

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

MAXKAMOVA DILNOZA NE'MATJON QIZI

RUXLI NPK-O'G'ITLAR TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH

02.00.13 – Noorganik modalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy (PhD)

Maxkamova Dilnoza Ne‘matjon qizi

Ruxli NPK-o‘g‘itlar texnologiyasini ishlab chiqish 3

Махкамова Дилноза Неъматжон кизи

Разработка технологии цинксодержащих NPK-удобрений..... 21

Makhkamova Dilnoza

Development of technology for zinc-containing NPK-fertilizers..... 41

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works 45

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

MAXKAMOVA DILNOZA NE'MATJON QIZI

RUXLI NPK-O'G'ITLAR TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH

02.00.13 – Noorganik modalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4585 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Namangan davlat texnika universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar:

Turayev Zokirjon

texnika fanlari doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Sultonov Boxodir Elbekovich

texnika fanlari doktori, professor

Xamdamova Shoxida Sherzodovna

texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Termiz davlat universiteti

Dissertatsiya himoyasi Namangan davlat texnika universiteti huzuridagi DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 raqamli Ilmiy kengashning «2» avgust 2025 yil soat 10⁰⁰ daqi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 160103, Namangan sh., Kosonsoy ko‘chasi 7. Tel.: (+99869) 228-76-75, faks: (+99869) 234-14-85, e-mail: info@namdtu.uz), Namangan davlat texnika universiteti, 6-bino, 1-qavat, Ilmiy kengash xonasi, 303- xona.

Dissertatsiya bilan Namangan davlat texnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 37 raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 160103, Namangan sh., Kosonsoy ko‘chasi 7. Tel.: (+99869) 228-76-75, Faks: (+99869) 234-14-85).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «14» iyul kuni tarqatildi.

(2025 yil «14» iyuldagi 7-raqamli reestr bayonnomasi).

O.K. Ergashev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, k.f.d., professor

O.T. Mallabayev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi, k.f.f.d., dotsent

D.Sh. Sherquziyev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Butun dunyoda qishloq xo‘jaligi uchun chuchuk suvlarning yetishmasligi, foydalanish uchun yaroqli yerlarning qisqarishi va sayyoramiz aholisining ko‘payishi natijasida oziq-ovqat ta‘minoti yomonlashmoqda. Tuproqqa ishlov berishning eng ilg‘or texnologiyalarini joriy etish, qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligini oshirish, oziq-ovqat xavfsizligini ta‘minlash, o‘simliklarni o‘stirishning suvni tejaydigan usullarini qo‘llash, qishloq xo‘jaligi ekinlarining serhosil navlarini yaratish, o‘simliklarning kasalliklarga va tashqi ta‘sirga chidamliligini oshiruvchi mineral va organomineral o‘g‘itlarni, o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanishi stimulyatorlari, mikroelementlarni qo‘llash, bu muammoni hal qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Dunyoda bugungi kunda, qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligini yanada oshirish maqsadida nafaqat azot, fosfor va kaliy tutgan, balki o‘simlikning normal o‘sishi hamda rivojlanishida muhim ahamiyat kasb etadigan, marganes, mis, rux, kobalt, bor, molibden tarkibli o‘g‘itlar olish bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada azot-fosfor-kaliyli mikroo‘g‘itlar olishning samarali usullarini ishlab chiqishda bir qator ilmiy yechimlarni jumladan, mikroelement tuzlari, ishlatilgan katalizatorlar, rangli metallurgianing oraliq mahsulotlari va chiqindilarini o‘g‘itlar ishlab chiqarish sharoitidagi holatlarini hamda ularni tayyor mahsulotning fizik-kimyoviy xususiyatlariga ta‘sirini asoslash va mikroelementli xomashyolardan foydalangan holda, azot-fosfor-kaliyli mikroo‘g‘itlar ishlab chiqarish texnologiyasini yaratishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Respublikamiz kimyo sanoatida modernizatsiya, takomillashtirish va yangi korxonalar qurish, xomashyo bazasini mahalliyashtirish, import o‘rnini bosuvchi mahsulotlarning yangi turlarini ishlab chiqarish hamda ularning hajmini oshirish bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar hayotga tatbiq etilib, muayyan ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonni Taraqqiyot strategiyasining uchinchi yo‘nalishida “...milliy iqtisodiyot barqarorligini ta‘minlashga qaratilgan sanoat siyosatini amalga oshirishni davom ettirish, yalpi ishlab chiqarishda sanoatning ulushini oshirish hamda ichki mahsulot ishlab chiqarish va sanoat ishlab chiqarish hajmini 1,4 barobar oshirish...”¹ kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada tarkibida mikroelementlar bo‘lgan NPK-o‘g‘itlarini ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish, ularni nafaqat tuzlar, balki tarkibida mikroelementlar bo‘lgan rangli, qora metallurgiya va boshqa sanoat korxonalari chiqindilarini ham ishlab chiqarishga jalb etish muhim ahamiyatga ega.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli “Yangi O‘zbekistonni 2022-2026 yillarda rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni hamda 2019 yil 3 apreldagi PQ-4265 sonli “Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va investitsiya jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, 2020 yil 28 dekabrda PQ-4937 sonli “O‘zbekiston Respublikasining 2021-2023

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

yillarga mo'ljallangan investitsiya dasturini amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi va 2021 yil 13 fevraldagi PQ-4992 sonli "Kimyo sanoati korxonalarini yanada isloh qilish va moliyaviy sog'lomlashtirish, yuqori qo'shimcha qiymatga ega kimyo mahsulotlari ishlab chiqarishni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarorlari, shuningdek mazkur faoliyatga tegishli me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlantirishi ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. "Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar" ustuvor yo'nalishiga muvofiq holda bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Turli tuzlar va mikroelementli sanoat chiqindilaridan mikroelementli o'g'itlar ishlab chiqarish bo'yicha Nabiyeu M. N., Fedyushkin B.F., Tuxtayev S., Osichkina R.G., Katalimov M.V., Potatuyeva Yu.A., Shegrov L.N., Usmanov I.I., Turayev Z. va boshqalar tadqiqotlar olib borganlar. Katalimova M. V., Peyve Ya.V., Anspok P. I., Bortels H., Viets Ye. G., Potatuyeva Yu.A., Shegrov L. N. ning tadqiqotlari, asosan mikroelementlarning turli birikmalarini olish, ularning xossalari o'rganish, tuproqqa qo'llash uchun mikroelementlarni kiritish normalari belgilash, tuproqqa kiritish uchun mikroelementlardan foydalanish normalari belgilash urug'larga ekishdan oldin ishlov berish, o'simliklarni ildizdan tashqari oziqlantirish, ularning turli ekinlar va tuproq turlari uchun ishlatilishi, mikroelementlarning xomashyo bazasini kengaytirishga qaratilgan.

Agrokimyoviy nuqtai nazardan, mikroelementlarning tuzlarini asosiy o'g'itlar bilan aralashtirishning ishlab chiqilgan usullari tuproqda notekis taqsimlanganligi sababli ularning samaradorligini ko'rsatmaydi. Shu munosabat bilan mineral o'g'itlar tarkibiy qismlarini o'z ichiga olgan murakkab tizimlardagi turli turdagi mikroelementlarning holatlarini, ularning murakkab o'g'itlar tarkibidagi holatini o'rganish, tarkibida mikroelementlar bo'lgan yangi turdagi o'g'itlarni ishlab chiqarish bo'yicha fundamental va amaliy tadqiqotlarni kengaytirish kerak bo'ladi.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqotlari Namangan davlat texnika universitetining ilmiy-tadqiqot rejasiga muvofiq AL-692205622 "Qoratog' fosforitlarini boyitishda hosil bo'lgan texnogen chiqindilarni qayta ishlash va sho'rlangan tuproqlarda foydalanish uchun azotli-kalsiyli suyuq o'g'itlar ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish" mavzusidagi (2023-2025 yy.) loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi rux sulfat va qora metallurgiya chiqindilaridan foydalangan holda rux mikroelementini o'z ichiga olgan murakkab NPK-o'g'itlarining fizik-kimyoviy asoslari va texnologiyalarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

sulfat, fosfat kislotalari va ammiak eritmalari yordamida qora metallurgiya chiqindilaridan ruxni ajratib olish darajasiga texnologik ko'rsatkichlarning ta'sirini o'rganish;

fosfat kislotasi eritmalarining pH ning ruxning holatiga ta'sirini o'rganish;
suyultirilgan suvli eritmalarda rux sulfatning NPK-o'g'itlarining asosiy komponentlari bilan o'zaro ta'sirini o'rganish;

rux sulfat va NPK-o'g'itlarining asosiy tarkibiy qismlarini o'z ichiga olgan tizimlarda qattiq fazalar mavjudligi va ruxning minimal eruvchanligi uchun konsentratsiya hamda harorat chegaralarini belgilash;

NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarish va qo'llash sharoitida rux mikroelementining holatlarini o'rganish;

ruxli NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarishning texnologik sxemalarini, materiallar oqimi sxemalarini va material balansini ishlab chiqish;

ruxni o'z ichiga olgan NPK-o'g'itlari uchun ishlab chiqilgan texnologiyalarni tajriba va sanoat sharoitida sinovdan o'tkazish;

ruxli NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarish va ulardan foydalanishning iqtisodiy va agrokimyoviy samaradorligini baholash;

Tadqiqotning ob'ekti sifatida murakkab NPK-o'g'itlari va ularning asosiy komponentlari, ekstraksion va termik fosfor kislotalari, sulfat kislotasi, gazsimon ammiak va ammoniy tuzlari, rux sulfat, qora metallurgiya chiqindilari olingan.

Tadqiqotning predmetini rux tutgan murakkab NPK-o'g'itlari va ularning tarkibiy qismlari texnologiyasi, qora metallurgiya chiqindilaridan mikroelementlarni ajratib olish jarayonlari tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya tadqiqoti natijalarini tahlil qilishda kimyoviy (fotokolorimetrik, titrimetrik, kompleksometrik) va fizik-kimyoviy – differensial termogravimetriya (DTA), energetik – dispersion spektroskopiyasi (EDS), infraqizil spektroskopiyasi (IK), kukunli rentgen difraktometriya usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ammiak, sulfat va fosfor kislotalari eritmalaridan foydalangan holda qora metallurgiya chiqindilaridan ruxni ajratib olishning maqbul texnologik ko'rsatkichlari aniqlangan;

NPK o'g'itlarining asosiy komponentlari va rux sulfatning suyultirilgan eritmalarida eritmalarining fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari komponentlar o'rtasida o'zaro ta'sirning paydo bo'lishini ko'rsatuvchi ekstremal qiymatlarni olishi isbotlangan;

NPK o'g'itlarining asosiy tarkibiy qismlarining suvli eritmalarida va tarkibida rux bo'lgan NPK o'g'itlarining eritmalarida kam eriydigan rux birikmalarini hosil qilish uchun harorat va konsentratsiya aniqlangan;

suvli eritmalaridagi rux sulfat NPK-o'g'itlarining asosiy komponentlari kaliy nitrat, ammoniy sulfat va ammoniy nitrat bilan o'zaro ta'sir qilib, suvli muhitda eruvchanligi past bo'lgan $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$, $(NH_4)_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$, $NH_4NO_3 \cdot ZnSO_4 \cdot 3H_2O$ birikmalarini hosil qilishi asoslangan;

rux sulfatning NPK-o'g'itlari komponentlari bilan o'zaro ta'sirida hosil bo'lgan birikmalar ajratilgan va ularning tarkibi kimyoviy va fizik-kimyoviy tahlil usullari bilan identifikatsiyalangan;

rux sulfatning diammoniy fosfat bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'lgan ruxli birikmasi – rux monoakvaamin gidrofosfatning tuzilishi aniqlangan;

NPK o'g'itlarining to'yingan eritmalarida suvda eruvchan rux miqdorining kontsentratsiyasi aniqlangan;

o'simliklar tomonidan eruvchan va o'zlashtiriladigan shaklda rux bo'lgan NPK o'g'itlarini ishlab chiqarishning texnologik sxemalari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

ruxni ammiak, sulfat va fosfor kislotalari eritmaları bilan ajratib olish yo'li bilan qora metallurgiya chiqindilarini o'g'itlar ishlab chiqarishga jalb etish imkoniyati aniqlangan;

qora metallurgiya chiqindilaridan ruxli eritmalar olish uchun texnik yechimlar ishlab chiqilgan;

tuproqqa asosiy qo'llash va va o'simliklarni ildizdan tashqari oziqlantirish va tomchilatib sug'orishda foydalanish uchun tarkibida rux bo'lgan NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarishning texnologik sxemasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Kimyoviy va fizik-kimyoviy tadqiqotlar natijalari ishlab chiqilgan texnologiyalarni tajriba – sanoat va sanoat sharoitlarida sinovdan o'tkazishda tasdiqlangan. Qo'lga kiritilgan amaliy natijalar "Ifoda agrokimyo himoya" MChJ QK ning laboratoriya hamda ishlab chiqarish sharoitlarida amalga oshirilganligi sinov dalolatnomalari bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati, NPK – o'g'itlari eritmaları va NPK o'g'itlarining asosiy komponentlari eritmalaridagi ruxning kontsentratsiyasi va haroratga bog'liqligini aniqlashdan iborat bo'lib, ular rux sulfat va ruxli metallurgiya chiqindilaridan foydalangan holda mikro o'g'itlarni olishda suvda eruvchan va o'simliklar o'zlashtiradigan shaklda bo'lishligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati qora metallurgiya chiqindilaridan ruxni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish, ruxli murakkab NPK – o'g'itlarini olish, shuningdek, ishlab chiqilgan texnologiyani sanoat sharoitida sinab ko'rish uchun o'g'itlarning tajriba – sanoat partiyalarini yaratish hamda qishloq xo'jaligida qo'llashga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining amaliyotga tadbiqu. Sanoat chiqindilaridan ruxni ajratib olish va uning asosida ruxli NPK – o'g'itlar texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda olingan ilmiy natijalar asosida:

"O'zmetkombinat" AJ (Bekobod) elektr po'lat eritish sexining siklonlari changidan ruxni ajratib olish texnologiyasi "Ifoda agrokimyo himoya" MChJ QK ning 2025-2028 yillarga mo'ljallangan istiqbolli ishlanmalari ro'yxatiga kiritilgan ("Ifoda agrokimyo himoya" MChJ QKning 2024 yil 13 sentabrdagi 852-sonli ma'lumotnomasi). Natijada "O'zmetkombinat" AJ elektr po'lat eritish sexining siklon changidan tarkibida rux bo'lgan eritmalar olish imkonini bergan;

"O'zmetkombinat" aksiyadorlik jamiyati (Bekobod) elektr po'lat eritish sexining siklon chiqindilaridan foydalanib, tarkibida rux bo'lgan NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarish texnologiyasi "Ifoda agrokimyo himoya" MChJ QK ning 2025-2028 yillarga mo'ljallangan istiqbolli ishlanmalari ro'yxatiga kiritilgan ("Ifoda agrokimyo himoya" MChJ QKning 2024 yil 13 sentabrdagi 852-sonli ma'lumotnomasi). Natijada tuproqqa asosiy qo'llash uchun ruxli NPK – o'g'itlarini olish imkoniyati yaratilgan.

Tadqiqot natijalarini aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 10 ta konferensiyalarda, jumladan 1 ta Scopus ro'yhatida indekslangan jurnalda, 7 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy – amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarini e'lon etilishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 16 ta ilmiy ishlar, shu jumladan, 6 ta ilmiy maqola, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan 4 ta respublika va 2 ta xorijiy jurnalda chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bobdan, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 119 betni tashkil qiladi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida ilmiy tadqiqot ishining dolzarbligi va muhimligi asoslangan, maqsad va vazifalari, ob'ekti va predmeti aniqlangan, O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Mikroelementli mineral o'g'itlarni ishlab chiqarish va ulardan foydalanishning hozirgi holati”** nomli birinchi bobida mikroelementlarning o'simliklar hayotidagi o'rni, ularning tuproqdagi tarkibi, mikroelementli oddiy va murakkab mineral o'g'itlarning asosiy komponentlari bilan o'zaro ta'siri va ularni ishlab chiqarish usullari yoritilgan. Mikroelementli mineral o'g'itlarni ishlab chiqarish va ulardan foydalanish holatini, adabiy materialni tanqidiy tahlil qilish asosida tadqiqotning maqsad va vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiyaning **“Xomashyo tavsifi va tajriba namunalarining fizik-kimyoviy tadqiqot usullari”** nomli ikkinchi bobida rux mikroelementli dastlabki xomashyoning xossalari, qo'llaniladigan kislotalar va kimyoviy moddalar, shuningdek, kimyoviy va fizik-kimyoviy tadqiqotlar usullariga bag'ishlangan.

Dissertatsiyaning **“Tarkibida rux bo'lgan NPK o'g'itlarini olish jarayonlarini o'rganish”** uchinchi bobi “O'zmetkombinat” (Bekobod) elektr po'lat eritish sexining siklon changidan ruxni ajratib olishga, rux sulfatning NPK-o'g'itlarining asosiy tarkibiy qismlari bo'lgan kaliy xlorid, kaliy nitrat, ammoniy sulfat, ammoniy nitrat, monoammoniy fosfatlar bilan uch komponentli suvli eritmalarida qattiq fazalar mavjudligining konsentratsion va harorat diapazonlarini o'rganishga bag'ishlangan.

Ruxli NPK – o'g'itlarini ishlab chiqarish uchun mikroelementli xomashyoning mumkin bo'lgan manbai sifatida “O'zmetkombinat» AJ (Bekobod) metallurgiya zavodining elektr po'lat eritish sexidan olingan siklon changidan

foydalanildi (ogʻ., %): 17,8% ZnO, 40,6% Fe₂O₃, 4,34% CaO, 4,01% SiO₂, 2,21% K₂O, 1,87% MnO, 1,42% SO₃, 1,15% PbO.

Ammiak, sulfat va ekstraksion fosfat kislotalari eritmalaridan foydalangan holda, elektr poʻlat eritish sexining changidan ruxni ajratib olish darajasiga texnologik koʻrsatkichlarning taʼsiri oʻrganildi.

Ruxni ajratib olish uchun ammiakli suvda ammoniy xlorid, sulfat va karbonatning aralash eritmaları ishlatilgan.

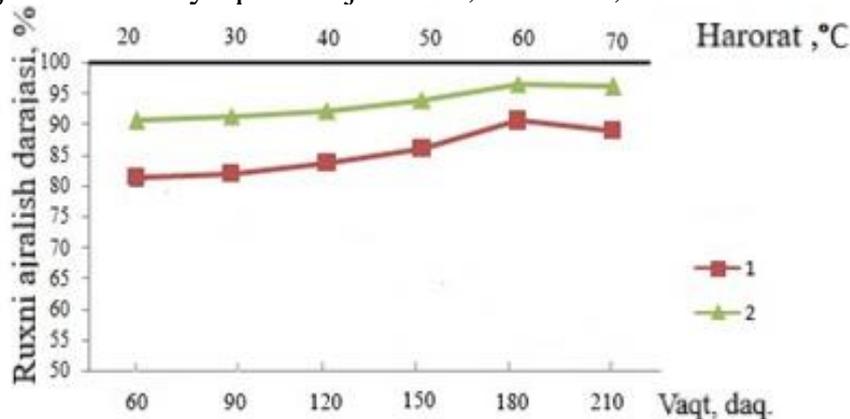
1-jadvalda ammoniy xlorid, ammoniy sulfat, ammoniy xlorid va ammiak aralashmalari, ammoniy sulfat va ammiak, ammoniy karbonat va ammiakning xona harorati, Q:S=1:5 va ajratib olish davomiyligi 60 daqiqada rux va temirning ushbu eritmalariga ajratib olinishi darajasiga taʼsiri koʻrsatilgan.

1-jadval

Ajratib olish eritmalarining rux va temirni ajratib olinish darajasiga taʼsiri

Ajratib olish eritmasi	Ruxning ajralib chiqish darajasi, %	Temirning ajralib chiqish darajasi, %	Tadqiqot shartlari
NH ₃ va NH ₄ ⁺ nisbatining taʼsiri			
3M NH ₄ Cl	56,4	7,9	Harorat 20°C, Q:S = 1:5, davomiylik 60 daqiqa
1,5M NH ₃ :1,5M NH ₄ Cl	72,8	5,9	
1,5M NH ₃ :0,75 (NH ₄) ₂ SO ₄	57,7	8,2	
1,5M NH ₃ :0,75M (NH ₄) ₂ CO ₃	72,3	6,1	
1,5M (NH ₄) ₂ SO ₄	43,6	11,4	

Jadvaldan koʻrinib turibdiki, ammoniy xlorid va ammiak, shuningdek, ammoniy karbonat hamda ammiak aralashmasidan foydalanilganda, mos ravishda ruxning ajratib olishni yuqori natijalari 72,8% va 72,3% ni tashkil etishi kuzatiladi.



NH₃:NH₄Cl ning eng maqbul nisbatini aniqlash uchun 2,5M:2,5M, 3M:3M va 3,5M:3,5M nisbatlari qoʻshimcha ravishda oʻrganildi hamda ajralish darajasi boʻyicha eng yaxshi natijalarga 3M:3M nisbatda erishilishi aniqlandi, shuningdek, bu rux

1-rasm. Ruxni ajratib olish darajasiga texnologik koʻrsatkichlarning taʼsiri: 1 – harorat; 2 – oʻzaro taʼsir davomiyligi

uchun 80,9%, temir uchun 7,9% ni tashkil qiladi.

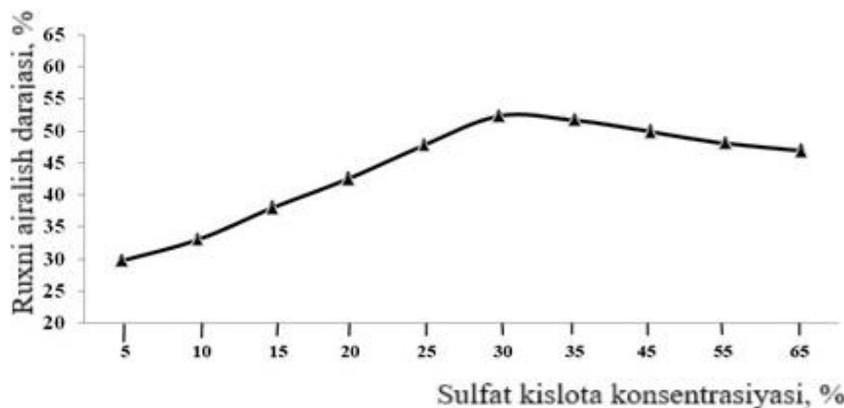
1-rasmda harorat va jarayon davomiyligining ruxni ajratib olish darajasiga taʼsiri natijalari koʻrsatilgan.

Harorat ruxni ajratib olish darajasiga sezilarli taʼsir koʻrsatmaydi. Shunday qilib, Q:S=1:5 va 60 daqiqa davom etadigan jarayon bilan haroratni 20°C dan 70°C

ga oshirish rux ajratib olish darajasini 81,2% dan 89,5% gacha oshiradi, temirni ajratib olish darajasi 7,9% dan 3,9% gacha kamayadi. Xuddi shu ko'rsatkichlarda yuvish jarayonining davomiyligi ruxni ajratib olish darajasining biroz oshishiga yordam beradi, jarayonning davomiyligi 60 daqiqadan 210 daqiqaga o'zgarganda, bu kattalik 90,6% dan 94,8% gacha ortadi. Temirni ajratib olish darajasi 3,8% dan 2,7% gacha kamayadi.

“O'zmetkombinat” AJ (Bekobod) elektr po'lat eritish sexining siklon changidan ruxni sulfat, termik va ekstraksiyon fosfat kislotalari bilan ajratib olishda konsentratsiya, Q:S nisbati, o'zaro ta'sir muddati va haroratning ta'siri Q:S=1:5, harorat 20-22°C va o'zaro ta'sir davomiyligi 30 daqiqada o'rganildi (2-rasm).

Sulfat kislota konsentratsiyasining 5% dan 30% gacha ko'tarilishi bilan eritmada ruxning ajralish darajasi oshadi. 5% konsentratsiyada ajralish darajasi 29,8% ni tashkil qiladi, 10, 15, 20, 25 va 30% konsent-

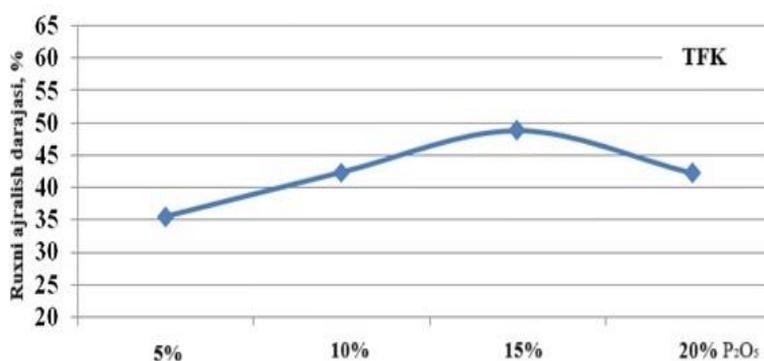


2-rasm. Sulfat kislota konsentratsiyasining ruxni ajralish darajasiga ta'siri (Q:S=1:5, 20-22°C)

ratsiyalarda esa mos ravishda 33,1; 37,8; 42,5; 47,8 va 52,3% gacha ko'tariladi. Sulfat kislota konsentratsiyasining 35% dan 65% gacha oshishi bilan ruxning eritmaga o'tish darajasi 52,3 dan 46,8% gacha kamayadi. Bu sulfat kislota konsentratsiyasining oshishi natijasida $ZnSO_4$ eruvchanligining pasayishi bilan izohlanadi.

Q:S nisbatining 30% konsentrlangan sulfat kislota eritmasida siklon changidan ruxni ajratib olish darajasiga ta'siri 30 daqiqalik ta'sir qilish muddati, 20-22°C harorat va n=200 ayl./daqiqaga teng bo'lgan aylanish tezligida o'rganildi. Suyuq fazaning Q:S=1:5 dan Q:S=1:10 gacha ko'tarilishi bilan ruxni ajratib olish darajasi 52,3% dan 58,9% gacha, temir esa 1,35% dan 1,09% gacha kamayadi. Ekstraksiya davomiyligini Q:S=1:10 da 30 daqiqadan 120 daqiqagacha oshirish, 20°C haroratda ruxni ajralish darajasini 58,9% dan 61,9% gacha oshiradi va temirning eritmaga ajralish darajasiga deyarli ta'sir qilmaydi, bu 1,09-1,01% qiymatni tashkil etadi.

Termik (5%, 10%, 15%, 17%, 20% P_2O_5) va ekstraksiyon fosfat (5%, 10%, 15%, 18,95% P_2O_5) kislotalar yordamida siklon changidan ruxni ajratib olish bo'yicha tadqiqotlar olib borildi. P_2O_5 da kislota konsentratsiyasining 5 dan 15% gacha oshishi bilan ruxning TFK eritmasiga o'tish darajasi oshadi. 5% konsentratsiyada ajralish darajasi 35,48% ni tashkil qiladi, 15% P_2O_5 konsentratsiyada 48,9% gacha ko'tariladi. 20% P_2O_5 termik fosfat kislota konsentratsiyasining yanada ortishi ruxni ajralish darajasini 42,32% ga kamaytiradi (3-rasm).



3-rasm. Termik fosfat kislotasi konsentratsiyasining ruxni ajratib olish darajasiga ta'siri

42,7% dan 75,7% gacha ortishini ko'rsatdi (4-rasm).

Haroratning 20°C dan 60°C gacha keskin ko'tarilishi bilan ekstraksiya fosfat kislotasi eritmasiga rux ajratib olish darajasi 57,1% dan 73,8% ga ortganligini ko'rsatdi. Bundan tashqari, 60°C dan yuqori haroratlarda eritmaga ruxning ajralishi kamayadi. O'zaro ta'sir qilish muddati ruxning changdan ajralib chiqish darajasiga sezilarli darajada ta'sir qiladi. O'zaro ta'sir qilish davomiyligi 30 daqiqadan 60 daqiqagacha o'zgarganda, ekstraksiya fosfat kislotasi eritmasiga ruxni ajratib olish darajasi 73,8% dan 81,9% gacha oshadi. Jarayonning davomiyligi 90 daqiqagacha oshganda, ruxni ajratib olish darajasi pasayadi.

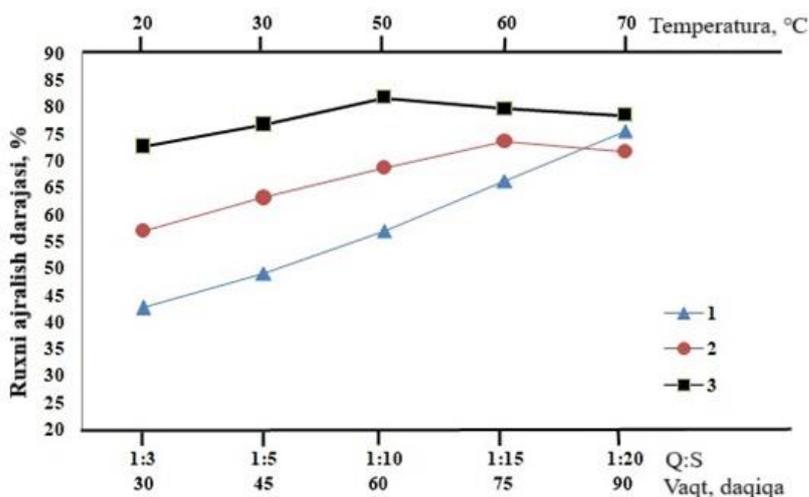
EFK eritmasida ruxni ajralishining TFKga qaraganda yuqori darajasi EFKda 2,96% gacha sulfat kislotasi mavjudligi bilan izohlanadi.

Rux sulfatning NPK-o'g'itlarining asosiy komponentlari bilan mumkin bo'lgan o'zaro ta'sirini aniqlash uchun, rux sulfatning 0,01 M eritmalarining kaliy xlorid, kaliy sulfat, ammoniy sulfat, ammoniy nitrat va monoammoniy fosfat bilan fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'zgarishi, ularning molyar nisbatiga bog'liq ravishda izomolyar ketma-ketlik usulida o'rganildi. Ma'lum molyar nisbatlarda zichlik, qovushqoqlik, pH, nur sindirish ko'rsatkichi va kristallanish harorati ko'rsatkichlari ushbu nisbatlarda aralashma eritmasi tarkibining o'zgarishini ko'rsatadigan sinish nuqtalariga ega ekanligi aniqlandi.

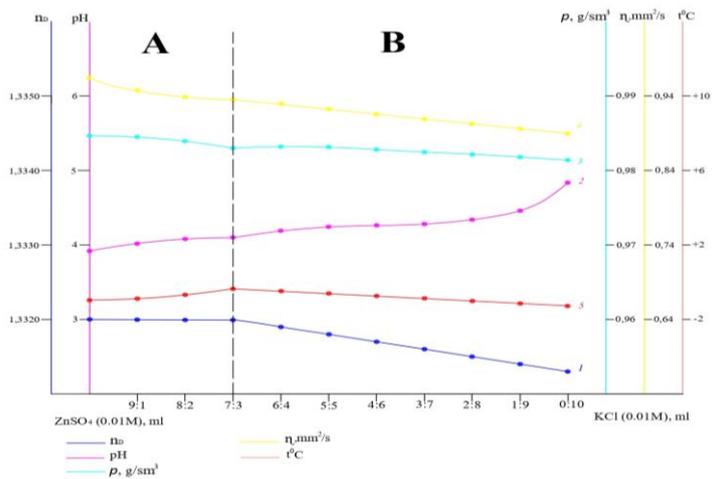
Rux sulfat va NPK-o'g'itlarining tarkibiy qismlarini o'z ichiga olgan tizimlarda qattiq fazalarni hosil qilish va konsentratsiya hamda harorat diapazonlarini aniqlash uchun vizual-politermik usul orqali uch komponentli tizimlarda eruvchanlik o'rganildi.

Rux sulfat va NPK-o'g'itlarining tarkibiy qismlarini o'z ichiga olgan tizimlarda qattiq fazalarni hosil qilish va konsentratsiya hamda harorat diapazonlarini aniqlash uchun vizual-politermik usul orqali uch komponentli tizimlarda eruvchanlik o'rganildi.

20°C haroratda 18,95% P₂O₅ ekstraksiya fosfat kislotasi yordamida siklon changidan ruxni ajratib olish bo'yicha tadqiqotlar 30 daqiqa jarayon davomiyligi, Q:S nisbati 1:3 dan 1:20 gacha o'zgarishi bilan eritmaga ruxni ajratib olish darajasi

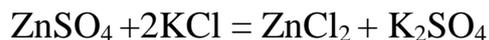


4-rasm. Siklon changidan ruxni 18,95% li P₂O₅ fosfat kislotasi eritmasi bilan ajratib olish darajasiga turli omillarning ta'siri: 1 - Q:S; 2 - harorat; 3 - o'zaro ta'sirning davomiyligi

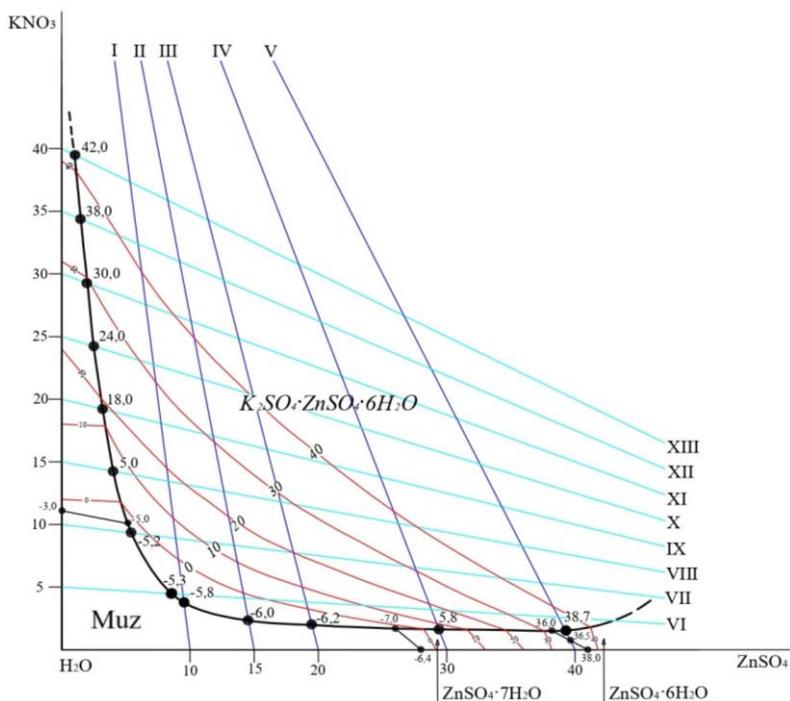


5-rasm. Eritmalarning fizik-kimyoviy xossalari [ZnSO₄ (0,01M) + KCl (0,01M)] tizimidagi komponentlar nisbatiga qarab o'zgarishi

ko'rsatkichi va kristallanish harorati qiymatlari [ZnSO₄ (0,01M)]:[KCl (0,01M)]=7:3 nisbatida bitta sinish nuqtasi mavjudligini ko'rsatadi, bu esa quyidagi almashinuv reaksiyasi yuzaga kelishi mumkinligini tasdiqlaydi:



Olingan ma'lumotlarning tahlili shuni ko'rsatadiki, kaliy xloridning ulushi ortib borishi va rux sulfatning kamayishi bilan tarkibiy qismlarning molyar nisbati 7:3 ga teng bo'lganda, aralashmaning kimyoviy tarkibi o'zgarishini ko'rsatadigan sinish kuzatiladi. Biroq, kaliy xlorid eritmasida rux sulfatning eruvchanligi past bo'lganligi sababli, bu tizimni politermik usul yordamida o'rganishni bajarib bo'lmadi (5-rasm).



6-rasm. ZnSO₄ – KNO₃ – H₂O tizimining eruvchanlik diagrammasi

nitrat, K₂SO₄·ZnSO₄·6H₂O va rux sulfatning kristallanish hududlari tasvirlangan.

Kaliyni o'z ichiga olgan komponent sifatida kaliy xloriddan foydalanib, ruxli NPK-o'g'itlarini olish jarayonini fizik-kimyoviy asoslash uchun suyultirilgan (0,01M) eritmalarning fizik-kimyoviy xususiyatlarining o'zgarishi [ZnSO₄ (0,01M)]:[KCl (0,01M)] tizimida molyar nisbatlarga bog'liq ravishda o'rganildi. Tizimdagi suyultirilgan eritmalarning fizik-kimyoviy tavsiflari [ZnSO₄ (0,01M)]:[KCl (0,01M)], ya'ni muhitning pH, zichlik, qovushqoqlik, nur sindirish

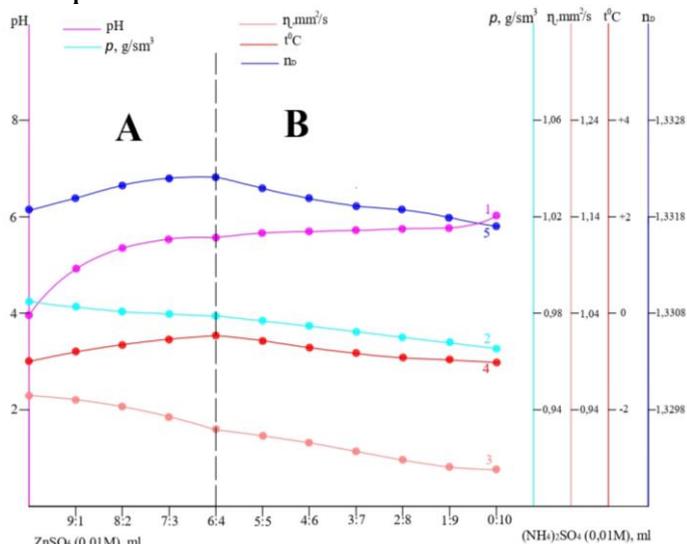
Hosil bo'lgan birikmalarning konsentratsiyasi va harorat diapazonlarini aniqlash uchun o'n uchta ichki kesim yordamida ZnSO₄ – KNO₃ – H₂O tizimi -7°C dan +42°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida vizual-politermik usuli bilan o'rganildi (6-rasm).

Politermik eruvchanlik diagrammasida tizimning 0°C, 10°C, 20°C, 30°C va 40°C dagi izotermalari ko'rsatilgan. Tizim holatining fazaviy diagrammasida muz, kaliy

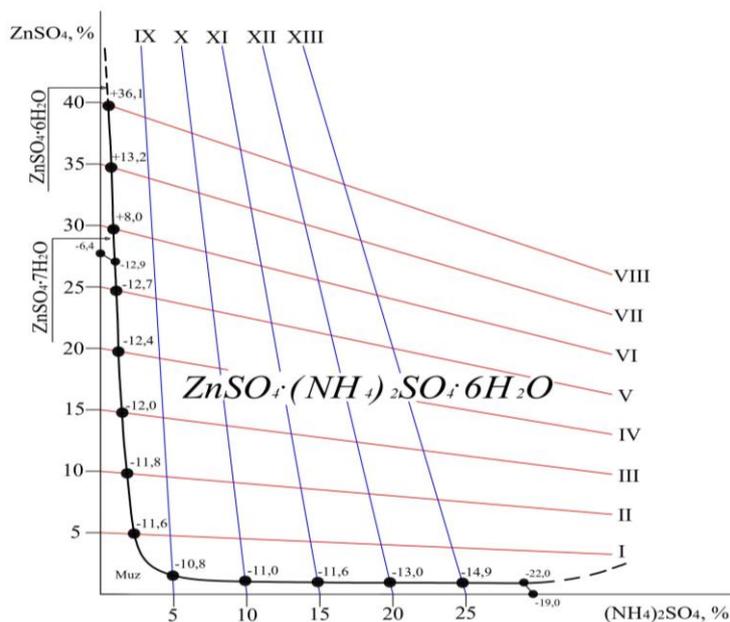
Olingan natijalar tizimda yangi fazaning shakllanganligini ko'rsatadi. Yangi fazani kimyoviy tahlil qilish asosida quyidagi natijalar (og'., %) olindi: K=17,2; Zn=14,5; S=14,3; O=50,2; H=2,69, bu $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ birikmasiga mos keladi. $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ tarkibi uchun hisoblanganda, (og'., %): K=17,6; Zn=14,6; S=14,4; O=50,5; H=2,7 tashkil qiladi.

Rux sulfat va ammoniy sulfatning o'zaro ta'sirini asoslash uchun suyultirilgan eritmalarining fizik-kimyoviy xossalari izomolyar qator usuli yordamida o'rganildi. $ZnSO_4$ va $(NH_4)_2SO_4$ ning 0,01 M eritmaları aralashmasining pH, zichligi, nur sindirish ko'rsatkichi, qovushqoqligi va kristallanish haroratining o'zgarishi o'rganildi.

$[ZnSO_4(0,01M)]:[(NH_4)_2SO_4(0,01M)]$ tizimidagi suyultirilgan eritmalarining fizik-kimyoviy xarakteristikaları bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari



7-rasm. $[ZnSO_4(0,01M)+NH_4SO_4(0,01M)]$ tizimidagi komponentlar nisbatiga bog'liq ravishda eritmalarining fizik-kimyoviy xossalari o'zgarishi



8-rasm. $ZnSO_4 - (NH_4)_2SO_4 - H_2O$ tizimining eruvchanlik diagrammasi

tizimining politermik eruvchanlik diagrammasi $-22,0^{\circ}C$ dan $+36,1^{\circ}C$ gacha bo'lgan harorat oralig'ida binar tizimlar va ichki kesmalar asosida qurilgan.

Tizimning ikkilik va uchlik nuqtalarida eritmalarining muvozanat tarkibi va mos keladigan kristallanish haroratlari aniqlandi. Birinchi uchlamchi nuqta $-12,9^{\circ}C$ kristallanish harorati bilan 0,8% ammoniy sulfat, 27,2% rux sulfat va 72,0% suvga to'g'ri keladi. Qattiq fazaning tarkibi muz, rux sulfat heptagidrat va rux ammoniy sulfat geksagidratdan iborat. Ikkinchi uchlamchi nuqta $-22,0^{\circ}C$ kristallanish

shuni ko'rsatdiki, komponentlar nisbati 6:4 bo'lganda, aralashma tarkibi o'zgaradi.

$ZnSO_4 - (NH_4)_2SO_4 - H_2O$ tizimini vizual-politermik usulda o'rganish o'n uchta ichki kesmadan foydalangan holda amalga oshirildi (8-rasm).

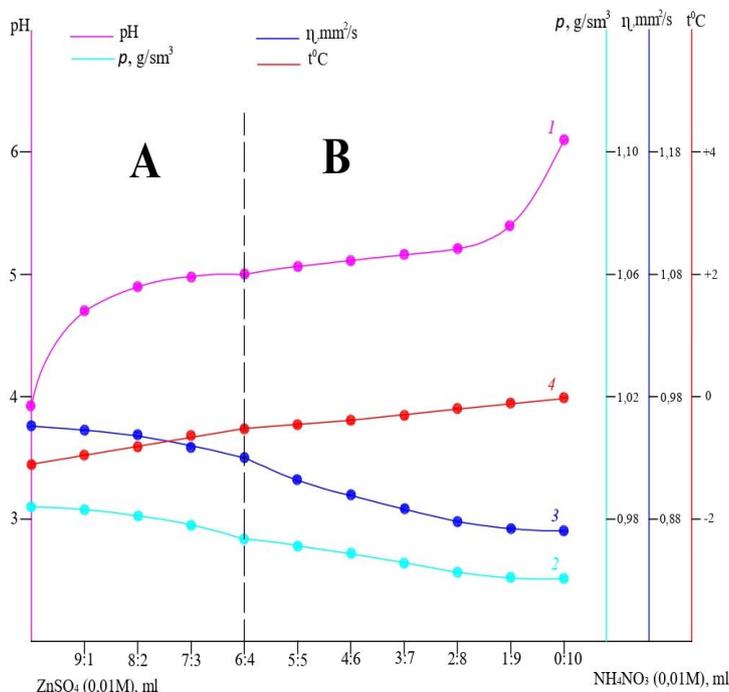
Ulardan I - VIII kesmalar $(NH_4)_2SO_4$ ning yuqorisidan $ZnSO_4 - H_2O$ tomoniga, IX-XIII kesmalar $ZnSO_4$ yuqorisidan $(NH_4)_2SO_4 - H_2O$ tomoniga tortilgan.

harorati bilan 29,4% ammoniy sulfat, 0,4% rux sulfat va 70,2% suvga to'g'ri keladi va qattiq fazaning tarkibi muz, ammoniy sulfat, rux ammoniy sulfat geksagidratdan iborat bo'ladi.

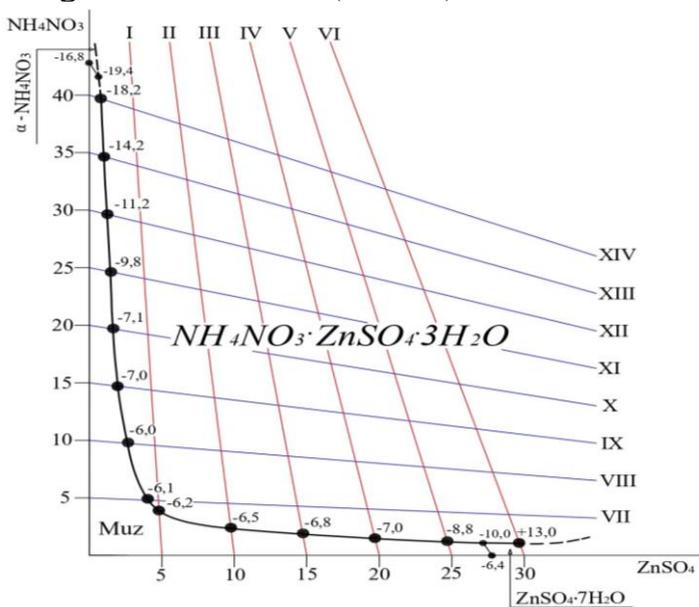
Birikmaning kimyoviy tahlili natijalari quyidagicha (og'., %): N=7,0; Zn=16,3; S=16,0; O=55,8; H=5,0. $(NH_4)_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ birikmasi uchun hisoblangan qiymat quyidagicha (og'., %): N=6,98; Zn=16,2; S=15,9; O=55,9; H=4,9 ga teng.

Azotni o'z ichiga olgan komponent sifatida ammoniy nitratdan foydalangan holda, ruxli NPK-o'g'itlarini olish jarayonini fizik-kimyoviy asoslash uchun $[ZnSO_4 (0,01M)]:[NH_4NO_3 (0,01 M)]$ tizimidagi suyultirilgan (0,01M) eritmalarining fizik-kimyoviy xususiyatlarining o'zgarishi izomolyar ketma-ketlik usulida molyar nisbatga bog'liq holda o'rganildi.

Komponentlar nisbatiga qarab $[ZnSO_4 (0,01 M)]:[NH_4NO_3 (0,01 M)]$ tizimidagi tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, komponentlar nisbati 6:4 da eritmalar tarkibining o'zgarishi kuzatiladi (9-rasm).



9-rasm. $[ZnSO_4(0,01M)+NH_4NO_3(0,01M)]$ tizimidagi komponentlar nisbatiga bog'liq ravishda eritmalarining fizik-kimyoviy xossalari o'zgarishi

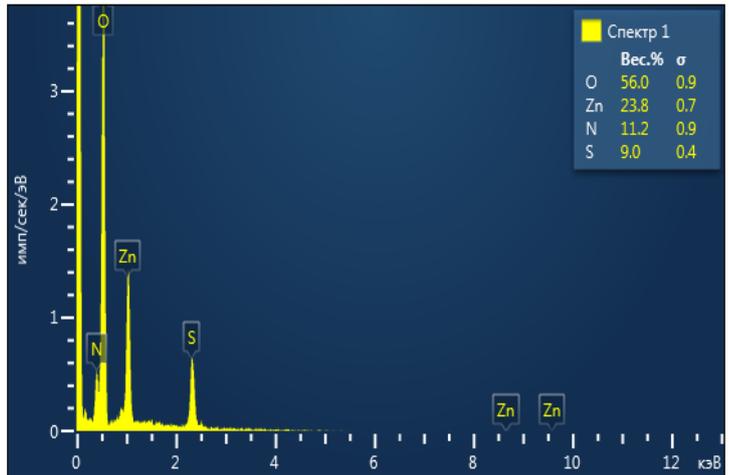


10-rasm. $ZnSO_4 - NH_4NO_3 - H_2O$ tizimining politermik eruvchanlik diagrammasi

rux sulfat heptagidrat, rux sulfat va yangi faza $NH_4NO_3 \cdot ZnSO_4 \cdot 3H_2O$ hududlari

chegaralangan. Ushbu maydonlar tizimning ikkita uchlik nuqtasida birlashadi.

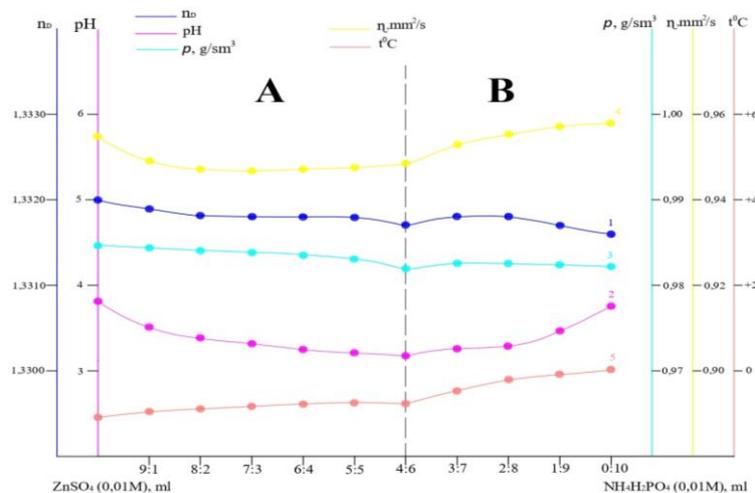
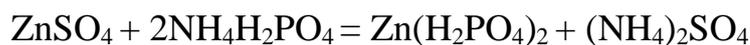
Politermik eruvchanlik diagrammasida hosil bo'lgan yangi birikmani energetik-dispersion spektroskopiya tahlili yordamida o'rganildi. 11-rasmda $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{ZnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ birikma-sining miqdoriy elementar tahlili natijalari ko'rsatilgan bo'lib, ular ko'rsatilgan birikmaga mos kelishini tasdiqlaydi.



11-rasm. Energetik-dispersion spektroskopiya (EDS) yordamida $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ birikmasini miqdoriy tahlil qilish

Monoammoniy fosfat (MAF) bilan rux sulfatning suvli eritmalarida o'zaro ta'sirini aniqlash uchun aralashmaning pH, zichligi, qovushqoqligi va kristallanish haroratini o'lchash bilan suyultirilgan eritmalarning fizik-kimyoviy xususiyatlari izomolyar ketma-ketlik usuli bilan 0,01 M eritmalarning $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]$ bilan aralashmasining nisbatiga bog'liq ravishda o'rganildi.

12-rasmda eritmalarning fizik-kimyoviy xossalari o'zgarishining $[\text{ZnSO}_4(0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4(0,01\text{M})]$ tizimdagi komponentlar nisbatiga bog'liqligi natijalari ko'rsatilgan. $[\text{ZnSO}_4(0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]$ tizimidagi suyultirilgan eritmalarning fizik-kimyoviy tavsiflari $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]=4:6$ nisbatda bitta sinish mavjudligini ko'rsatadi. $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]$ tizimidagi suyultirilgan eritmalarning xususiyatlari bo'yicha berilgan ma'lumotlardan ko'rinadiki, 4 molekula rux sulfat va 6 molekula MAF molekulasini nisbatida, aralashmaning tarkibida o'zgarish sodir bo'ladi, bu quyidagi almashinuv reaksiyasining yuzaga kelishi mumkinligini ko'rsatadi.



12-rasm. $[\text{ZnSO}_4(0,01\text{M})+\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4(0,01\text{M})]$ tizimdagi komponentlar nisbatiga bog'liq ravishda eritmalarning fizik-kimyoviy xossalari o'zgarishi

Diammoniy fosfatning 20% li eritmasiga rux sulfat eritmasi kiritilsa, hosil bo'lgan eritmadan yumshoq, kukunsimon oq cho'kma kristallanadi. Qattiq fazani yuvish va quritishdan keyin kimyoviy tahlil qilish rux, fosfor va azot mavjudligini ko'rsatadi.

Diammoniy fosfat eritmasidan ajratilgan namunalarning ichki qismining elementar tahlil natijalari-ga asoslangan hisob-

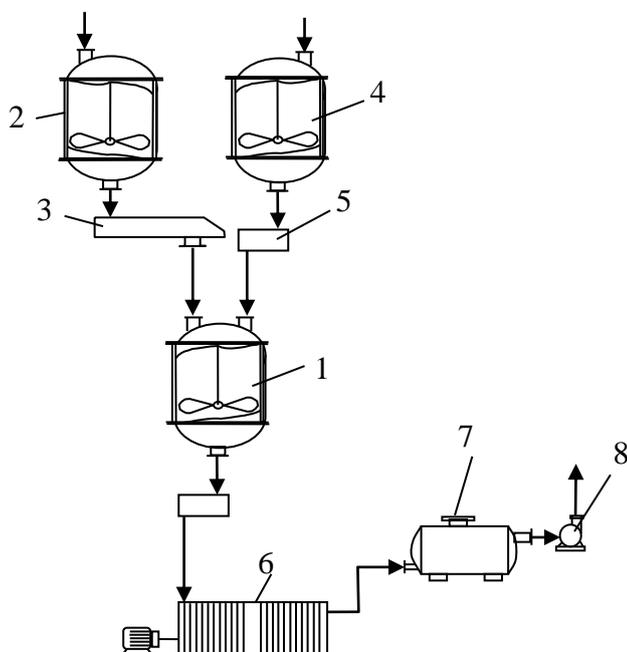
kitoblarda asosan, bunda rux ammoniy fosfat mavjud bo‘lib, uning tarkibi cho‘kindidagi umumiy rux miqdorining 96,63% ni tashkil qiladi. Kristallar yuzasidan olingan namunalarni tahlil qilish, cho‘kindidagi umumiy rux miqdorining 95,31% ni rux gidrofosfat, juda oz miqdorda 4,69% rux ammoniy fosfatini o‘z ichiga oladi.

Rux sulfatiga asoslangan tizimlarni o‘rganish jarayonida hosil bo‘lgan barcha yangi fazalar ajratildi va fizik-kimyoviy tahlilning rentgen nurlari difraksiyasi, IQ-spektroskopik va derivatografik usullari yordamida identifikatsiyalandi.

Rux ammoniy fosfat monogidrat birikmasining tuzilishini aniqlash uchun ko‘rinadigan hududda IQ-spektrlari va elektron nurlanish spektrlari taqqoslandi hamda ammiak molekulasi ruxammoniyfosfat tarkibiga kirib monoakvaamin gidrofosfat $Zn(NH_3)(H_2O)HPO_4$ hosil qiladi, bunda ruxammoniyfosfatning monogidratini $(ZnNH_4PO_4)H_2O$ hosil bo‘lmaydi.

Rux monoakvaamin gidrofosfat tarkibiga ammiak molekulasi kiritilishi rux monoakvaamin gidrofosfatining IQ-spektrida $3100-2900\text{ sm}^{-1}$ intensiv diapazondagi ammoniy kationi uchun xarakterli va intensiv yo‘lakning yo‘qligi bilan tasdiqlanadi, shuningdek, bog‘lanish ko‘rsatkichlaridan ko‘rinadiki, ammiakni Zn (2) ga koordinatsiyasida N-H bog‘ining kuch konstantasi f NH_3 ga nisbatan 6,31 dan 5,50 n/sm gacha kamayadi, atomlararo masofa esa 1,006 dan 1,038 Å gacha oshadi.

“Tarkibida rux bo‘lgan NPK-o‘g‘itlarini olish jarayoniga texnologik ko‘rsatkichlarning ta‘sirini o‘rganish” to‘rtinchi bobi NPK-o‘g‘itlarini texnologik tadqiq etish va qo‘llash, tarkibida rux bo‘lgan NPK-o‘g‘itlarini olish texnologiyasini ishlab chiqishga bag‘ishlangan.



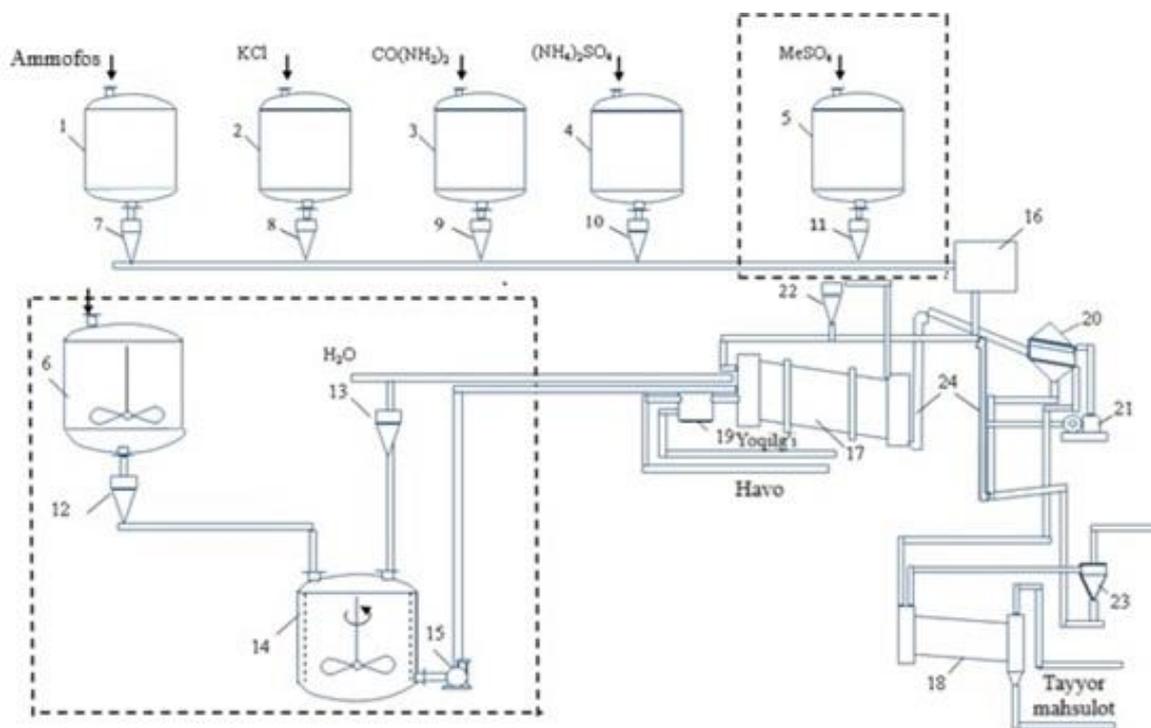
13-rasm. Mikroelementlarni sulfat kislotali ajratib olish qurilmasining sxemasi:

1 - reaktor; 2 - bunker; 3 - me‘yorlagich; 4 - sig‘im; 5 - tirqishli me‘yorlagich; 6 - tasmali filtr; 7 - sig‘im; 8 - nasos.

Rux mikroelementini olish bo‘yicha yuqoridagi tadqiqot natijalari asosida “O‘zmetkombinat” AJ (Bekobod) po‘lat quyish sexidan mikroelementli xomashyo – siklon changidan ruxni ajratib olish uchun ammiak, sulfat, termik va ekstraksiyon fosfat kislotalari eritmalaridan foydalanish imkoniyati mavjud. Mikroelementlarni

ammiak, sulfat kislota va fosfat kislotalari bilan ajratib olish sxemasi 13-rasmda ko'rsatilgan.

Rux sulfatning NPK-o'g'itlarining asosiy komponentlari bilan o'zaro ta'siri bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar NPK-o'g'itlarining asosiy komponentlari eritmalarida rux sulfatning eruvchanligining konsentratsiya chegaralarini belgilashga imkon berdi. NPK-o'g'itlari tarkibiy qismlari aralashmasida ruxning erish konsentratsiyasi chegaralarini belgilash uchun NPK-o'g'itlarining eritmaları $N:P_2O_5:K_2O$ 5:10:15, 15:15:15 va 8:20:30 nisbati bilan tayyorlandi va eritmaga rux sulfat loyqalik paydo bo'lguncha kiritildi. 5:10:15 nisbatda eritmada ruxning maksimal miqdori 0,06% rux, 15:15:15 nisbatda 0,06%, 8:20:30 nisbatda esa 0,10% ruxni tashkil qiladi. Bu rux sulfatni NPK-o'g'itlari tarkibiga 0,5 kg dan ko'p bo'lmagan rux yoki 2 kg dan ko'p bo'lmagan rux sulfat heptagidrat shaklida kiritish imkoniyatini ko'rsatadi. Bunday holda, NPK-o'g'itidagi rux miqdori 0,05% ni tashkil qiladi. NPK-o'g'itlarini eritishda 0,05% dan ortiq rux kiritilganda, rux cho'kadi. Shunday qilib, NPK-o'g'itlari tarkibidagi rux sulfat granulyatsiya bosqichidan oldin NPK-o'g'itlarining kukun yoki suvli rux sulfat eritmasi shaklida oldindan maydalangan tarkibiy qismlariga kiritilishi mumkin.



14-rasm. Mikroelementli NPK-o'g'itlarini olishning asosiy texnologik sxemasi: 1-6 – bunkerlar; 7-12 – me'yorlagichlar; 13 – oqim o'lchagich; 14 – reaktor; 15, 21 – nasoslar; 16 – maydalagich; 17 – granulyator; 18 – quritish qurilmasi; 19 – qizdirgich; 20 – elak; 22, 23 – siklonlar; 24 – elevatorlar

Olingan tadqiqot natijalari ruxli NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarishning asosiy texnologik sxemasini ishlab chiqish imkonini berdi (14-rasm). Texnologik jarayon quyidagi bosqichlardan iborat:

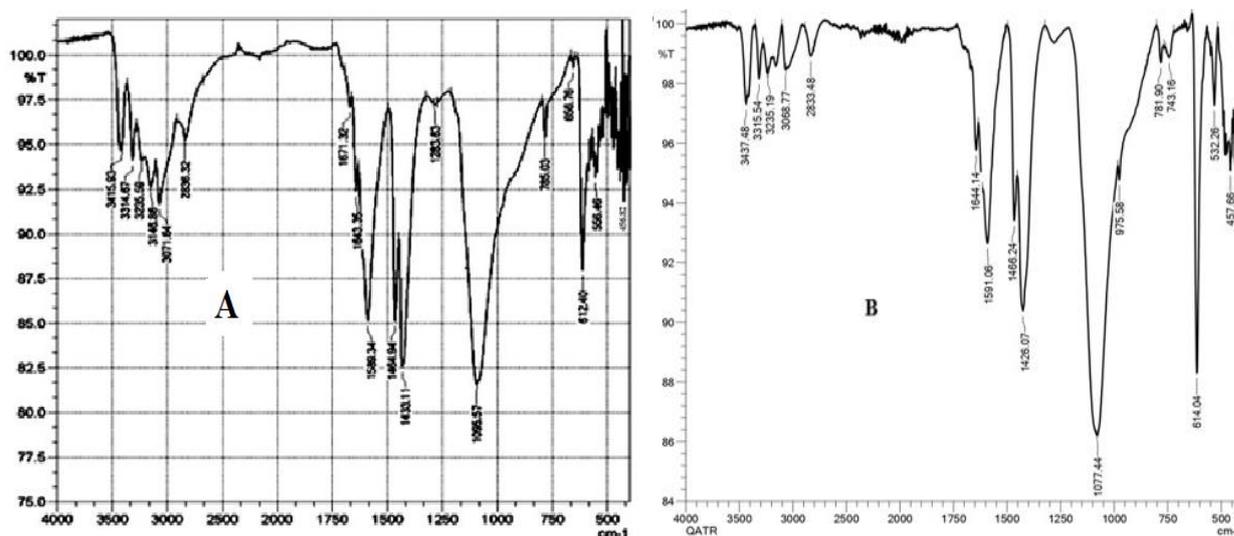
- NPK-o'g'itlarining ammosfos, karbamid, kaliy xlorid, ammoniy sulfatning asosiy komponentlarini kerakli nisbatlarda me'yorlash;
- rux sulfatning kiritilishi;

- o'g'it aralashmasini maydalash;
- o'g'itni namlash va granulyatsiya qilish;
- tayyor o'g'itni quritish va qadoqlash.

Rux bilan NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarishning ikkinchi varianti granulyatsiya bosqichiga yetkazib beriladigan rux sulfatni suvda eritishni o'z ichiga oladi.

To'liq suvda eriydigan NPK-o'g'itini olish uchun fosforli komponent sifatida monoammoniy fosfat (12:61), kaliyli komponenti sifatida kaliy sulfat ishlatiladi.

Ushbu texnologik sxema NPK-o'g'itlarini to'g'ridan-to'g'ri tuproqqa asosiy qo'llash uchun mikroelementlarning o'zlashadigan shakli ko'rinishida olish imkonini beradi. Shu maqsadda NPK-o'g'itlarining tarkibiy qismlari sifatida rux tarkibli karbamid, kaliy xlorid, ammoniy sulfat va ammofos ishlatiladi.



15-rasm. Rux tarkibli NPK (15:15:15) o'g'itining IQ-spektrlari

Tadqiqotimiz natijalariga asoslangan holda, biz tomonimizdan taklif etilayotgan (B) rux tarkibli NPK o'g'itining (15:15:15) infraqizil nurlanish spektral tahlili kuzatilganda, chet eldan import qilinuvchi (A) rux tarkibli NPK (15:15:15) o'g'itining kimyoviy bog'lanishlarining o'xshashligi bilan tasdiqlandi.

XULOSALAR

1. "O'zmetkombinat" aksiyadorlik jamiyati po'lat quyish sexi siklon changidan ruxni ammiak va ammoniy xlorid, sulfat, termik fosfat kislotaga hamda ekstraksiya fosfat kislotaga eritmalari yordamida ajratib olish darajasiga turli omillarning ta'siri o'rganildi. Ammiak eritmalarida maksimal ajralish darajasi 95,6%, sulfat kislotaga 66,7%, termik fosfat kislotasiga 78,5%, ekstraksiya fosfat kislotasiga 81,9% ekanligi aniqlandi. Ruxni changdan ajratib olishning maqbul texnologik ko'rsatkichlari aniqlandi.

2. NPK-o'g'itlari eritmalarida ruxning holatini asoslash uchun, rux sulfat va NPK-o'g'itlari komponentlari – kaliy xlorid, kaliy nitrat, ammoniy sulfat, ammoniy nitrat, monoammoniy fosfatlarning suyultirilgan 0,01 M eritmalari bilan aralashmasining fizik-kimyoviy xossalari (zichligi, qovushqoqligi, pH,

kristallanish harorati, nur sindirish ko'rsatkichi)ning o'zgarishi izomolyar seriya (qator)lar usulida o'rganildi. Eritmalarning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarining o'zgarishi eritma tarkibining va almashinish reaksiyasining paydo bo'lishi bilan bog'liqligini ko'rsatadigan sinish nuqtasi ekanligi aniqlandi.

3. Fizik-kimyoviy asoslash va konsentratsiya hamda harorat diapazonlarini aniqlash uchun yuqoridagi tizimlarning eruvchanligi visual – politermik usul yordamida o'rganildi. Tizimlarda quyidagi yangi fazalarning shakllanishi ya'ni $\text{KNO}_3\text{-ZnSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ tizimida $\text{K}_2\text{SO}_4\cdot\text{ZnSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ birikmasi, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-ZnSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ tizimida $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\cdot\text{ZnSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ birikmasi va $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-ZnSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ tizimida $\text{ZnSO}_4\cdot\text{NH}_4\text{NO}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ birikmasi aniqlandi, ular diagrammaning katta qismini egallaydi, bu esa ularning past eruvchanlikka ega ekanligini ko'rsatib beradi. Birikmalar ajratib olindi va kimyoviy va fizik-kimyoviy tahlil usullari bilan identifikatsiyalandi.

4. Monoammoniy va diammoniy fosfatlar eritmalarida rux sulfatning holati o'rganildi. Rux sulfat monoammoniy fosfatning 20% li eritmasiga kiritilganda, rux gidrofosfat monogidрати cho'kmaga tushadi, eritmaning pH qiymati 2,9 gacha pasayadi, rux sulfat diammoniy fosfat eritmasiga kiritilganda, rux gidrofosfat monogidрати va rux ammoniy fosfat monogidrat tuzlari aralashmasi hosil bo'ladi, eritmaning pH qiymati 6,9 ga ortadi.

5. $\text{ZnHPO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ va $\text{ZnNH}_4\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ birikmalarining IQ-spektrlari va elektron nurlanish spektrlarining ko'rinadigan hududida qiyosiy tahlili o'tkazildi va ammiak hamda suv molekullari rux monoakvaamin gidrofosfat $\text{Zn}(\text{NH}_3)(\text{H}_2\text{O})\text{HPO}_4$ hosil qilib rux ammoniy fosfat tarkibiga kirishi, ammo rux ammoniy fosfat monogidрати $\text{ZnNH}_4\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ ni hosil qilmasligi aniqlandi. Rux monoakvaamin gidrofosfat tarkibiga ammiak molekulasi kiritilishini rux monoakvaamin gidrofosfatining IQ-spektrida $3100\text{-}2900\text{ cm}^{-1}$ intensiv diapazondagi ammoniy kationi uchun xarakterli va intensiv yo'lakning yo'qligi bilan tasdiqlanadi, shuningdek, bog'lanish ko'rsatkichlari ammiakni Zn(2) ga koordinatsiyasida N-H bog'ining kuch konstantasi f NH_3 ga nisbatan 6,31 dan 5,50 n/sm gacha kamayganligi, atomlararo masofa esa 1,006 dan 1,038 Å gacha oshganligini tasdiqlaydi.

6. Ruxni o'zlashuvchan va suvda eruvchan shakllarni o'z ichiga olgan NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarish bo'yicha texnik yechimlar ishlab chiqildi, to'g'ridan-to'g'ri tuproqqa va ildizdan tashqari oziqlantirish va tomchilatib sug'orish orqali qo'llash uchun ruxli NPK-o'g'itlarini ishlab chiqarish material oqimi sxemalari va material balanslari tuzildi.

7. Texnik va iqtisodiy hisob – kitoblar ruxli NPK – o'g'itlarini ishlab chiqarish rentabelligini ko'rsatadi. 1 ming tonna o'g'it sotishdan olingan iqtisodiy samara 1 milliard 707 million so'mni tashkil etadi.

8. Agrokimyoviy sinovlar ruxli NPK – o'g'itlarining paxta xomashyosi hosildorligini 4,2 s/ga oshirishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.03/29.08. 2023.К/Т.66.02 ПРИ НАМАНГАНСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**МАХКАМОВА ДИЛНОЗА НЕЪМАТЖОН ҚИЗИ
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ НРК-
УДОБРЕНИЙ**

02.00.13-Технология неорганических веществ и материалов на их основе
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по **ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2024.2.PhD/Т4585 в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Диссертационная работа выполнена в Наманганском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного семинара (www.namdtu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:

Тураев Зокиржон

доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Султонов Боходир Элбекович

доктор технических наук, профессор

Хамдамова Шохид Шерзодовна

доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

**Термезский
университет**

государственный

Защита состоится «2» август 2025 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Научного совета **DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02** при Наманганском государственном техническом университете по адресу: 160103, г. Наманган, ул. Косонсой, 7, Тел: (0569) 234-14-85, Факс: (0569) 234-14-85; e-mail: info@namdtu.uz, Наманганский государственный технический университет, 6-здание, 1-этаж, ауд. 303).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Наманганского государственного технического университета за № 37, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (160103, г. Наманган, ул. Косонсой, 7. Тел: (0569) 234-14-85, Факс: (0569) 234-14-85).

Автореферат диссертации разослан «14» июля 2025 года.

(реестр протокола рассылки № 7 от «14» июля 2025 года).

О.К. Эргашев

Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, д.х.н., профессор

О.Т. Маллабаев

Учёный секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, д.ф.х., доцент

Д.Ш. Шеркузиев

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире из-за нехватки пресной воды для сельского хозяйства, сокращения пригодных к использованию почв и увеличения населения планеты ухудшается снабжение населения продовольствием. Внедрение новейших технологий обработки почвы, повышения урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечение продовольственной безопасности, использования водосберегающих методов выращивания растений, создание высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, применение минеральных и органоминеральных удобрений, повышающие устойчивость растений к болезням и внешним воздействиям, стимуляторов роста и развития растений, микроэлементов имеет большое значение в решении этой проблемы.

На сегодняшний день в мире для дальнейшего повышения урожайности сельскохозяйственных культур проводятся научные исследования по получению удобрений, содержащих не только азот, фосфор и калий, но и марганец, медь, цинк, кобальт, бор, молибден, важные для нормального роста и развития растений. В связи с этим при разработке эффективных методов получения азотно-фосфорно-калийных микроудобрений уделяется особое внимание на ряд научных решений в том числе, поведению солей микроэлементов, отработанных катализаторов, промежуточных продуктов и отходов цветной металлургии в условиях производства удобрений и обоснованию их влияния на физико-химические свойства готовой продукции и созданию технологии производства азотно-фосфорно-калийных микроудобрений с использованием микроэлементсодержащего сырья.

В химической промышленности нашей республики реализуются масштабные мероприятия по модернизации, совершенствованию и строительству новых предприятий, локализации сырьевой базы, выпуску новых видов импортозамещающей продукции и увеличению ее объемов, достижению определенных научных и практических результатов. В третьем направлении стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы отмечены важные задачи, направленные на «... продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и роста объема производства промышленной продукции в 1,4 раза»¹. В этом аспекте важное значение имеет разработка технологии производства NPK-удобрений, содержащих микроэлементы, вовлечение их в производство не только солей, но и отходов цветной, черной металлургии и других промышленных предприятий, содержащих микроэлементы.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

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

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

Степень изученности проблемы. Исследованиями по получению микроэлементосодержащих удобрений с использованием различных солей и промышленных отходов, содержащих микроэлементы, занимались М.Н. Набиев, Б.Ф. Федюшкин, С. Тухтаев, Р.Г. Осичкина, М.В. Каталымов, Ю.А. Потатуева, Л.Н. Щегров, И.И. Усманов, З. Тураев и др. Исследования, проведенные Каталымовым М. В., Пейве Я.В., Анспок П. И., Vortels H., Viets E. G, Потатуевой Ю.А., Щегровым Л.Н., в основном, были направлены на получение различных соединений микроэлементов, изучению их свойств, определению норм использования микроэлементов для внесения в почву, обработке семян перед посадкой, некорневой подкормке растений, использование их под разные культуры и типы почв, расширению сырьевой базы микроэлементов.

С агрохимической точки зрения разработанные способы тукоsmешения солей микроэлементов с основными удобрениями не показывают своей эффективности из-за неравномерного распределения их в почве. Поэтому необходимы сведения о состоянии различных микроэлементов в сложных системах, содержащих компоненты минеральных удобрений, их поведении в составе комплексных удобрений, а также расширять прикладные и фундаментальные исследования по производству новых видов удобрений, содержащих микроэлементы.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнено согласно плана научно-исследовательских работ Наманганского государственного технического университета № АЛ-692205622 и в рамках прикладного проекта на тему: «Разработка технологии производства азотно-кальциевых жидких удобрений для переработки техногенных отходов, образующихся при обогащении

фосфоритов Центральных Кызылкумов и использования в засоленных почвах» (2023-2025 гг.).

Целью исследования является разработка физико-химических основ и технологий комплексных НРК-удобрений, содержащий микроэлемент цинк, с использованием сульфата цинка и отхода черной металлургии.

Задачи исследования:

изучение влияния технологических параметров на степень извлечения цинка из отхода черной металлургии с использованием серной, фосфорной кислот и растворов аммиака;

изучение влияния рН фосфорнокислых растворов на поведение цинка;

изучение взаимодействия сульфата цинка с основными компонентами НРК-удобрений в разбавленных водных растворах;

установление концентрационных и температурных пределов существования твердых фаз и минимальной растворимости цинка в системах, включающих сульфат цинка и основные компоненты НРК-удобрений;

исследования поведения микроэлемента цинка в условиях получения и применения НРК-удобрений;

разработка технологических схем, схем материальных потоков и материального баланса получения НРК-удобрений с цинком;

апробация разработанных технологий НРК-удобрений, содержащих цинк, в опытно-промышленных и промышленных условиях;

оценка экономической и агрохимической эффективности производства и применения НРК-удобрений с цинком;

Объектом исследования являются комплексные НРК-удобрения и их основные компоненты, экстракционная и термическая фосфорные кислоты, серная кислота, газообразный аммиак и соли аммония, сульфат цинка, отходы черной металлургии.

Предметом исследования являлась технология комплексных НРК-удобрений и их составляющих, содержащих цинк, процессы извлечения микроэлементов из отходов черной металлургии.

Методы исследования. При анализе результатов диссертационного исследования были использованы химические (фотоколориметрический, титрометрический, комплексонометрический) и физико-химические (дифференциальная термогравиметрия (ДТА), энергетически-дисперсионная спектроскопия (ЭДС), инфракрасная спектроскопия (ИК), порошковая рентгеновская дифрактометрия) – методы анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены оптимальные технологические параметры извлечения цинка из отхода черной металлургии растворами аммиака, серной и фосфорной кислот;

доказано, что в разбавленных растворах основных компонентов НРК-удобрений и сульфата цинка физико-химические характеристики растворов принимают экстремальные значения, указывающие на протекание взаимодействия между компонентами;

установлены температурные и концентрационные пределы образования малорастворимых соединений цинка в водных растворах основных компонентов NPK-удобрений и в растворах NPK-удобрений, содержащих цинк;

доказано, что сульфат цинка в водных растворах взаимодействует с основными компонентами NPK-удобрений нитратом калия, сульфатом и нитратом аммония с образованием соединений $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$, $(NH_4)_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$, $NH_4NO_3 \cdot ZnSO_4 \cdot 3H_2O$ которые имеют низкую растворимость в водной среде;

соединения, образующиеся при взаимодействии сульфата цинка с компонентами NPK-удобрений, выделены и идентифицированы химическими и физико-химическими методами анализа;

установлено строение соединения цинка, образующегося при взаимодействии сульфата цинка с диаммонийфосфатом– моноакваамингидрофосфата цинка;

определена концентрация водорастворимого цинка в насыщенных растворах NPK-удобрений;

разработаны технико-экономические обоснования и технологические схемы производства NPK-удобрений, содержащих цинк в растворимой и усвояемой растениями форме;

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

установлена возможность вовлечения в производство удобрений отхода черной металлургии путем извлечения цинка растворами аммиака, серной и фосфорными кислотами;

разработаны технические решения получения цинксодержащих растворов из отхода черной металлургии;

разработана технологическая схема получения NPK-удобрений, содержащих цинк, для основного внесения в почву и применения для некорневой подкормки растений и методом капельного орошения;

Достоверность результатов исследования. Результаты химических и физико-химических исследований подтверждены испытаниями разработанных технологий в опытно-промышленных и промышленных условиях. Достигнутые практические результаты подтверждены актами испытаний, которые проводились в лабораторных и производственных условиях СП ООО «Ifoda agrokimyo himoya».

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований заключается в определении концентрационной и температурной зависимости цинка в растворах NPK-удобрений и растворах основных компонентов NPK-удобрений, что объясняется тем, что при получении микроудобрений с использованием сульфата цинка и отходов металлургического производства цинка они находятся в водорастворимой и усвояемой растениями форме.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке технологии извлечения цинка из отходов черной металлургии, получении комплексных NPK – удобрений, содержащих цинк, а также в

создании опытно – промышленных партий удобрений для проверки разработанной технологии в промышленных условиях, также для применения в сельском хозяйстве.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных при проведении исследований по извлечению цинка из промышленных отходов и разработке на его основе технологии цинкового НРК-удобрения:

технология извлечения цинка из пыли с циклонов электросталеплавильного цеха АО «Узметкомбината» (Бекабад) включена в перечень перспективных разработок СП ООО «Ifoda agrokimyo himoya» рассчитанные на 2025-2028 годы (Справка № 852 СП ООО «Ifoda agrokimyo himoya» от 13 сентября 2024 года). В результате создается возможность получения цинксодержащих растворов из пыли циклонов электросталеплавильного цеха АО «Узметкомбината»;

технология получения цинксодержащих НРК-удобрений с использованием отхода-пыли с циклонов электросталеплавильного цеха АО «Узметкомбината» (Бекабад) включена в перечень перспективных разработок СП ООО «Ifoda agrokimyo himoya» на 2025 - 2028 годы (справка Справка № 852 СП ООО «Ifoda agrokimyo himoya» от 13 сентября 2024 года). В результате установлена возможность получения НРК-удобрений с цинком для основного внесения в почву.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 10 конференциях, из них 1 индексируемых в Scopus, 7 на международных и 2 на республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в том числе основные научные результаты диссертации были опубликованы в 6 научных статьях, из них 4 в республиканских журналах и 2 в зарубежном журнале, рекомендованных к публикации Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 119 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и важность научно исследовательской работы, определены цели и задачи, объект и предмет, соответствие с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики Узбекистан, изложены новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость результатов, даны сведения о внедрении практических результатов исследования, опубликованы научные работы и структура диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние производства и применения минеральных удобрений с микроэлементами**» изложена роль микроэлементов в жизнедеятельности растений, их содержании в почвах,

взаимодействии с основными компонентами одинарных и сложных минеральных удобрений, содержащих микроэлементы, способах их получения. На основе критического анализа литературного материала и состояния производства и применения минеральных удобрений с микроэлементами сформулированы цель и задачи исследования.

Вторая глава диссертации под названием «**Характеристика сырья и методов физико-химического исследования экспериментальных образцов**» посвящена свойствам первичного сырья, содержащего микроэлемент цинка, используемых кислот и химических веществ, а также химическим и физико-химическим методам исследования.

Третья глава диссертации «**Изучение процессов получения НРК-удобрений, содержащих цинк**» посвящена извлечению цинка из циклонной пыли электросталеплавильного цеха «Узметкомбината» (Бекабад), изучению возможности взаимодействия сульфата цинка с основными компонентами НРК-удобрений и установлению концентрационных и температурных интервалов существования твердых фаз в трехкомпонентных водных растворах сульфата цинка с хлористым калием, нитратом калия, сульфатом и нитратом аммония, моноаммонийфосфатом.

В качестве возможного источника сырья микроэлемента для получения НРК-удобрений с цинком использовали циклонную пыль электросталеплавильного цеха металлургического комбината АО «Узметкомбинат» (Бекабад) состава (масс., %): 17,8% ZnO, 40,6% Fe₂O₃, 4,34% CaO, 4,01% SiO₂, 2,21% K₂O, 1,87% MnO, 1,42% SO₃, 1,15% PbO.

Изучено влияние технологических параметров на степень извлечения цинка из пыли электросталеплавильного цеха растворами аммиака, серной и экстракционной фосфорной кислот.

Таблица 1

Влияние растворов выщелачивания на степень извлечения цинка и железа

Раствор выщелачивания	Степень извлечения цинка, %	Степень извлечения железа, %	Условия проведения исследований
Влияние соотношения NH ₃ и NH ₄ ⁺			
3M NH ₄ Cl	56,4	7,9	Температура 20°С, Т:Ж=1:5, продолжительность 60 минут
1,5M NH ₃ :1,5M NH ₄ Cl	72,8	5,9	
1,5M NH ₃ :0,75 (NH ₄) ₂ SO ₄	57,7	8,2	
1,5M NH ₃ :0,75M (NH ₄) ₂ CO ₃	72,3	6,1	
1,5M (NH ₄) ₂ SO ₄	43,6	11,4	

Для извлечения цинка использовали смешанные растворы хлорида, сульфата, карбоната аммония в аммиачной воде.

В таблице 1 приведены данные влияния растворов хлорида аммония, сульфата аммония, смесей хлорида аммония и аммиака, сульфата аммония и аммиака, аммоний карбоната и аммиака на степень извлечения цинка и железа в указанные растворы при комнатной температуре, Т:Ж=1:5 и продолжительности выщелачивания 60 минут.

Из таблицы видно, что высокие результаты степени извлечения цинка наблюдаются при использовании смеси хлорида аммония и аммиака, а также карбоната аммония и аммиака, которые составляют 72,8% и 72,3%, соответственно.

Для вывешения оптимального соотношения $\text{NH}_3:\text{NH}_4\text{Cl}$ дополнительно изучены соотношения 2,5М:2,5М, 3М:3М и 3,5М:3,5М и установлено, что наилучшие результаты по степени извлечения достигаются при соотношении 3М:3М и составляют 80,9% для цинка и 7,9% для железа.

На рисунке 1 приведены результаты влияния температуры и продолжительности процесса на степень извлечения цинка.

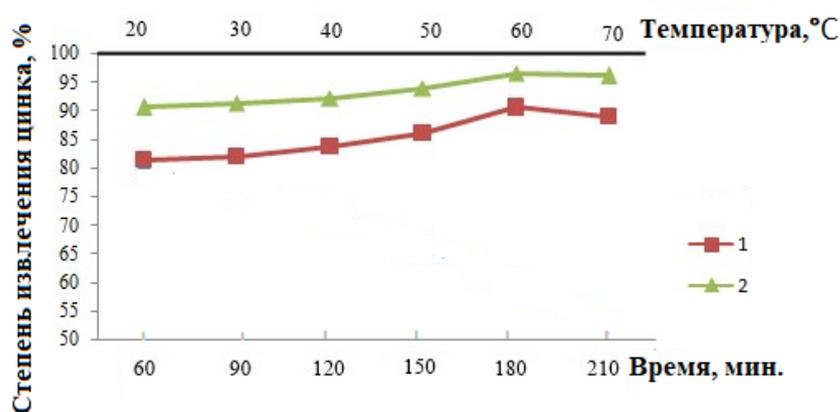


Рис. 1. Влияние технологических параметров на степень извлечение цинка: 1 — температуры; 2 — продолжительности взаимодействия

89,5%, степень извлечения при этом снижается с 7,9% до 3,9%. Продолжительность процесса выщелачивания при этих же параметрах способствует незначительному повышению степени извлечения цинка с 90,6%, при продолжительности процесса 60 минут, до 94,8% через 210 минут. Степень извлечения железа при этом снижается с 3,8% до 2,7%.

Изучено влияние концентрации, соотношения Т:Ж, продолжительности взаимодействия и температуры на извлечение цинка из циклонной пыли электросталеплавильного цеха АО «Узметкомбинат» (Бекабад) серной, термической и экстракционной фосфорной кислотами при Т:Ж=1:5, температуре 20-22°C и продолжительности взаимодействия 30 мин (рис. 2).

С повышением концентрации серной кислоты с 5% до 30% степень извлечение цинка в раствор возрастает. При концентрации 5% степень извлечение составляет 29,8%, тогда как при концентрациях 10, 15, 20, 25 и 30% она

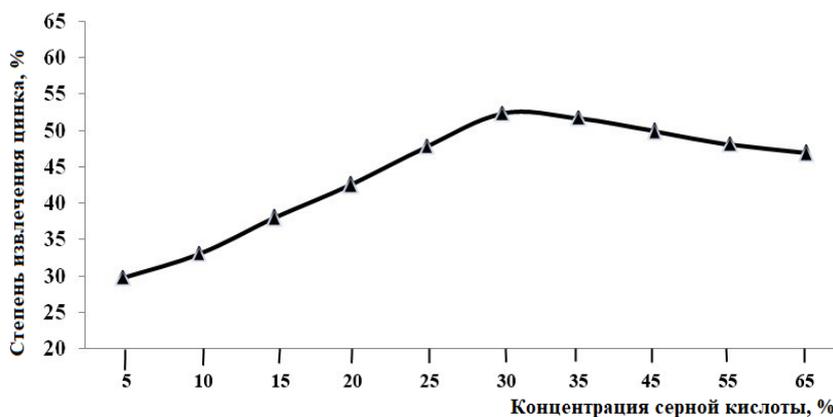


Рис. 2. Влияние концентрации серной кислоты на степень извлечения цинка (Т:Ж=1:5, 20-22°C)

повышается до 33,1; 37,8; 42,5; 47,8 и 52,3%, соответственно. При дальнейшем увеличении концентрации серной кислоты с 35% до 65% степень перехода цинка в раствор снижается с 52,3 до 46,8%. Это объясняется уменьшением растворимости $ZnSO_4$ в результате увеличения концентрации серной кислоты.

Влияние соотношения Т:Ж на степень извлечения цинка из циклонной пыли в 30%-ном концентрированном растворе серной кислоты изучали при продолжительности воздействия 30 минут, температуре 20-22°C, скорости вращения мешалки $n=200$ об/мин. С повышением жидкой фазы с Т:Ж=1:5 до Т:Ж=1:10 степень извлечения цинка повышается с 52,3% до 58,9%, а железа снижается с 1,35% до 1,09%. Увеличение продолжительности извлечения с 30 минут до 120 минут при Т:Ж=1:10, температуре 20°C повышает степень извлечения цинка с 58,9% до 61,9% и практически не влияет на степень извлечения в раствор железа, которая составляет 1,09-1,01%.

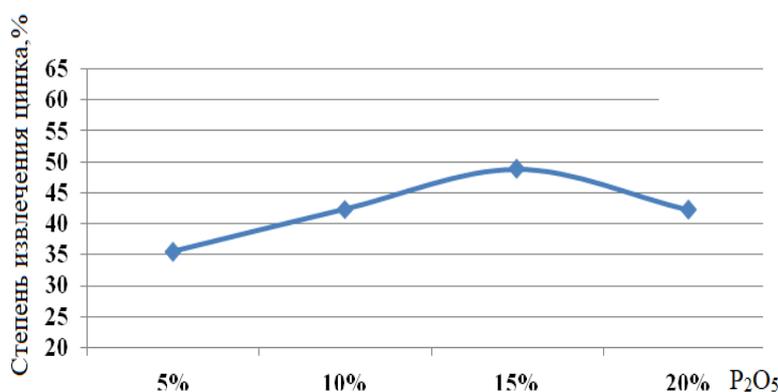


Рис. 3. Влияние концентрации термической фосфорной кислоты на степень извлечения цинка в раствор ТФК

возрастает. При концентрации 5% степень извлечения составляет 35,48%, тогда как при концентрации 15% P_2O_5 повышается до 48,9%. Дальнейшее повышение концентрации термической фосфорной кислоты до 20% P_2O_5 снижает степень перехода цинка до 42,32% (рис.3).

Исследования по извлечению цинка из циклонной пыли с использованием 18,95%-ной по P_2O_5 экстракционной фосфорной кислоты при температуре 20°C и времени выщелачивания 30

Проведены исследования по извлечению цинка из циклонной пыли с помощью термической (5%, 10%, 15%, 17%, 20% P_2O_5) и экстракционной фосфорной (5%, 10%, 15%, 18,95% P_2O_5) кислотами. С повышением концентрации кислоты с 5 до 15% по P_2O_5 степень перехода

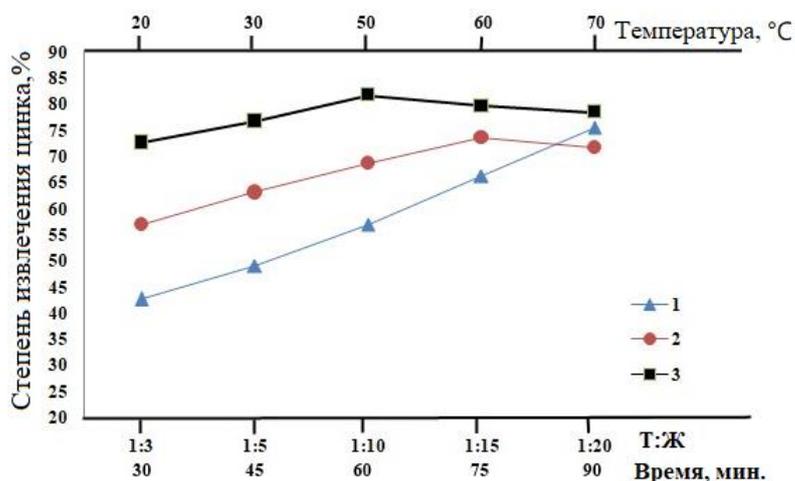


Рис. 4. Влияние различных факторов на степень извлечение цинка из циклонной пыли раствором 18,95% по P_2O_5 фосфорной кислоты: 1- Т:Ж; 2- температуры; 3- продолжительности взаимодействия

минут показали, что при изменении соотношения Т:Ж от 1:3 до 1:20 степень извлечения цинка в раствор увеличивается с 42,7% до 75,7% (рис.4).

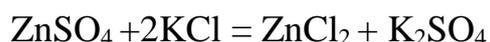
При резком повышении температуры с 20 до 60°C степень извлечения цинка в раствор экстракционной фосфорной кислоты составляет 57,1%-73,8%. Также, при температуре выше 60°C извлечение цинка в раствор снижается. Продолжительность взаимодействия существенно влияет на степень выделения цинка из пыли. При изменении продолжительности взаимодействия с 30 минут до 60 минут степень извлечения цинка в раствор экстракционной фосфорной кислоты увеличивается с 73,8% до 81,9%. При увеличении продолжительности процесса до 90 минут происходит снижение степени извлечения цинка.

Более высокая степень извлечения цинка в раствор ЭФК, чем в ТФК объясняется наличием в составе ЭФК до 2,96% серной кислоты.

Для установления возможного взаимодействия сульфата цинка с основными компонентами НРК-удобрений изучено изменение физико-химических характеристик 0,01 М растворов сульфата цинка с хлористым калием, сульфатом калия, сульфатом и нитратом аммония, моноаммонийфосфатом методом изомольных серий в зависимости от их мольного соотношения. Установлено, что при определенных мольных соотношениях показатели плотности, вязкости, рН, показателя преломления света, температуры кристаллизации имеют переломные точки, указывающие на изменение состава раствора смеси при этих соотношениях.

Для установления концентрационных и температурных интервалов образования твердых фаз в системах, включающих сульфат цинка и компоненты НРК-удобрений изучена растворимость в трехкомпонентных системах визуально-политермическим методом.

Для физико-химического обоснования процесса получения цинксодержащих НРК-удобрений с использованием хлорида калия, как калийсодержащего компонента, изучено изменение физико-химических свойств разбавленных (0,01М) растворов в системе $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{KCl} (0,01\text{M})]$ в зависимости от мольного соотношения. Физико-химические характеристики разбавленных растворов в системе $[\text{ZnSO}_4(0,01\text{M})]:[\text{KCl}(0,01\text{M})]$, т.е. значения рН среды, плотности, вязкости, показателя преломления и температуры кристаллизации показывают наличие одного перегиба при соотношением $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{KCl} (0,01\text{M})]=7:3$, что указывает на возможное протекание обменной реакции:



Анализ полученных данных показывает, что по мере увеличения доли хлорида калия и снижения сульфата цинка, при мольном соотношении компонентов равном 7:3, наблюдается перелом, что указывает на изменение химического состава смеси. Однако, изучить эту систему политермическим методом не удастся из-за низкой растворимости сульфата цинка в растворе хлористого калия (рис. 5).

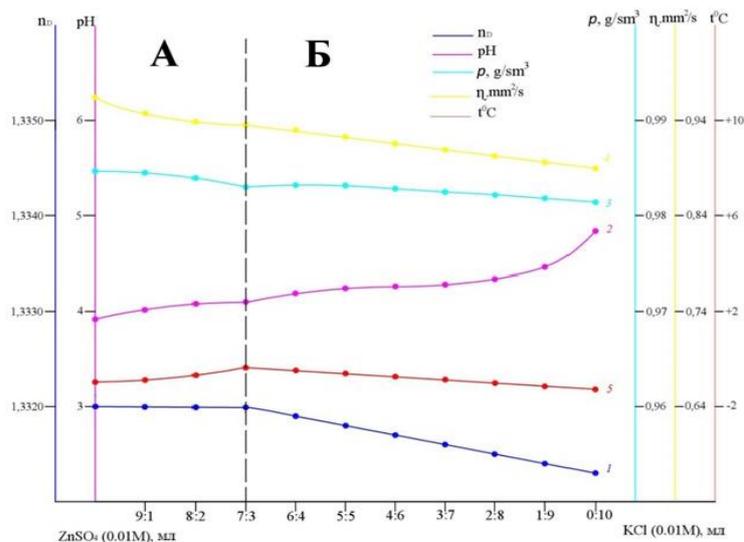


Рис. 5. Изменение физико-химических свойств растворов в зависимости от соотношения компонентов в системе $[ZnSO_4 (0,01M)+KCl (0,01M)]$

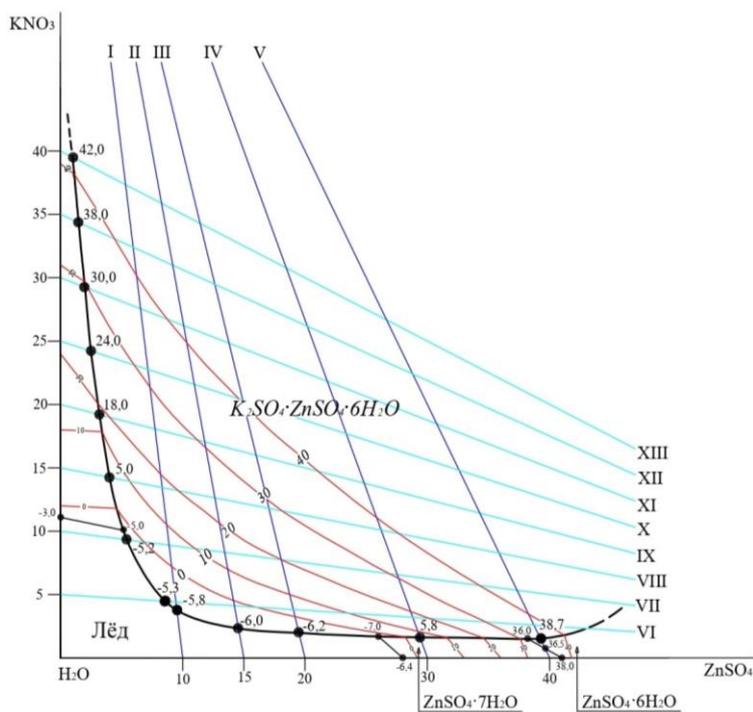


Рис. 6. Диаграмма растворимости системы $ZnSO_4 - KNO_3 - H_2O$

соединению $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$. Рассчитано для состава $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ (масс., %): K=17,6; Zn=14,6; S=14,4; O=50,5; H=2,7.

Для обоснования взаимодействия сульфата цинка и сульфата аммония были исследованы физико-химические свойства разбавленных растворов методом изомолярных серий. Изучены изменения значения pH, плотности, показателя преломления, вязкости и температуры кристаллизации смеси 0,01 М растворов $ZnSO_4$ и $(NH_4)_2SO_4$. Результаты исследований по изучению физико-химических характеристик разбавленных растворов в системе $[ZnSO_4$

Для установления концентрационных и температурных интервалов, образующихся соединений изучена система $ZnSO_4 - KNO_3 - H_2O$ исследована визуально - политермическим методом в интервале температур от $-7^\circ C$ до $+42^\circ C$ с использованием тринадцати внутренних сечений (рис.6).

На политермической диаграмме показаны изотермы растворимости системы при $0^\circ C$, $10^\circ C$, $20^\circ C$, $30^\circ C$ и $40^\circ C$. Фазовая диаграмма состояния системы отображает области кристаллизации льда, нитрата калия $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ и сульфата цинка.

Полученные результаты показывают, что в системе образуется новая фаза. На основании химического анализа новой фазы были получены следующие результаты (масс., %): K=17,2; Zn=14,5; S=14,3; O=50,2; H=2,69, что соответствует

(0,01M)]:[(NH₄)₂SO₄ (0,01 M)] показали, что при соотношении компонентов 6:4 происходит изменение состава смеси.

Исследование системы ZnSO₄ – (NH₄)₂SO₄ – H₂O проводили с использованием тринадцати внутренних сечений (рис.8).

Из них разрезы IV-III проведены с вершины (NH₄)₂SO₄ на сторону ZnSO₄ - H₂O, а разрезы IX-XIII - с вершины ZnSO₄ на сторону

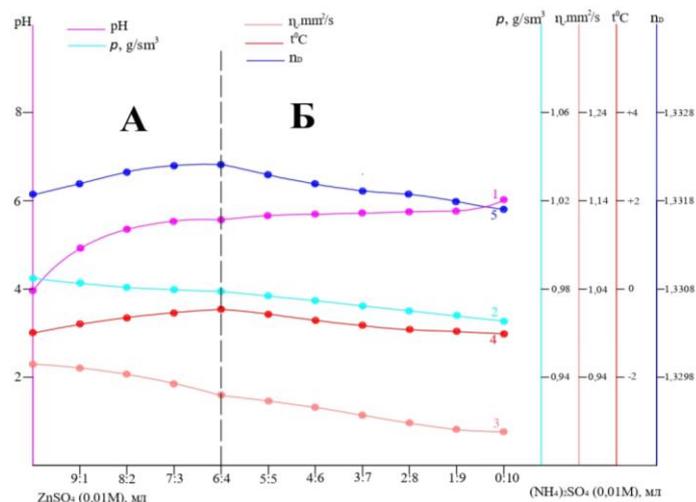


Рис. 7. Изменение физико-химических свойств растворов в зависимости от соотношения компонентов в системе [ZnSO₄ (0,01M)+(NH₄)₂SO₄ (0,01M)]

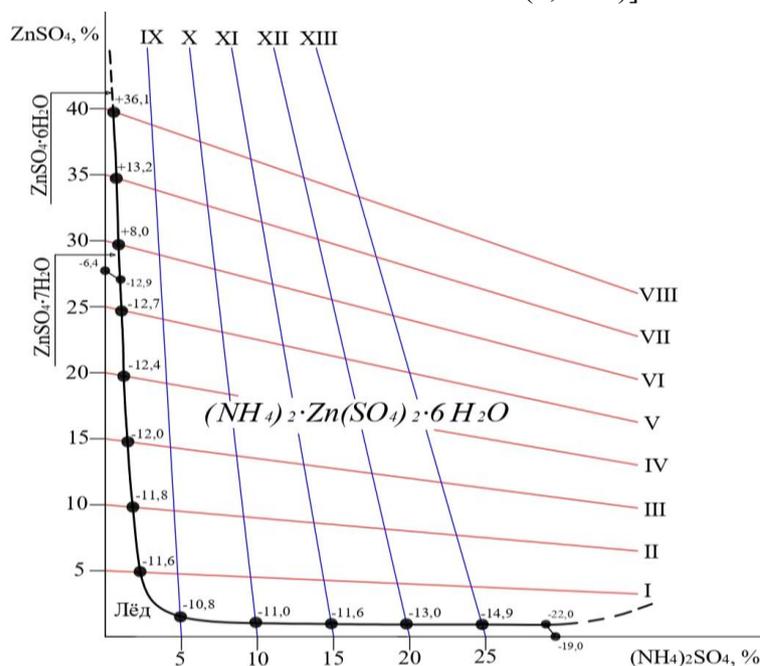


Рис. 8. Диаграмма растворимости системы ZnSO₄ - (NH₄)₂SO₄ - H₂O

аммония, 27,2% сульфата цинка и 72,0% воды с температурой кристаллизации -12,9°C. В состав твердой фазы входят лед, гептагидрат сульфата цинка и гексагидрат сульфата цинка-аммония.

Вторая тройная точка соответствует 29,4% сульфата аммония, 0,4% сульфата цинка и 70,2% воды с температурой кристаллизации -22,0°C, а состав твердой фазы - лед, сульфат аммония и гексагидрат сульфата цинка-аммония.

Результаты химического анализа соединения следующие (масс., %): N=7,0; Zn=16,3; S=16,0; O=55,8; H=5,0. Рассчитано для соединения (NH₄)₂SO₄·ZnSO₄·6H₂O (масс., %): N=6,98; Zn=16,2; S=15,9; O=55,9; H=4,9.

(NH₄)₂SO₄ - H₂O. Политермическая диаграмма растворимости системы ZnSO₄ – (NH₄)₂SO₄ – H₂O построена на основе бинарных систем диапазоне и внутренних сечений в температур от -22,0°C до +36,1°C.

Определены равновесные составы растворов и соответствующие им температуры кристаллизации в бинарной и тройной точках системы. Первая тройная точка соответствует 0,8% сульфата

Для физико-химического обоснования процесса получения цинксодержащих NPK-удобрений с использованием нитрата аммония, как азотсодержащего компонента, изучено изменение физико-химических свойств разбавленных (0,01 M) растворов в системе $[ZnSO_4(0,01M)]:[NH_4NO_3(0,01M)]$ в зависимости от мольного соотношения методом изомолярных серий.

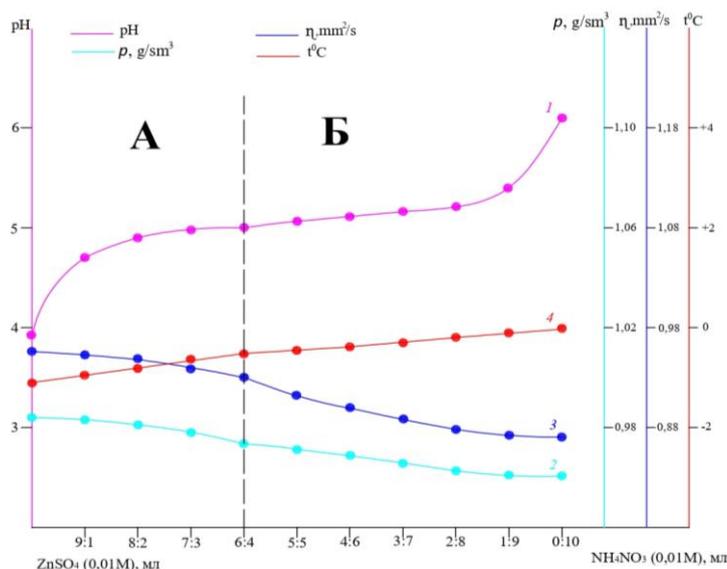


Рис. 9. Изменение физико-химических свойств растворов в зависимости от соотношения компонентов в системе $[ZnSO_4(0,01M)+NH_4NO_3(0,01M)]$

Исследования в системе $[ZnSO_4(0,01M)]:[NH_4NO_3(0,01M)]$ компонентов показали, что изменение состава растворов наблюдается при соотношении компонентов равном 6:4 (рис. 9).

Система $ZnSO_4 - NH_4NO_3 - H_2O$ исследована с помощью четырнадцати внутренних сечений (рис. 10). Из них разрезы I-VI проведены от вершины NH_4NO_3 на сторону $ZnSO_4 - H_2O$, а разрезы VII-XIV проведены от вершины $ZnSO_4$ на сторону $NH_4NO_3 - H_2O$. На основе бинарных систем и внутренних сечений построена политерма системы $ZnSO_4 - NH_4NO_3 - H_2O$ в диапазоне температур от $-19,4^\circ C$ до $+13^\circ C$.

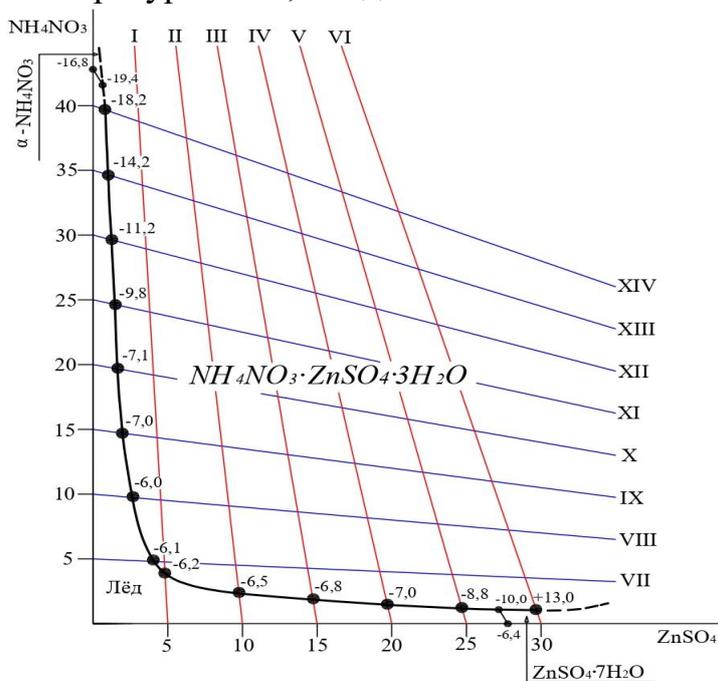


Рис. 10. Диаграмма политермической растворимости системы $ZnSO_4 - NH_4NO_3 - H_2O$

На приведенной диаграмме состояния системы $ZnSO_4 - NH_4NO_3 - H_2O$ ограничены области кристаллизации льда, нитрата аммония, гептагидрата сульфата цинка, сульфата цинка и новой фазы $NH_4NO_3 \cdot ZnSO_4 \cdot 3H_2O$.

Новое соединение, образованное на политермической диаграмме растворимости, было изучено с помощью энергетически-дисперсионной спектроскопии. На рисунке 11 приведены результаты количественного элементного анализа соеди-

нения $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{ZnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, которые подтверждают их соответствие указанному соединению.

Для установления возможности протекания взаимодействия моноаммонийфосфата (МАФ) и сульфата цинка, в водных растворах изучены физико-химические свойства разбавленных растворов методом изомолярных серий, с измерением рН, плотности, вязкости и температуры кристаллизации смеси 0,01М

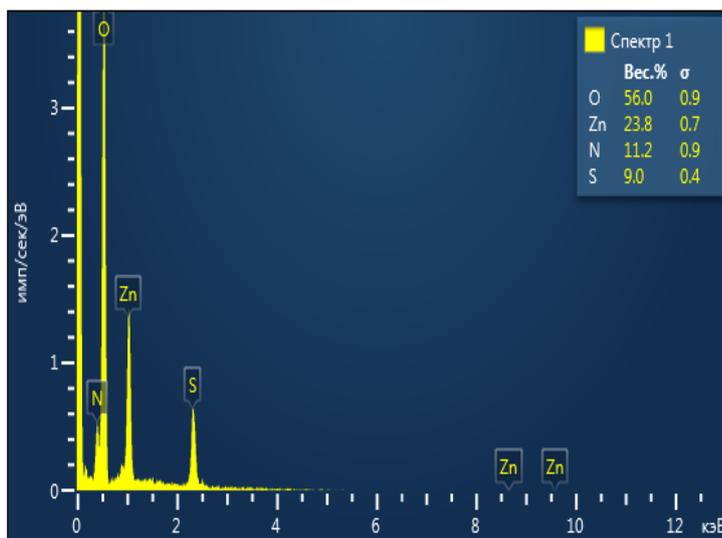


Рис. 11. Количественный анализ соединения $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ с помощью энергетически-дисперсионной спектроскопии (ЭДС)

растворов в зависимости от соотношения $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]$.

На рисунке 12 представлены результаты зависимости изменения физико-химических свойств растворов от соотношения компонентов в системе $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]$. Физико-химические характеристики разбавленных растворов в системе $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]$, показывают наличие одного перегиба при соотношением $[\text{ZnSO}_4(0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4(0,01\text{M})]=4:6$. Из приведенных данных по характеристик разбавленных растворов в системе $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M})]:[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]$ видно, что при соотношении 4 молекул сульфата цинка и 6 молекул МАФ происходит изменение состава смеси, что указывает на возможное протекание обменной реакции

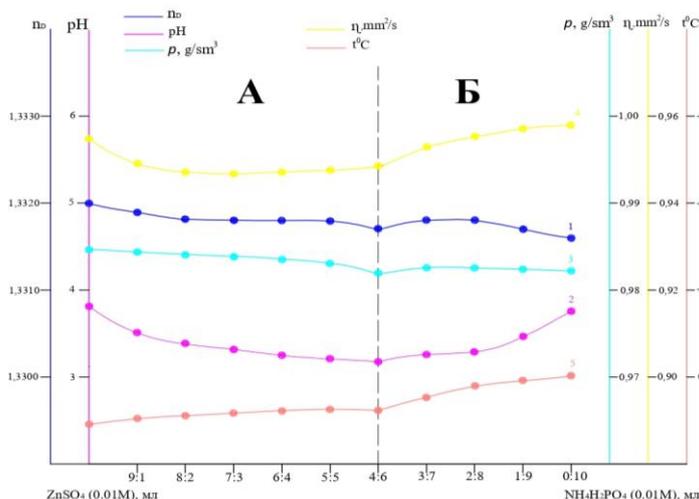


Рис. 12. Изменение физико-химических свойств растворов в зависимости от соотношения компонентов в системе $[\text{ZnSO}_4 (0,01\text{M}) + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 (0,01\text{M})]$

При введении раствора сульфата цинка в 20%-ный раствор диаммонийфосфата образуется раствор, из которого кристаллизуется мягкий, мукообразный белый осадок.

Химический анализ твердой фазы после промывки и сушки показал наличие цинка, фосфора и азота. Проведенные расчеты на основе результатов элементного анализа с внутренней части образцов,

выделенных из раствора диаммонийфосфата, содержат, в основном, цинкаммоний-фосфат, содержание которого составляет 96,63% от общего содержания цинка в осадке. Анализ образцов с поверхности кристаллов содержат, в основном, гидрофосфат цинка 95,31% и незначительное количество цинкаммонийфосфата в количестве 4,69% от общего содержания цинка в осадке.

Все образующиеся новые фазы при изучении систем на основе сульфата цинка выделены и идентифицированы с применением рентгенофазового, ИК-спектроскопического, дериватографического методов физико-химического анализа.

Для установления строения соединения моногидрата цинкаммонийфосфата проведены сравнения ИК-спектров и электронных спектров отражения в видимой области и показано, что молекула аммиака входит в состав цинкаммонийфосфата с образованием моноакваамингидрофосфата цинка $Zn(NH_3)(H_2O)HPO_4$, а не моногидрата цинкаммонийфосфата.

О вхождении молекулы аммиака в состав моноакваамингидрофосфата цинка свидетельствует отсутствие на ИК-спектре моноакваамингидрофосфата цинка интенсивной полосы при $3100-2900\text{ см}^{-1}$ характерной для катиона аммония, а также расчет параметров связи, при координации аммиака к $Zn(2)$ силовая константа N-H связи по сравнению f_{NH_3} уменьшается от 6,31 до 5,50 н/см, а межатомное расстояние увеличивается от 1,006 до 1,038 Å.

Четвертая глава «Изучение влияния технологических параметров на процесс получения NPK-удобрений, содержащих цинк» посвящена технологическим исследованиям и применению NPK-удобрений, разработке технологии получения NPK-удобрений, содержащих цинк.

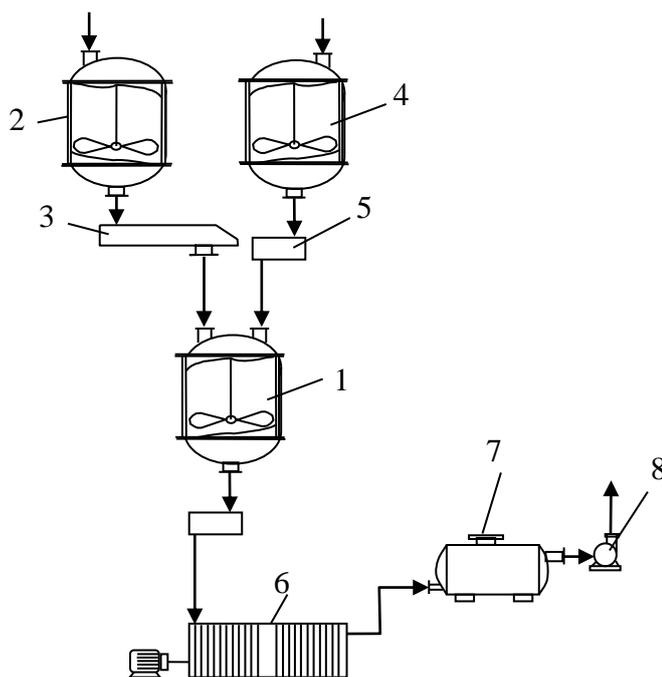


Рис. 13. Схема установки для сернокислотного извлечения микроэлементов:

1- реактор; 2- бункер; 3- дозатор; 4- емкость; 5- щелевой дозатор; 6- ленточный фильтр; 7- емкость; 8- насос.

На основе выше приведенных результатов исследований по извлечению микроэлемента цинка, установлена возможность использования растворов аммиака, серной, термической и экстракционной фосфорной кислот для извлечения цинка из микроэлементсодержащего сырья – циклонной пыли сталеплавильного цеха АО «Узметкомбинат» (Бекабад). Схема установки для аммиачного, сернокислотного и фосфорнокислотного выщелачивания микроэлементов изображена на рисунке 13.

Проведенные исследования взаимодействия сульфата цинка с основными компонентами НРК-удобрений позволили установить концентрационные пределы растворимости сульфата цинка в растворах основных компонентов НРК-удобрений. Для установления концентрационных пределов растворения цинка в смеси компонентов НРК-удобрений были приготовлены растворы НРК-удобрений с соотношением $N:P_2O_5:K_2O$ 5:10:15, 15:15:15 и 8:20:30, в которые вводили раствор сульфата цинка. Раствор вводили до появления мути. Максимальное содержание цинка в растворе с соотношением 5:10:15 составляет 0,06% цинка, для соотношения 15:15:15 составляет 0,06%, а для соотношения 8:20:30 составляет 0,10% цинка. Это указывает на возможность введения сульфата цинка в состав НРК-удобрений в количестве не более 0,5 кг цинка или не более 2 кг в виде гептагидрата сульфата цинка. При этом содержание цинка в НРК-удобрении составит 0,05%. При введении цинка более 0,05% при растворении НРК-удобрения цинк будет выпадать в осадок. Следовательно, сульфат цинка в состав НРК-удобрений можно вводить до стадии грануляции в предварительно измельченные компоненты НРК-удобрений в виде порошка или водного раствора сульфата цинка.

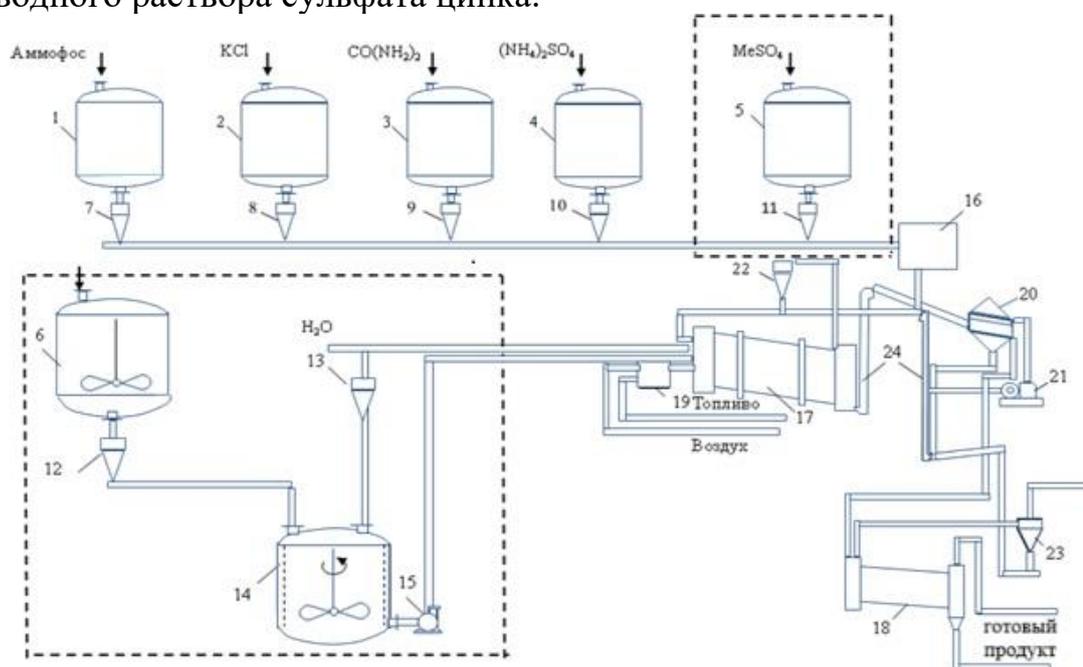


Рис. 14. Технологическая схема получения НРК-удобрений с микроэлементами: 1-6 – бункеры; 7-12 – дозаторы; 13 – расходомер; 14 – реактор; 15, 21 – насосы; 16 – дробилка; 17 – гранулятор; 18 – сушильная установка; 19 – топка; 20 – сито; 22, 23 – циклоны; 24 – элеваторы.

Полученные результаты исследований позволили разработать принципиальную технологическую схему получения NPK-удобрений с цинком (рис. 14). Технологический процесс состоит из следующих стадий:

- дозирование основных компонентов NPK-удобрений – аммофоса, карбамида, хлористого калия, сульфата аммония в нужных соотношениях:

- введение сульфата цинка;
- измельчение тукосмеси;
- увлажнение и грануляция удобрения;
- сушка и затарка готового удобрения.

Второй вариант получения NPK-удобрения с цинком предусматривает растворение сульфата цинка в воде, подающей на стадию грануляции.

Для получения полностью водорастворимого NPK-удобрения в качестве фосфорсодержащего компонента используют моноаммонийфосфат (12:61), а в качестве калийной составляющей сульфат калия.

Эта технологическая схема позволяет получать и NPK-удобрения для основного внесения непосредственно в почву в виде усвояемой формы микроэлементов. Для этого в качестве компонентов NPK-удобрений используют карбамид, хлористый калий, сульфат аммония и аммофос, содержащий цинк.

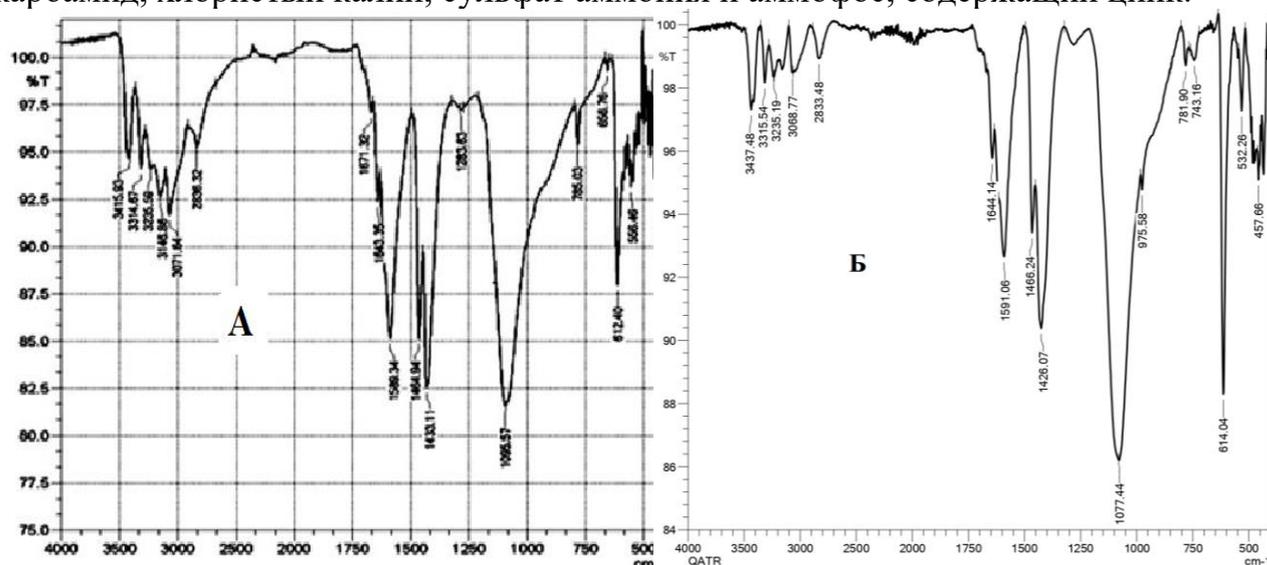


Рис. 15. ИК-спектры цинксоодержащего удобрения NPK (15:15:15)

По результатам наших исследований инфракрасный спектральный анализ, предложенный нами (Б) цинксоодержащего NPK-удобрения (15:15:15) подтвердил сходство химических связей (А) цинксоодержащего NPK-удобрения (15:15:15), импортированного из-за границы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучено влияние различных факторов на степень извлечения цинка из пыли с циклонов сталеплавильного цеха АО «Узметкомбинат» растворами аммиака и хлорида аммония, серной, термической фосфорной и экстракционной фосфорной кислот. Установлено, что максимальная степень извлечения в растворы аммиака составляет 95,6%, серной кислоты 66,7%, термической фосфорной кислоты 78,5%, экстракционной фосфорной

кислоты 81,9%. Выявлены оптимальные технологические параметры выщелачивания цинка из пыли.

2. Для обоснования поведения цинка в растворах NPK-удобрений изучено изменение физико-химических характеристик (плотности, вязкости, pH, температуры кристаллизации, показателя преломления света) разбавленных 0,01 М растворов смесей сульфата цинка и компонентов NPK-удобрений – хлористого калия, нитрата калия, сульфата аммония, нитрата аммония, моноаммонийфосфата методом изомолярных серий. Установлено, что зависимости физико-химических показателей растворов имеют переломную точку, что указывает на изменение состава раствора и протекание обменной реакции.

3. Для физико-химического обоснования и установления концентрационных и температурных интервалов изучена растворимость выше указанных систем визуально-политермическим методом. Установлено в системах образование новых фаз: в системе $\text{KNO}_3\text{--ZnSO}_4\text{--H}_2\text{O}$ соединения $\text{K}_2\text{SO}_4\cdot\text{ZnSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, в системе $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{--ZnSO}_4\text{--H}_2\text{O}$ соединения $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\cdot\text{ZnSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и в системе $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{--ZnSO}_4\text{--H}_2\text{O}$ соединения $\text{ZnSO}_4\cdot\text{NH}_4\text{NO}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, которые занимают большую часть диаграммы, что указывает на их низкую растворимость. Соединения выделены и идентифицированы химическими и физико-химическими методами анализа.

4. Изучено поведение сульфата цинка в растворах моноаммоний и диаммонийфосфатов. При введении сульфата цинка в 20% раствор моноаммонийфосфата в осадок выпадает моногидрат гидрофосфата цинка и pH раствора снижается до 2,9, при введении сульфата цинка в раствор диаммонийфосфата обнаружено образование смеси солей – моногидрата гидрофосфата цинка и моногидрата цинкаммонийфосфата, а pH раствора повышается до 6,9.

5. Проведен сравнительный анализ ИК-спектров и электронных спектров отражения в видимой области соединений $\text{ZnHPO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ и $\text{ZnNH}_4\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ и установлено, что молекулы аммиака и воды входят в состав цинкаммонийфосфата с образованием моноакваамингидрофосфата цинка $\text{Zn}(\text{NH}_3)(\text{H}_2\text{O})\text{HPO}_4$, а не моногидрата цинкаммонийфосфата $\text{ZnNH}_4\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$. О вхождении молекулы аммиака в состав моноакваамингидрофосфата цинка свидетельствует отсутствие на ИК-спектре моноакваамингидрофосфата цинка интенсивной полосы при $3100\text{--}2900\text{ см}^{-1}$ характерной для катиона аммония, а также расчет параметров связи, при координации аммиака к Zn (2) силовая константа N-H связи по сравнению с f_{NH_3} уменьшается от 6,31 до 5,50 н/см, а межатомное расстояние увеличивается от 1,006 до 1,038 Å.

6. Разработаны технические решения получения NPK-удобрений, содержащих цинк, в усвояемой и водорастворимой формах, составлены схемы материальных потоков и материальные балансы производства NPK-удобрений с цинком для внесения непосредственно в почву и путем некорневой подкормки и капельного орошения.

7. Техничко-экономические расчеты указывают на рентабельность производства NPK-удобрений с цинком. Экономический эффект от реализации 1 тыс. тонн удобрения соствит 1,707 млрд. сумм.

8. Агрохимические испытания показали высокую эффективность NPK-удобрений с цинком повышении урожая хлопка-сырца на 4,2 ц/га.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT INSTITUTE OF NAMANGAN STATE
TECHNICAL UNIVERSITY**

NAMANGAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY

MAKHKAMOVA DILNOZA NE'MATJON QIZI

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR ZINC-CONTAINING NPK-
FERTILIZERS**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis

ABSTRACT

of dissertation o the doctor of philosophy (PhD) in TECHNICAL SCIENCES

Namangan – 2025

The title of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation is registered under number B2024.2.PhD/T4585 of the Supreme Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation was completed at the Namangan state technical university.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (summary) is posted on the web page of the Scientific Seminar (www.namdtu.uz) and the Information and educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Turaev Zokirjon

Doctor of Technical Sciences, docent

Official opponents:

Sultanov Bohodir

Doctor of technical science, professor

Khamdamova Shokhida

Doctor of technical science, professor

Leading organization:

Termez State University

The defense will take place “2” august 2025 at “10⁰⁰” hours at the meeting of the Scientific Council DSc.03/29.08. 2023.K/T.66.02 at Namangan state technical university at the address: 160103, Namangan, Kasansay str., 7, Tel: (0569) 234-14-85, Fax: (0569) 234-14-85; e-mail: info@namdtu.uz, Namangan State Technical University, Building 6, 1st floor, room № 303).

The dissertation is registered in the Information Resource Center of Namangan state technical university for No.37, which can be found in the information resource center (7 Kasansay str., Namangan, 160103. Tel: (0569) 234-14-85, Fax: (0569) 234-14-85).

The abstract of the dissertation was sent out 14th July 2025.
(register of the mailing protocol №7 of 14th July 2025).

O.K. Ergashev

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

O.T. Mallabayev

Scientific secretary of Scientific council on award of scientific degree, doctor of philosophy in chemical sciences, associate prof.

D.Sh. Sherkuziyev

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the study is to develop the physico-chemical analyzes and technologies of complex NPK-fertilizers containing the microelement zinc, using zinc sulfate and ferrous metallurgy waste.

The subject of the research was the technology of complex NPK-fertilizers and their components containing zinc, and the processes of extracting microelements from ferrous metallurgy waste.

The scientific novelty of the study is as follows:

the optimal technological parameters for the extraction of zinc from ferrous metallurgy waste using solutions of ammonia, sulfuric, and phosphoric acids have been determined;

it has been proven that in dilute solutions of the main components of NPK fertilizers and zinc sulfate, the physicochemical parameters of the solutions take extreme values, indicating the occurrence of interactions between the components;

the temperature and concentration for the formation of poorly soluble zinc compounds in aqueous solutions of the main components of NPK fertilizers and in solutions of NPK fertilizers containing zinc have been determined;

it has been substantiated that zinc sulfate in aqueous solutions interacts with the main components of NPK fertilizers - potassium nitrate, ammonium sulfate and nitrate - to form compounds $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$, $(NH_4)_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$, $NH_4NO_3 \cdot ZnSO_4 \cdot 3H_2O$, which have low solubility in an aqueous environment;

the compounds formed by the interaction of zinc sulfate with the components of NPK fertilizers were isolated, and their composition was identified by chemical and physicochemical analysis methods;

the structure of zinc monoaquamin hydrophosphate, a zinc compound formed by the interaction of zinc sulfate with diammonium phosphate, was determined;

the concentration limit of water-soluble zinc in saturated solutions of NPK fertilizers was determined;

technological schemes for the production of NPK fertilizers containing zinc in a soluble and plant-absorbable form have been developed;

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained in research on the extraction of zinc from industrial waste and the development of zinc NPK fertilizer technology based on it:

the technology of zinc extraction from dust from cyclones of the electric steelmaking shop of JSC Uzmetkombinat (Bekabad) is included in the list of promising developments of JV LLC IFODA AGROKIMYO HIMOYA designed for 2025-2028 (certificate No. 852 of JV LLC IFODA AGROKIMYO HIMOYA dated September 13, 2024). As a result, it becomes possible to obtain zinc-containing solutions from dust from cyclones of the electric steelmaking shop of JSC Uzmetkombinat;

the technology for producing zinc-containing NPK fertilizers using waste dust from the cyclones of the electric steelmaking shop of JSC Uzmetkombinat (Bekabad) is included in the list of promising developments of JV LLC IFODA AGROKIMYO HIMOYA for 2025-2028 (certificate Reference No. 852 of JV

LLC IFODA AGROKIMYO HIMOYA dated September 13, 2024). As a result, the possibility of producing NPK fertilizers with zinc for primary application to the soil was established.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation work consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 119 pages.

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

I bo'lim (I часть; part I)

1. Махкамова Д. Н., Исакова О.М., Ботирова Г.Ф. Тураев З. Исследования возможности получения цинксодержащих удобрений //Ученый XXI века. – 2022. – №. 10 (91). – С. 13-20. (35) CrossRef.

2. Makhkamova D., Turayev Z., Rozikova D., The interaction of salts of microelements with components of mineral fertilizers //Universum: technical sciences. – 2023. – №5 (110). (02.00.00. №1).

3. Makhkamova D.N., Turaev Z., Dedaboyeva M.N. Study of interaction of components in $ZnSO_4 - NH_4H_2PO_4 - H_2O$ system.// Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology – Наманган: НамМТИ, 2023. – Issue 4.-Vol 8. – PP. 135 – 140. (05.00.00, №33)

4. Махкамова Д.Н., Тураев З., Азизова У.Х. Исследования возможности получения цинковых удобрений // Андижон машинаозлик институти, Машинаозлик илмий-техника журнали. – Андижон: АндМИ, 2022. – № 6 (махсус сон). – Б. 160 – 166 (ОАК Rayosatining 2021 yil 30 dekabrda 310/14.2-son qarori bilan ОАК ilmiy nashrlar ro'yxatiga iqtisodiyot va texnika fan tarmoqlari bo'yicha milliy nashrlar sifatida kiritilgan).

5. Makhkamova D.N., Turayev Z., Sherquziyev D.Sh. $ZnSO_4 - KCl - H_2O$ tizimidagi komponentlarning o'zaro ta'sirini o'rganish // Андижон машинаозлик институти, Машинаозлик илмий-техника журнали. – Андижон: АндМИ, 2023. – № 3 (махсус сон). – Б. 417 – 421 (ОАК Rayosatining 2021 yil 30 dekabrda 310/14.2-son qarori bilan ОАК ilmiy nashrlar ro'yxatiga iqtisodiyot va texnika fan tarmoqlari bo'yicha milliy nashrlar sifatida kiritilgan).

II bo'lim (II часть; part II)

6. Makhkamova D., Turayev Z., Kucharov B. Research on the effect of microelement salt with fertilizer //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 486. – С. 01012. (<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448601012>) AGRITECH-IX 2023.

7. Makhkamova D.N., Turayev Z., Sherquziyev D.Sh. Studying solubility of the system zinc sulfate – ammonium sulfate – water // Андижон машинаозлик институти, Машинаозлик илмий-техника журнали. – Андижон: АндМИ, 2023. – № 3 (махсус сон). – Б. 421 – 425 (ОАК Rayosatining 2021 yil 30 dekabrda 310/14.2-son qarori bilan ОАК ilmiy nashrlar ro'yxatiga iqtisodiyot va texnika fan tarmoqlari bo'yicha milliy nashrlar sifatida kiritilgan).

8. Махкамова Д.Н., Исакова О.М., Мамаюнусова М.Ф., Розикова Д.А., Тураев З. $(NH_4)_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ нинг физик - кимёвий хоссаларини ўрганиш // Сборник материалов IV международной научно-теоретической конференции «Актуальные вопросы естественных наук (13 мая, 2023 г.)». – Нукус: NMPI, 2023.- С. 333-335

9. Махкамова Д.Н., Исакова О.М., Тураев З. $K_2SO_4 \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ нинг физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш // “Инновацион техника ва

технологияларнинг кишлоқ хўжалиги озик-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари” мавзусидаги 3-халқаро илмий-техник конференция материаллари тўплами (2023 йил, 20-21 апрель). – Тошкент: ТДТУ, 2023. – Б. 102-104

10. Makhkamova D., Turaev Z. Study of solubility of $\text{KNO}_3\text{--ZnSO}_4\text{--H}_2\text{O}$ system // «Таълим, фан ва ишлаб чиқаришнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги республика илмий – амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган: НамМТИ, 7-8 ноябрь, 2023 йил. – Б. 208-210

11. Махкамова Д.Н., Тураев З. $\text{K}_2\text{SO}_4\cdot\text{ZnSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ нинг физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш // «Таълим, фан ва ишлаб чиқаришнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги республика илмий – амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган: НамМТИ, 7-8 ноябрь, 2023 йил. – Б. 223-225

12. Махкамова Д.Н., Тураев З. $\text{ZnSO}_4 - \text{KNO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ тизимининг эрувчанлик политермаси // Фан ва ишлаб чиқариш интеграцияллашуви шароитида кимё технология, кимё ва озик овқат соҳасидаги муаммоларнинг инновацион ечимлари халқаро илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. – Наманган: НамМТИ, 6-7 ноябрь, 2023 йил. – Б. 57-59

13. Махкамова Д.Н., Тураев З. $\text{ZnSO}_4 - \text{KNO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ тизимидаги компонентларнинг ўзаро таъсирини ўрганиш // Фан ва ишлаб чиқариш интеграцияллашуви шароитида кимё технология, кимё ва озик овқат соҳасидаги муаммоларнинг инновацион ечимлари халқаро илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. – Наманган: НамМТИ, 6-7 ноябрь, 2023 йил. – Б. 13-16

14. Makhkamova D., Turayev Z., Ergasheva Z.Sh., Mamayunusova M.G. Separation of zinc from metallurgical waste using a mixture of ammonia and ammonium salts // “Физикавий ва коллоид кимё фанларининг фундаментал ва амалий муаммолари ҳамда уларнинг инновацион ечимлари” мавзусида халқаро илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. – Наманган: Наманган, 9-10 феврал, 2024 йил. – Б.1545-1546

15. Makhkamova D.N., Turayev Z., Nakimova X.N., Dedaboyeva M.N., Latifov M.Z. Extraction of zinc from cyclone dust with thermal phosphoric acids // I - международная научно-техническая конференция «РОЛЬ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ В СФЕРЕ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ, ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ» Посвящается памяти академика КАРИМА САДЫКОВИЧА АХМЕДОВА и его последователей. – Тошкент, 10-11 октябрь, 2024 йил. – Б. 515-516

16. Makhkamova D.N., Turayev Z., Nakimova X.N., Dedaboyeva M.N., Latifov M.Z. Zinc extraction from secondary raw materials of ferrous metallurgy // I - международная научно-техническая конференция «РОЛЬ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ В СФЕРЕ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ, ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ» Посвящается памяти академика КАРИМА САДЫКОВИЧА АХМЕДОВА и его последователей. – Тошкент, 10-11 октябрь, 2024 йил. – Б. 517-519

Avtoreferat Namangan muhandislik-texnologiya instituti ilmiy-texnika jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va o'zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi (11.07.2025 y.).

Bosishga ruxsat etildi: 12.07.2025 yil.
Bichimi 60x841/16, «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 3,0 Adadi: 100. Buyurtma: № 28/07
NamDTU bosmaxonasida chop etildi.
Namangan shahri, Kosonsoy ko'cha, 7-uy.