summary)) on the official website of the Scientific Council (www.karsu.uz) and the "ZiyoNet" information and educational portal (www.ziyonet.uz)

| | |
|---|---|
| **Research supervisors:** | **Eshkurbanov Furkat Bozorovich**<br>doctor of chemical sciences, professor |
| **Official opponents:** | **Allaniyazov Davran Orazimbetovich**<br>Doctor of Technical Sciences (DSc), Senior Researcher |
| | **Jumanova Miyasar Ortiqovna**<br>Doctor of Technical Sciences, Professor |
| **Leading organization:** | **Navoi State University of Mining and Technologies** |

The defense will take place "14" November 2026 at $14^{00}$ o'clock at the meeting of scientific council No. DSc. 03/2025.27.12.T.04.08 at Karakalpak state university (Address: 230112, Nukus city, Ch.Abdirov street, 1. Tel.: (+99855) 105-60-47 fax: (+99855) 105-60-48.

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Karakalpak state university, (is registered under № 614).Address: 230112, Nukus city, Ch.Abdirov street, 1. Tel.: (+99855) 105-60-47 fax: (+99855) 105-60-48.

The abstract of the dissertation was sent out "31" October 2026 year.
(registru of the mailing protokol № 5 dated "31" October 2026 year)

**A.M.Reymov**
Chairman of the scientific council for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor, academician.

**S.A.Kazakhbaev**
Secretary of the scientific council for awarding scientific degrees, PhD in technical sciences

**Sh.N.Turemuratov**
Chairman of scientific seminar at scientific council on awarding of scientific degrees, doctor of chemical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research:** development of an effective technology for ıing the long-acting innovative phosphorus fertilizer "Agrobentofos," with improved agrochemical properties, based on the decomposition of local phosphorite raw materials in the presence of sulfuric acid and the introduction of a bentonite additive**.**

**The objects of research:** local Guliob phosphorite raw materials, sulfuric acid, Khovdak bentonite, as well as mixed acid slurries and granulated innovative "Agrobentofos" fertilizer obtained on their basis.

**The scientific novelty of the dissertation research:** for the first time, the effect of bentonite additive introduction during the sulfuric acid decomposition of local phosphate raw materials on the rheological properties and decomposition efficiency of the resulting acid slurry was investigated, and the optimal technological parameters were established.

The interaction regularities governing the primary chemical and physicochemical processes occurring within the phosphorite – sulfuric acid – bentonite system were systematically determined.

The contributing factors that enhance the mechanical granule strength and storage stability of the granulated fertilizer were scientifically substantiated.

The mechanisms for controlling the ratio of water-soluble and slow-release (prolonged-effect) forms of phosphorus were identified based on the sorption and ion-exchange characteristics of Hovdak bentonite, enabling the formulation of stable, long-term active phosphorus fractions within the “Agrobentofos” composition.

A comprehensive analysis of the particle size (granulometric) distribution, mechanical structural strength, chemical composition, and agrochemical efficiency of the innovative "Agrobentofos" fertilizer was conducted, definitively proving its capability to improve soil moisture retention and minimize nutrient leaching, which served as the foundation for developing a resource-saving, eco-friendly manufacturing technology and established the scientific basis for its production.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained on the development of an effective technology for obtaining the innovative phosphorus fertilizer "Agrobentofos" with improved agrochemical properties, strengthened granularity, and long-term action, based on the decomposition of local phosphorite raw materials in the presence of sulfuric acid and the introduction of a bentonite additive:

The scientific results obtained on the technology of obtaining the innovative fertilizer "Agrobentofos," obtained by the decomposition of local phosphorite raw materials in the presence of sulfuric acid and the introduction of a bentonite additive, with improved agrochemical properties and strengthened granularity, are included in the "List of promising developments to be implemented in 2026-2027" of JV-JSC "Elektrokimyozavod" (reference No. 26 of JV-JSC "Elektrokimyozavod" dated April 24, 2026). As a result, it became possible to produce innovative phosphorus

fertilizers "Agrobentofos" with a long-term effect, high granularity and increased efficiency.

A technology for obtaining agro-economically effective granular "Agrobentophos" fertilizer, containing slow-acting and stable forms of phosphorus along with water-soluble forms, by introducing a bentonite additive during the processing of phosphorites in the presence of sulfuric acid, has been developed and recommended for practical implementation (Certificate No. 26 of JV-JSC "Elektrokimyozavod" dated April 24, 2026). As a result, it is possible to produce innovative phosphorus fertilizers with long-term effect, suitable for use in various soils and during the growing season of plants.

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

**E’lon qilingan ilmiy ishlar ro‘yxati.**
**СПИСОК ОПУБЛИКАВАННЫХ РАБОТ**
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo‘lim; (I часть; part I)**

1. Hamidov.A.P, Eshqurbonov F.B, Ashurova A.A. Mahalliy xomashyolardan “agrobentofos” innovatsion o‘g’itini ishlab chiqarish. “QarDU” ilmiy xabarnomasi –Qarshi, 2025. –B.64-68.
https://qarshidu.uz/source/ilmiy%202025/3-son-Aniq-fanlar.pdf

2. Hamidov.A.P, Eshqurbonov F.B, Production of Bentonite-Enriched Superphosphate Fertilizer Based on Uzbekistan Phosphorites and Bentonite Raw Materials. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology 2025 vol.12, Issue 7. -B.691-696.
https://www.ijarset.com/upload/2025/july/15-sherzod-08.pdf

3. Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B, Qarshiyev N.X. The effect of the innovative fertilizer "agrobentofos" on the agrochemical properties of saline soils in certain areas of nukus district. Science and Education in Karakalpakstan. №4/2 ISSN 2181-9203 –Nukus, 2024. –B.98-103.
https://drive.google.com/file/d/1Jl3fySc8jGI6Xe79dBU-n9j3FZ92SoLz/view

4. Hamidov.A.P, Eshqurbonov F.B, Mo‘ynoq tumani “tik-o‘zek” massivi hududi sug’oriladigan tuproqlarining ozuqa elementlar bilan ta’minlanganlik darajasini tadqiq qilish. Agro ilm – O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi jurnali №1-Toshkent-2025.-B.116-118.
https://arm.ssuv.uz/journal/pdf_696f0b605a8c5.pdf

5. Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B, Qarshiyev N.X. Technology for producing the innovative fertilizer "agrobentofos" from local raw materials. Science and Education in Karakalpakstan. №4/2 ISSN 2181-9203 –Nukus, 2025. –B.366-370.
https://drive.google.com/file/d/1A4RIvEmL7LIPK4XW9R4hWQ6SGsllXPek/view

6. Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B, Xovdag bentonitining sanoatdagi ahamiyati va fizik-kimyoviy tahlili. Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali Namangan-2024.-B 149-153.
https://cyberleninka.ru/article/n/xovdag-bentonitining-sanoatdagi-ahamiyati-va-fizik-kimyoviy-tahlili

7. Hamidov A.P, Ro‘zmamatova M.U. Xovdag bentoniti asosida yangi turdagi innovatsion o‘g’it ishlab chiqarish texnologiyasi. Multidisciplinary Journal of Science and Technology Volume-5, Issue-3. 2024-yil 298-301-betlar.

**https://www.mjstjournal.com/index.php/mjst/article/view/2885/7385**

8. Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B. Tabiiy guliob fosforit xomashyosining kimyoviy tarkibini aniqlash usullari. FarDU. Ilmiy xabarlar. -OAK, 10.56292/SJFSU/vol30_issn 2181-1571 2024-yil 64-68-betlar.

**https://journal.fdu.uz/api/public/articles/2135/pdf?journal_slug=main**

**II bo‘lim; (II часть; part II)**

9. Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B, Ro‘zmamatova M.U. Gulobod fosfaritlar asosida olingan ekstraksion fosfat kislotasini bug'latish yo'li orqali konsentrlash. Kimyo ta’limi, fan va ishlab chiqarish integratsiyalari. -Xalqaro anjuman, 22-may 2024-yil. Qo‘qon shahri, 255-257-betlar.

**https://zenodo.org/records/21280525**

10.Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B. Innovatsion bentonitli o’g’it xususiyatlari va ishlab chiqarish. Kimyo ta’limi, fan va ishlab chiqarish integratsiyalari. Xalqaro anjuman. 22-may 2024-yil. Qo‘qon shahri, 220-223-betlar.

**https://zenodo.org/records/21280543**

11.Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B., Ismoilova H.A., Zikirov H.A. Physicochemical analysis of local khovdak bentonite mineral. Scientific solution to modern scientific problems» 10-Sentabr 2026-yil. Canada, 103-106-betlar.

https://adevos.uz/physicochemical-analysis-of-local-khovdak-bentonite-mineral/

12.Hamidov A.P, Saburov Sh.U., Eshqurbonov F.B., Abdullayeva R.I Gibrid meliorantlar ta’sirida tuproq biokimyoviy faolligining ortishi va kuzgi bug‘doyning (grom navi) boshlang‘ich vegetatsiyasidagi biostimulyatorlik samarasi. Orolbo‘yi hududida iqlim o‘zgarishi va suv tanqisligi sharoitida qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning innovatsion texnika va texnologiyalari mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik konferensiyasi. 12-mart 2026-yil. Nukus shahri, 1119-1122-betlar.

https://tdaunukus.uz/uz/ozbekcha-yosh-olimlar-maktabi

13. Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B. Bentonit qo‘shimchali oddiy superfosfat - agrobentofos” innovatsion o‘g‘itini olish texnologiyasi. Respublika janubida geologiya, kon-metallurgiya va neft-gaz sohalarining istiqbollari” xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik anjumani. 22-23-noyabr 2024-yil. Termiz shahri, 630-632-betlar.

https://zenodo.org/records/21280302

14. Hamidov A.P, Eshqurbonov F.B. Mahalliy xomashyolar asosida yangi turdagi superfosfat ishlab chiqarish jarayoni. Respublika janubida geologiya, kon-metallurgiya va neft-gaz sohalarining istiqbollari” xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik anjumani. 22-23-noyabr 2024-yil. Termiz shahri, 632-634-betlar.

https://zenodo.org/records/21280567

Avtoreferat «Qoraqalpoq davlat universitetining Axborotnomasi» jurnalida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi. (30.10.2026 yil)

Basıwǵa ruqsat berilgen waqtı 30.10.2026 j. Format – 60/84 $^{1}/_{16}$.
"Times" garnituraları. Ofset usılında basıldı. Kólemi 3 b.t.
Nusqası 60 dana. Buyırtpa №159-26/K
«Miraziz Nukus» JShJ baspaxanasında basıldı
Özbekstan Respublikası baspa sóz hám xabar agentliginiń
2018-jıl 16-maydağı № 11–3059 licenziyası.