

**QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJA BERUVCHI
PhD.03/30.12.2019.T.20.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

QORAQALPOQ TABIIY FANLAR ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI

SAPAROVA GULNAR DAULETMURATOVNA

**MAGNIY SAQLOVCHI MAHALLIY XOM-ASHYOLARNI QAYTA ISHLAB,
MAGNIY NITRATI OLIH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH.**

02.00.13 – Noorganik moddalar va ular asosidagi materiyallar texnologiyasi

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

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

Saparova Gulnar Dauletmuratovna Magniy saqlovchi mahalliy xom-ashyolarni qayta ishlab, magniy nitrati olish texnologiyasini ishlab chiqish.....	3
Сапарова Гулнар Даулетмуратовна Разработка технологии получения нитрата магния путем переработки местных магнийсодержащих сырья.....	21
Saparova Gulnar Dauletmuratovna Development of magnesium nitrate extraction technology by recycling magnesium-containing local raw materials.....	39
E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati Список опубликованных работ List of published works.....	43

**QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJA BERUVCHI
PhD.03/30.12.2019.T.20.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

QORAQALPOQ TABIIY FANLAR ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI

SAPAROVA GULNAR DAULETMURATOVNA

**MAGNIY SAQLOVCHI MAHALLIY XOM-ASHYOLARNI QAYTA ISHLAB,
MAGNIY NITRATI OLIH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

02.00.13 – Noorganik moddalar va ular asosidagi materiyallar texnologiyasi

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

Falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida V2024.4.PhD/T5028 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Qoraqalpoq Tabiiy fanlar ilmiy tadqiqot institutida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar:

Kucharov Baxrom Xayrievich
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Rasmiy oponentlar:

Alimov Umarbek Kadirbergenovich
texnika fanlari doktori, professor
Reymov Karjaubay Dautbaevich
texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent

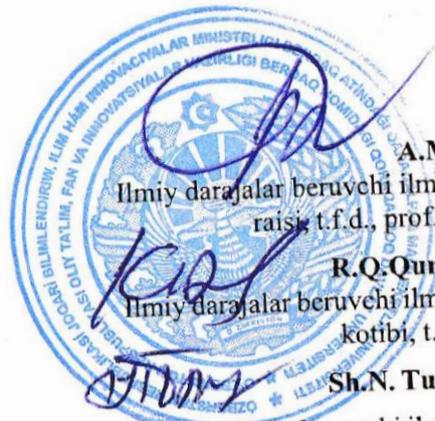
Yetakchi tashkilot

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti

Dissertatsiya himoyasi Qoraqalpoq davlat universiteti huzuridagi PhD.03/30.30.12.2019.T.20.03 raqamli ilmiy kengashning "7" avgust 2025 yil soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi (manzil: 230112, Nukus shahri, Ch.Abdirov ko'chasi, 1uy. Tel.: (99861) 223 - 60-47; faks: (99861) 223-60-78; e-mail: karsu_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Qoraqalpoq davlat universitetining axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 337- raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 230112, Nukus shahri, Ch.Abdirov ko'chasi, 1uy. Tel.: (+99861)223-60-47, faks (+99861) 223-60-78.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «21» iyul kuni tarqatildi.
(2025 yil "21" iyuldagi №4 raqamli reestr bayonnomasi).



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

R.Q.Qurbaniyazov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
kotibi, t.f.d., dosent

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

Kirish (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertasiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda magniy tarkibli birikmalarga, xususan, magniyli mineral o'g'itlar, qurilish sanoati uchun magnezial bog'lovchi materiallar va olovbardosh materiallarga bo'lgan talab ortib bormoqda. Mahalliy tabiiy resurslardan qo'shilgan qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarishda samarali foydalanish zamonaviy va barqaror iqtisodiy rivojlanish sharoitida alohida ahamiyat kasb etadi. Serpentinit singari magniy saqlovchi xom-ashyoni qayta ishlash orqali talab yuqori bo'lgan magniy birikmalarini, shu jumladan, tomchilatib sug'orish uchun yuqori samarali xlorsiz suvda eruvchan o'g'it sifatida qo'llaniladigan magniy nitratini olish sohadagi eng muhim yo'nalish hisoblanadi. Magniy saqlovchi mineralini nitrat kislotasi yordamida parchalanishi asosida talab yuqori bo'lgan magniyli birikmalarni olish texnologiyasini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish muhim ahamiyatga ega.

Jahonda magniy tarkibli birikmalarni olish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari keng olib borilmoqda. Bunda serpentinit kabi magniyli minerallarni kislotali qayta ishlashga katta e'tibor qaratilib, quyidagi ilmiy-texnik yo'nalishlarga: magniyli rudalarni nitrat kislotali qayta ishlashning optimal texnologik parametrlarini haroratga bog'liq holda magniy nitrat geksagidratini ajratib olish darajasiga qarab aniqlash; kislota konsentratsiyasi va me'yorlari, parchalanish kinetikasi; hosil bo'lgan nitrat kislotali eritmalarni gazsimon ammiak bilan neytrallashtirish, shuningdek, Qoraqalpog'iston serpentinitini nitrat kislotali parchalash asosida magniy tarkibli birikmalar olish texnologiyasini ishlab chiqishga alohida ahamiyat berilmoqda.

Respublikamizda magniy saqlovchi rudalar xususan, Qoraqalpog'iston serpentinitini singari minerallarning zahiralari katta bo'lgani sababli, uni kislotali qayta ishlash asosida magniyli birikmalar olish bo'yicha ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasini 2022-2026 yillarda rivojlantirish strategiyasining uchinchi yo'nalishida "...milliy iqtisodiyot barqarorligini ta'minlash, yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini amalga oshirishni davom ettirish" kabi muhim vazifalar qayd etilgan. Shu munosabat bilan serpentinit minerallarini nitrat kislotasi bilan parchalash orqali magniy nitrat geksagidrati va nitrat-magniyli suvda eruvchan o'g'itlar olish juda muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28-yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026 yillarda yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasi to'g'risida"gi farmoni va 2019 yil 3-apreldagi PQ-4265-sonli "Kimyo sohasini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori, shuningdek, 2020 yil 28-dekabrda PQ-4937-sonli "2021-2023 yillarda O'zbekiston Respublikasi investitsiya dasturini amalga oshirish chora-tadbirlari" to'g'risidagi hamda 2021 yil 13-fevraldagi PQ-4992-sonli "Kimyo sanoati korxonalarini yanada isloh qilish va moliyaviy sog'lomlashtirish, qo'shimcha qiymat yuqori bo'lgan kimyoviy mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirish chora- tadbirlari to'g'risida"gi qarorlari va ushbu sohada qabul qilingan boshqa

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

meʼyoriy-huquqiy hujjatlarda nazarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalarini rivojlantirishning asosiy ustuvor yoʻnalishlariga mosligi. Ushbu tadqiqot respublikadagi ilmiy va texnologiyalarni rivojlantirishning – “Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar” VII ustuvor yoʻnalishiga muvofiq ravishda amalga oshirildi.

Muammoni oʻrganilganlik darajasi. Ilmiy-texnik adabiyotlarda magniyli minerallarni qayta ishlash orqali magniyli birikmalar va oʻgʻitlar olish boʻyicha tadqiqotlar keng yoritilgan (Wulandari W., V. Pasikhani, N. Raza, Chen Y., D.Kramer, Perederin Yu.V., Gabdullin A.N., Jukov S.V., Shayaxmetova R.A., Aueshov A., Dikanbaeva A.K., O.B. Beyseev, Sh.S. Namazov, B.S. Zakirov, Erkaev A.U., Kadirova Z.R., Kucharov B.X., Pirimov T.J., Seytnazarov A.R., Alimov U.K., Tojiev R.R., Bobokulov O.S.)

R.G. Freydlin, Z.G. Oganesyanyan, A.R. Isaakyan, N.U. Umirzaxov va Aueshov A.P. ishlari magniyli minerallarni qayta ishlash jarayonlarini oʻrganishga qaratilgan boʻlib, magniy gidroksidlari, oksidlari va yongʻinga chidamli materiallarni olish maqsad qilingan. Serpentinitlarni qayta ishlash boʻyicha I.O. Usoltseva va T.N. Chernix past haroratli aktivasiya usullarini va magniy chiqishini oshirishda katalizatorlarni qoʻllashni taklif qilgan. A.N. Gabdullin Bajensk serpentinitini nitrat kislotasi bilan parchalash jarayonlarini tadqiq qilib, yuqori tozalikdagi magniy oksidi va kremniy dioksidi olish imkoniyatlarini oʻrgangan. Sh.S. Namazov, Kadirova Z.R., T.J. Pirimov, A.R. Seytnazarov, Bobokulova O.S., Tojieva R.R., D. Ergashev va boshqalarning tadqiqot ishlari mahalliy magniyli minerallardan qurilish materiallari, defoliantlar, suyuq oʻgʻitlar olish kompleks qayta ishlashga qaratilgan.

Lekin yuqoridagi tadqiqotlarda Qoraqalpoq koni serpentiniti mineralogik tarkibini, parchalashda kislotasiz kontsentrasiyasining taʼsiri, nitrat kislotasi parchalashdan olingan suspenziyaga ammoniylashtirish orqali magniy nitratli va magniy-ammoniy-nitratli, temir - magniy-ammoniy-nitratli oʻgʻitlar olish boʻyicha maʼlumotlar mavjud emas.

Dissertatsiya tadqiqotining bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bogʻliqligi. Dissertatsiya ishi Qoraqalpoq tabiiy fanlari ilmiy-tadqiqot institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq “Qoraqalpogʻiston agrorudalari asosida yangi turdagi organomineral oʻgʻitlarini olishning samarali texnologiyasini ishlab chiqish” (2021-2024y) mavzusidagi byudjet loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Qoraqalpogʻiston konidagi serpentinitni kompleks nitrat kislotasi qayta ishlashning fizik-kimyoviy asoslari va texnologiyasini ishlab chiqish hamda toza magniy nitrat geksagidratli, magniy-ammoniy nitratli (MANOʻ) va temir-magniy-ammoniy-nitratli (TMANOʻ) oʻgʻitlar olishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

Qoraqalpogʻiston serpentinitining element, kimyoviy va mineralogik tarkibini aniqlash;

dastlabki serpentinitni issiqlik bilan ishlov berish jarayoniga texnologik omillarning taʼsirini oʻrganish;

serpentinitni nitrat kislotali qayta ishlash jarayoniga issiqlik bilan ishlov berishning ta'sirini aniqlash;

ammonizasiya jarayonida serpentinitning nitrat kislotali suspenziyasiga pH ko'rsatkichining ta'sir qonuniyatlarini o'rganish;

$Mg(NO_3)-H_2O$, $NH_4NO_3-Mg(NO_3)-H_2O$ politermalarini qo'llagan holda ammoniylashtirilgan suspenziyani bug'latish va magniy nitrat geksagidratini kristallash jarayonining grafo-analitik tahlili;

Qoraqalpog'iston konidagi serpentinitning nitrat kislotali eritmasidan magniy-ammoniy-nitratli (MAMO') va temir-magniy-ammoniy-nitratli (TMAMO') o'g'itlarning optimal sharoitlari va tarkibini aniqlash;

oraliq suspenziyadagi qattiq zarrachalarning reologik xususiyatlari, filtrlanish va cho'kish tezligini o'rganish;

zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullarini qo'llagan holda asosiy va qo'shimcha mahsulotlarning element, kimyoviy, mineralogik va tovar xususiyatlarini aniqlash;

nitrat kislota yordamida serpentinitni kompleks qayta ishlashning printsiplial texnologik sxemasini ishlab chiqish, magniy nitrat geksagidrati olishning moddiy balansini tuzish hamda iqtisodiy samaradorligini hisoblash;

"Elektrokimyozavod" AJ-QK tajriba qurilmasida magniy nitrat olish texnologiyasining texnologik parametrlarini sinash va ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti sifatida Qoraqalpog'iston koni serpentiniti, magniy nitrat, nitrat kislotasi va ammoniy nitrat va tarkibida magniy bo'lgan o'g'itlar olingan.

Tadqiqotning predmeti Qoraqalpoq serpentinitini nitrat kislotali parchalash asosida ammonizasiya, cho'ktirish, kristallash, bug'latish usullari bilan magniy nitrat geksagidrati va azot-magniyli o'g'itlar olish jarayonining maqbul parametrlari va texnologik sharoitlarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertasiyada vizual-politermik, kimyoviy, fizik-kimyoviy (rentgenofazali, termogravimetriya, skanerlovchi elektron mikroskopik, mass-spektrometriya ISP-MS) tahlil usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Qoraqalpoq koni serpentinitini fizik-kimyoviy tahlil usullari natijasida ruda tarkibi (og'irlik %): $MgO-33,06$; $FeO-1,62$; $Fe_2O_3-6,63$; $Al_2O_3-2,47$; $CaO-1,82$; $Na_2O-1,56$; $SiO_2-41,42$ % tashkil etishi aniqlangan va magniy nitrat olishda foydalanish imkoniyatlari yaratilgan;

parchalanish jarayonida eritmadagi magniy va temir ionlari konsentratsiyasiga, filtrasiya koeffisientiga va suspenziya qattiq fazasining cho'kish tezligiga jarayon harorati, davomiyligi, shuningdek nitrat kislotasining boshlang'ich konsentratsiyasi ta'siri aniqlangan va ularning o'zaro bog'liqligi ilmiy asoslangan;

serpentinitni kislotali parchalash jarayonida hosil bo'lgan erimaydigan cho'kmaning sektorning joylashuviga qarab kremniy miqdori 36,7-38,4%, kaltsiy, magniy va alyuminiy miqdori mos ravishda 0,1-0,2; 4,9-6,1 va 0,9-1,0 foizni tashkil etishi aniqlangan;

HNO₃ ning belgilangan konsentrsiyalari va parchalanish haroratida asosiy filtratdan magniy oksidini ajratib olish darajasini oldindan aniqlash imkonini berishi nomogramma orqali isbotlangan;

serpentinitni nitrat kislotali parchalashdan olingan eritmalarni gazsimon ammiak bilan ammoniyashtirish orqali magniy nitratni ajratib olish jarayoni o'rganilgan, bunda ammoniyashtirish va bug'latishning maqbul parametrlari aniqlangan;

magniy, ammoniy nitratlari va suvni o'z ichiga olgan murakkab tizim tarkibiy qismlarining o'zaro ta'siri to'g'risida yangi ma'lumotlar olingan, magniy-ammoniy-nitratli o'g'it olish jarayonini asoslovchi ularning politermik eruvchanlik diagrammalari tuzilgan;

Qoraqalpoq koni serpentinitning nitrat kislotali parchalashdan olingan magniy-ammoniy-nitratli (MANO') va temir-magniy-ammoniy-nitratli (TMANO') o'g'itlarning maqbul sharoitlari va tarkiblari aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

serpentinitni nitrat kislotasi bilan parchalash jarayonining optimal shart-sharoitlari aniqlangan;

serpentinitni nitrat kislotasi bilan parchalangandan keyin, ammonizasiya, bug'latish va kristallanish usullari orqali magniy nitratni geoksidratini olishning optimal texnologik parametrlari ishlab chiqilgan;

magniy nitratni geoksidrati va azot-magniyli o'g'itlarni olish uchun texnologik sxema va moddiy hisobi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalari ishonchliligi. Tadqiqot natijalari asosida olingan o'g'itlar va hom-ashyolar tarkibi, xossalari kimyoviy va fizik-kimyoviy tahlil usullari laboratoriya tajribalari va kattalashtirilgan sanoat-tajriba sinovlar bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Ishning ilmiy ahamiyati, serpentinitni nitrat kislotasi bilan parchalash jarayonining texnologik parametrlari, filtrasiya va ammoniyashtirish orqali nitrat kislotasi eritmasidan qo'shimchalardan ajratish jarayoniga ta'sir etish qonuniyatlarini ilmiy asoslash, shuningdek, magniy nitratni eritmasini tozalash, bug'latish va kristallizasiya jarayonlarini o'rganish, magniy nitratni - ammoniy nitratni - suv tizimini politermik usulda o'rganish va ularning eruvchanlik diagrammalarini qurish orqali nitrat-magniyli o'g'itlarni olish jarayonini asoslash bilan izohlanadi.

Ishning amaliy ahamiyati, serpentinitni nitrat kislotasi parchalanishi va undan aralashmalarni cho'ktirib qayta ishlash orqali mahsulot olish va nitrat-magniyli suvda eruvchan o'g'itlar olish texnologiyasi ishlab chiqishdan iborat. Bu texnologiya serpentinitni qayta ishlab o'g'itlar va boshqa kimyoviy birikmalar ishlab chiqarish uchun qimmatli mahsulot - toza magniy nitratni samarali olish imkonini beradi. Ushbu jihatlar kimyo sanoati va qishloq xo'jaligining iqtisodiy rentabelligini va barqaror rivojlanishini ta'minlashga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarini joriy qilinishi. Qoraqalpoq koni serpentinitning nitrat kislotali parchalanishi orqali magniyli birikmalar olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy ma'lumotlar asosida:

dastlabki va termik ishlov berilgan serpentinitni nitrat kislotali parchalash asosida magniy nitrat olish texnologiyasi “Elektrokimyozavod” AJ QKning “2025-2027 yillarda amalga oshirish uchun istiqbolli ishlanmalar” ro‘yxatiga kiritilgan (“Elektrokimyozavod” AJ-QKning 2024yil 4-noyabrdagi 132-son ma’lumotnomasi). Natijada, mahalliy xomashyo asosida import qilinadigan magniy geksagidratini ishlab chiqarish imkoniyati yaratilgan;

Qoraqalpoq serpentinitni nitrat kislotali qayta ishlash asosida azot-magniyli o‘g‘itlarni olish texnologiyasi “Elektrokimyozavod” AJ-QKning “2025-2027 yillarda amalga oshirish uchun istiqbolli ishlanmalar” ro‘yxatiga kiritilgan (“Elektrokimyozavod” AJ-QKning 2024yil 4-noyabrdagi 132-son ma’lumotnomasi). Natijada, mahalliy xom ashyodan qishloq xo‘jaligi ekinlarini tomchilatib sug‘orish uchun suvda eriydigan nitrat-magniyli o‘g‘itlarni olish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarini aprotasiyasi. Ushbu tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy konferentsiyalarida muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarini e‘lon qilinishi. Dissertasiya mavzusida jami 11 ta ilmiy ish, shu jumladan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestasiya komissiyasi tomonidan doktorlik (PhD) dissertasiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta ilmiy maqola, shundan 2 ta respublika va 3 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertasiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertasiya ishi kirish, to‘rtta bob, xulosa, adabiyotlar ro‘yxati va ilovadan iborat. Dissertasiya hajmi 120 betdan iborat.

DISSERTASIYANING ASOSIY MAZMUNI

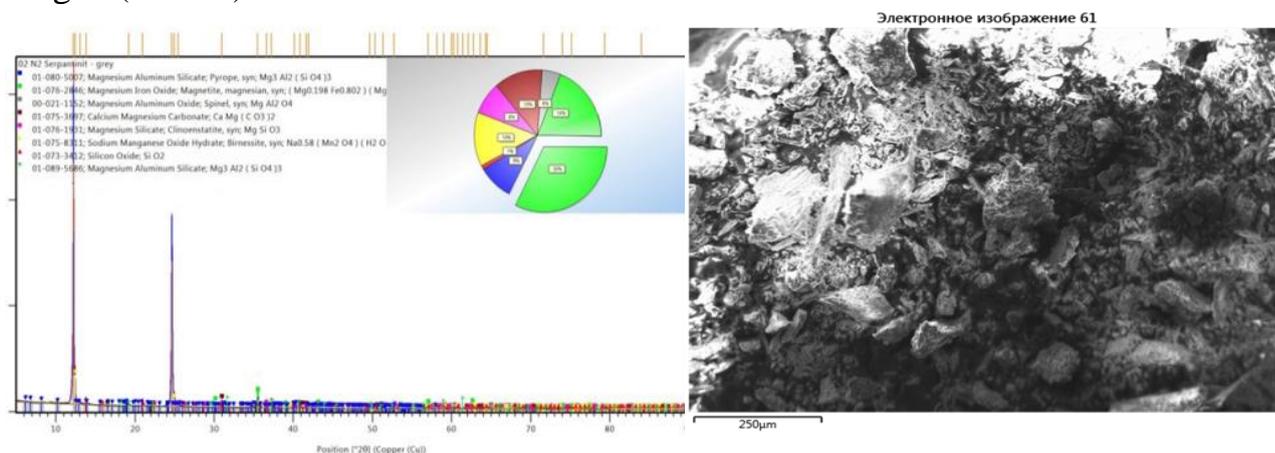
Kirish qismida ishning dolzarbligi va muhimligi, tadqiqotning maqsadi va vazifalari asoslab berilgan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi, natijalarning ishonchligi, tadqiqot natijalari, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari qayd etilgan. Natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati, ilmiy natijalarning aprotasiyasi, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertasiyaning tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertasiyaning “Magniy saqllovchi minerallarning xususiyatlari va ularni qayta ishlashning zamonaviy texnologiyalari” deb nomlangan birinchi bobida magniy silikatli serpentinit metamorfik jinslarning xususiyatlari va ishlatilishi bo‘yicha adabiyotlar ko‘rib chiqilgan. Serpentinitlarning asosiy fizikaviy va kimyoviy xossalari muhokama qilingan, shuningdek ularning qurilish, keramika, qishloq xo‘jaligi va metallurgiya kabi ko‘plab qo‘llanilish sohalari, forsterit, magniy birikmalari va boshqa qimmatbaho materiallar ishlab chiqarish uchun serpentinitning turli mineral kislotalar yordamida parchalanish jarayonlari va uni kimyoviy qayta ishlash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Adabiyotlar tahlili asosida tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan.

“Tadqiqot obyektlari va usullari” deb nomlangan ikkinchi bobda dastlabki xom-ashyo va ularni tahlil qilishning fizik-kimyoviy usullari batafsil ko‘rib chiqilgan. Fizik-kimyoviy tahlil usullari asosida Qoraqalpoq konidagi

serpentinitning serpentinit rudasi tarkibida SiO_2 – 40,29; CaO – 4,76; Al_2O_3 – 2,21; Fe_2O_3 – 8,83; MgO – 33,0; TiO_2 – 0,08; CaO – 0,86; SO_3 – 0,10; k.y.-11,52 bor.

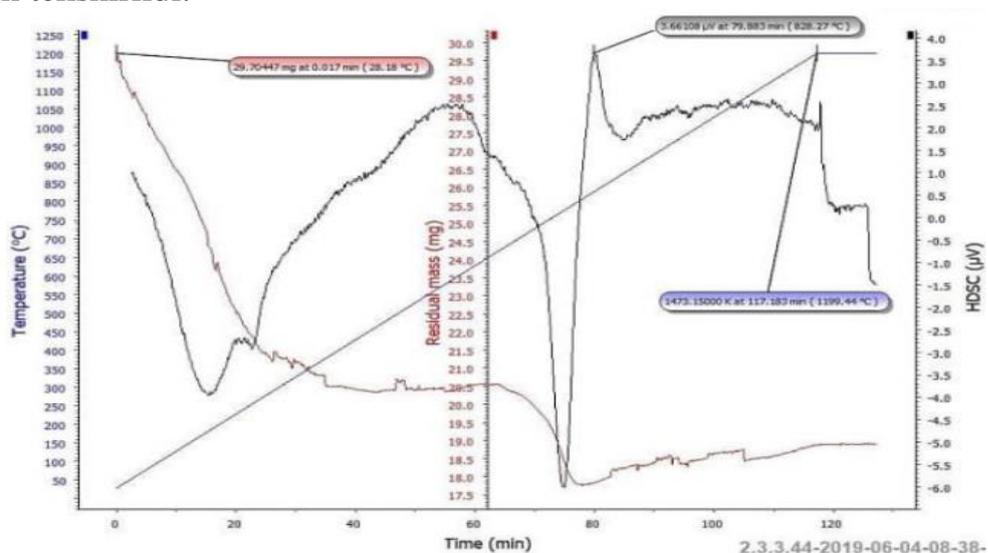
Rentgen fazasini tahlil natijalarida xom-ashyo tarkibida magnetit, magnezit, dolomit, shpinel, klinoenstatit, birnessit va pirof mineralning mavjudligi qayd etilgan (1-rasm).



1-rasm. Qoraqalpoq konidan olingan serpentinitning rentgen va mikroskopik tasviri

Dissertasiyaning “Magniy nitrat olish uchun Qoraqalpoq serpentinitni qayta ishlash jarayonini o‘rganish” deb nomlangan uchinchi bobida dastlabki va termik ishlov berilgan serpentinitning nitrat kislotali parchalanishi uchun maqbul sharoitlari aniqlash, nitrat kislotali parchalanish maxsulotlaridan qo‘shimchalarni ajratish uchun filtrlash va ammonizasiya jarayonlari, shuningdek, toza magniy nitrat olish uchun eritmalarining bug‘lanish va kristallanish jarayonlari, cho‘kmalar tarkibi o‘rganilgan.

Derivatogrammalarni chuqur o‘rganish uchun dastlabki modda 178, 249, 587, 765, 825⁰C haroratgacha qizdirildi va olingan mahsulotlar rentgen fazali tahlili bilan tekshirildi.



2-rasm. Serpentinit derivatogrammasi

Derivatogrammadagi ma‘lumotlarida (DTA va TG egri chiziqlarining xarakteri bo‘yicha) mineralning bosqichma-bosqich degidratasiyasi bilan bog‘liq

aniq piklar ajralib turadi (2-rasm). Birinchi dublet endotermik effekt 200-270°C harorat oralig'ida olingan bu adsorbsiyalangan suvning ajralib chikishi bilan bog'liq, ikkinchisi esa dastlabki struktura buzilishi bilan bog'liq – 680°C (tg bo'yicha bu sohadagi massa yo'qotilishi 27,5% ni tashkil qiladi). 775°C haroratda eng chuqur endotermik effekt ko'rinadi, bu mineralni degidratasiyasi va rekristallyasiyada HMg_2SiO_4 strukturasi hosil bo'lishi bilan bog'liq (massaning nisbiy yo'qolishi 8,75% ni tashkil qiladi). Namunalarda 820°C dan so'ng kichik lokal erishlar kuzatildi.

Termik ishlov berish imkoniyatlarini to'liq asoslash uchun namunalarni turli haroratlarda kuydirish jarayoni o'rganib chiqildi. Tajribalar 178 dan 825°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida 1 soat davomida o'tkazildi. MgOning massa ulushi $t=178^\circ\text{C}$ da 33,67% ni tashkil etdi, $t=825^\circ\text{C}$ da esa 37,97% gacha oshdi. Olingan ma'lumotlarga ko'ra, oraliq fazalar asosan temir va alyuminiy silikat $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ (kulrang kukun) dan iborat. 765-825°C da olingan jigarrang modda magniy ortosilikat $\text{H}(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))_8$ dan iborat. Asosiy xom-ashyo tarkibida mavjud bo'lgan boshqa birikmalar ushbu haroratlarda parchalanib, rentgenoamorf fazalarni hosil qiladi. 587°C da kuygan serpentinitning rangi kulrang rangidan och jigarrangga va keyinchalik to'q jigarrangga o'zgarishi qayd etildi. Bu jarayon temir saqlagan minerallarning qayta kristallanishi va oksidlanishi bilan bog'liq. Xususan, 765°C va 825°C darajadagi haroratlarda 01-077-1027 va 01-076-0551 kodlari bo'yicha magniy va temir silikatlar miqdori, mos ravishda 13% va 10% ni tashkil etdi.

Nitrat kislotali parchalanish jarayoni uchun maqbul sharoitlarni aniqlash maqsadida jarayon davomiyligi, temperatura va nitrat kislotasi konsentrasiyasining magniy va temir ionlarining eritmaga ajralib chiqish konsentrasiyasiga ta'siri, eritmaning filtrasiya tezligi hamda suspenziyaning qattiq fazasining cho'kishi (2-jadval) o'rganildi.

2-jadval

Texnologik jarayonlarning dastlabki serpentinitning nitrat kislotada parchalanishining analitik parametrlariga ta'siri

№	Nitrat kislotada kons., %	Jarayon davomiyligi, min	Jarayon temp, °C	Suspenziya Q:S nisbat	Suspenziya muhiti, pH	Suyuq fazaga MgO chiqish unumi, %
1.	30	60	40	3,1:1	0,23	7,76
2.	40	60	40	2,8:1	0,05	5,66
3.	50	60	40	2:1	-0,15	4,94
4.	30	60	60	3,3:1	-0,19	4,09
5.	40	60	60	2,4:1	-0,41	3,34
6.	50	60	60	1,9:1	-0,64	3,4
7.	30	60	80	3,4:1	-0,34	8,7
8.	40	60	80	2,6:1	-0,52	11,8
9.	50	60	80	1,5:1	-0,72	7,7
10.	50	90	40	1,7:1	-0,80	6,9
11.	50	120	40	1,6:1	-0,94	6,17
12.	50	240	40	1,7:1	-0,95	8,4
13.	40	120	95	1,9:1	-0,78	24,4

O'rganilgan diapazonlarida suspenziyaning Q:S nisbati va pH qiymati mos ravishda 1,5:1÷3,4:1 va -0,4÷ 0,23 intervallari atrofida bo'ladi. Nitrat kislota kontsentrasiyasining pasayishi bilan suspenziyaning Q:S nisbati va pH darajasi oshadi. Masalan, kislota kontsentrasiyasi 50 dan 30%gacha pasayishi va temperaturaning 40 dan 80⁰C gacha oshishi bilan Q:S va pH qiymati mos ravishda 2:1, 1,5:1 va -0,15, -0,72 dan 3,1 va 0,23, -0,34 gacha ortadi.

Yuqori sharoitda (kislota kontsentrasiyasi 40-50%, jarayon harorati 95⁰C gacha) magniy oksidining suyuq fazaga maksimal chiqishi, jarayon uzoq vaqt davom etsa ham 24,4% dan oshmaydi. Shuning uchun xom-ashyoning reaksiyon kobilyatini yaxshilash uchun 450 dan 800⁰C gacha, 30-120 daqiqa davomida termik ishlov berilgan serpentinitdan foydalanildi. Termik ishlov berilgan serpentinitdan foydalanganda, haroratga qarab, magniy oksidining chiqish unumi 8,46 dan 70% gacha oshadi, masalan, 450, 587, 765 va 800⁰C da tajribalarida bir xil sharoitda suyuq fazadagi magniy oksidi miqdori mos ravishda 1,97; 2,08; 6,57 va 7,68% oshdi.

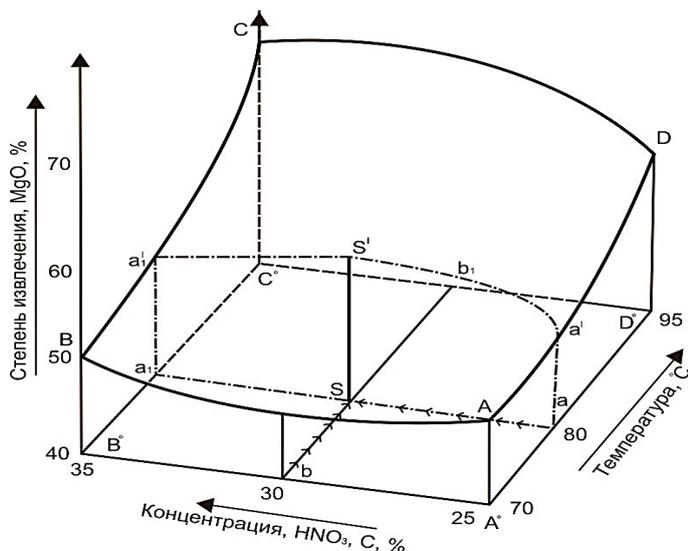
3-jadval

Texnologik parametrlarning termik ishlangan serpentinitning nitrat kislotali parchalanishining analitik parametrlariga ta'siri

Termik ishlov temperaturasi, °C	Termik ishlov davomiyligi, min	Nitrat kislota kons., %	Jarayon davomiyligi, min	Jarayon temp, °C	Suspenziya Q:S nisbat	Suspenziya muhiti, pH	Suyuq fazaga MgO chiqish unumi,%
450	30	30	30	95	4,0:1	1,224	26,2
450	60	30	60	95	4:1	1,2166	28,5
450	90	30	90	95	3,9:1	1,2025	27,2
587	90	30	90	95	2,9:1	1,101	22,2
765	90	30	90	95	1,1	1,186	57,2
800	60	30	30	70	1:1,9	1,616	46,3
800	60	30	30	80	1:1,3	1,143	57,4
800	60	30	30	95	1:1,6	1,1899	68,1
800	60	25	30	70	1:2,16	1,150	49,2
800	60	25	30	80	1:1,5	1,113	54,4
800	60	25	30	95	1:1,7	1,2677	56,8
800	30	30	120	95	1:1,3	1,2826	66,5
800	60	30	120	95	1:1,25	1,3232	72,2
800	90	30	120	95	1:1,1	1,0394	75,2
800	90	30	30	95	1:1,05	1,6360	68,2
800	90	30	60	95	1:1,07	1,130	68,3
800	90	30	90	95	1:1,1	1,197	73,3
800	60	35	30	70	1,25:1	1,322	51,4,
800	60	35	30	80	1,3:1	1,3049	53,4
800	60	35	30	95	1,15:1	1,4507	63,3
800	60	30	30	95	1:0,9	1,2863	70

Serpentinitning kuydirilishi uning mineralogik tarkibi va fizik xususiyatlarining o'zgarishiga, xususan, g'ovakliligi va kontakt yuzasining oshishiga olib keldi, bu esa uning katalitik faolligini sezilarli darajada oshirdi. Ushbu modifikatsiyalar serpentinit aktiv markazlarining reagentlar bilan yanada

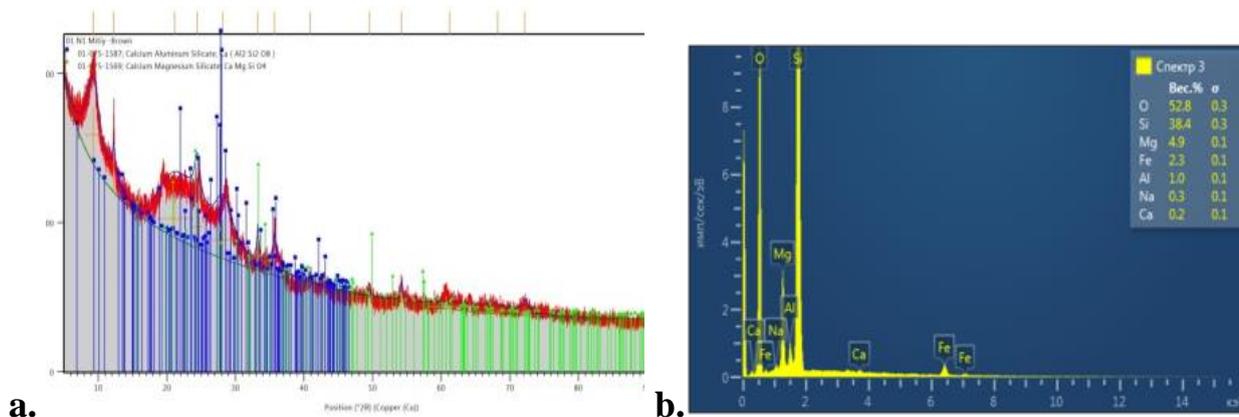
samarali o‘zaro ta‘sirini ta‘minlab, kimyoviy reaksiyalarning tezligi va to‘liq borishini oshirdi.



3-rasm. MgO suyuq fazaga o‘tish darajasini parchalanish jarayonida nitrat kislota kontsentratsiyasiga va jarayonning haroratiga qarab aniqlash nomogrammasi

3-rasmda magniy oksidini suyuq fazaga chiqish darajasini nitrat kislota kontsentratsiyasi va haroratga qarab aniqlash nomogrammasi ko‘rsatilgan. Nomogramma 70⁰C haroratda nitrat kislota kontsentratsiyasining oshishi bilan chiqish unumi oshadi, harorat 90⁰C dan yuqori oshishi bilan esa o‘zgarmaydi. 95⁰C da kislota kontsentratsiyasining 30% dan oshishi chiqish unumiga ta‘sir qilmaydi, aksincha, azot oksidining gaz fazasiga yo‘qolishi ortadi. Ushbu nomogramma HNO₃ ning belgilangan kontsentratsiyasida va parchalanish haroratida magniy oksidining asosiy filtratga o‘tish darajasini aniqlaydi.

Erimaydigan cho‘kmani yuvish samaradorligiga texnologik parametrlarning (cho‘kma/suv nisbati, yuvish shartlari) ta‘siri o‘rganildi. Yuvish uchun suv miqdorini 2 barobar oshirilsa, yuvish darajasi aralashtirmasdan yuvishda 26,4 dan 59,1% gacha, aralashtirish bilan yuvishda esa 51,3 dan 68,2% gacha oshadi. Yuvish paytida aralashtirish yuvish darajasini 24,9% gacha oshiradi (cho‘kma/suv nisbati = 1:1) va 9,1% ga (cho‘kma/suv nisbati 1:2), filtrlash tezligi esa 3-4 marta oshadi.



4-rasm. Erimaydigan cho‘kmaning yuvishdan keyingi rentgenogramma (a) va energodispers spektri (b).

4-rasmdagi rentgennogrammada 83,0% kaltsiy alyuminiy silikat (01-075-1587) 12 % kaltsiy magniy silikat (01-075-1569) tarkibi ko'rsatilgan. Bu SiO₂ 70-76% amorf shaklda ekanligini anglatadi. Umumiy massaning 24-30% kaltsiy (alyuminiy va magniy) silikatlardan tashkil topgan kristall shaklida bo'ladi.

Suyuq fazadan temir va alyuminiy oksidlarini cho'ktirish uchun nitrat kislotali parchalash maxsulotini pH qiymati 1 dan 6 gacha oraliqda ammoniylash jarayoni olib borildi. Ammoniylashgan eritmalar filtrlandi va aralashmalardan ajratildi.

5-jadval

Ammoniylashgan suspenziyalarning tarkibi (ISP-MS analizi)

№	Suspenziya muxiti, pH	Elementlar miqdori, g/l						
		Na	Mg	Al	K	Ca	Fe	Mn
1	0,96	0,12	67,0	0,0013	0,14	0,0035	0,18	0,18
2	1,49	0,11	64,0	0,0012	0,13	0,001392	0,026	0,16
3	2,17	0,14	72,0	0,0014	0,18	0,001393	0,0071	0,22
4	2,48	0,13	71,5	0,84	0,16	0,001394	0,036	0,2
5	3,1	0,13	73,0	0,05	0,16	0,001395	0,00083	0,18
6	3,51	0,1	71,0	0,029	0,21	0,001396	0,00059	0,16
7	4,7	0,091	59,0	0,0018	0,12	0,001397	0,00064	0,13
8	5,08	0,076	46,0	0,0019	0,1	0,001398	0,00069	0,091
9	6,03	0,058	31,0	0,0001	0,089	0,001399	0,00066	0,01

Eritmalarning pH qiymati -0,56 dan 6,03 gacha oshgani sari alyuminiy va temir aralashmalarining konsentratsiyasi mos ravishda 0,47 va 0,12 yoki 0,0001 va 0,00066 g/l gacha o'zgardi. O'rtacha pH qiymatining -0,56 dan 3,1 va 3,51 gacha oshishi bilan magniy konsentratsiyasi darajasi 24 g/l dan 73 va 71,0 g/l gacha oshadi, bu holda boshqa oksidlar deyarli butunlay cho'kmaga tushib, magniy nitrat va ammoniy qolib, eritmadan chiqadi. Magniyning bir qismi pH qiymati 4,7 dan 6,03 gacha oshishi bilan cho'kadi va magniy ionlarining konsentratsiyasi 59 va 31 g/l ni tashkil qiladi. Ammonizatsiya va qattiq holatgacha bug'lanish jarayonlaridan so'ng tarkibida mos ravishda 0,02 va 0,012% alyuminiy va temir bo'lgan magniy-ammoniy-nitrat o'g'itini olish mumkin. Ozuqaviy elementlari summasi (azot-magniy) 39,5; 44,2 va 41,46 %, xususan, mos ravishda azot – 21,86; 22,5; 23,86% (undan 5,44; 4,74; 6,7 % ammoniy shaklida), magniy – 18,3; 21,7; 17,4%.

6-jadval

Ammonizatsiya jarayonining texnologik parametrlarga analitik ta'siri

Suspenziya muxiti, pH	Ammonizatsiyadan keyin sistemadagi Q:S nisbati	Cho'kma namligi, %	Aralashmalar cho'kish darajasi, %	
			Al	Fe
3,01	2,2:1	39,6	77,94	99,47
3,6	2,8:1	35,4	97,94	99,52

Eritma pH 3,01 dan 3,6 gacha oshishi bilan alyuminiy cho'kish darajasi 77,94% dan 97,94% gacha sezilarli darajada oshadi. Bu alyuminiy yuqori pH darajasida cho'kish samaradorligining oshishini ko'rsatadi, temirning cho'kish

darajasi ushbu diapazondagi deyarli o'zgarishsiz qolishi eritma pH ning temirning cho'kishiga kam ta'sir (99,47% va 99,52%) qilishni ko'rsatadi.

7-jadval

Ammonizatsiya jarayonining texnologik parametrlarga ta'siri

	Suspenziya muhiti, pH	Ammonizatsiyadan keyin sistemadagi Q:S nisbati	Suyuq fazaning 20 °C dagi realogik xususiyatlari	
			Zichlik, g/sm ³	Qovushqoqlik, mm ² /s
1.	0,96	19,7:1	1,255	1,559
2.	1,49	9,4:1	1,258	1,456
3.	2,17	6,9:1	1,288	1,628
4.	2,48	7,2:1	1,302	1,662
5.	3,11	4:1	1,276	1,459
6.	3,51	3,63:1	1,245	1,313
7.	4,71	4,19:1	1,275	1,335
8.	5,08	4,5:1	1,278	1,418
9.	6,03	1,7:1	1,249	1,461

Suspenziya pH qiymati 2,5 da maksimal zichlikni ko'rsatgandan so'ng, zichlikning keskin pasayishi kuzatiladi. Bu suyuq fazadagi erigan ayrim birikmalar (masalan metall gidroksidlari kontsentrasiyasi kamayishi) cho'kishi boshlanishi bilan bog'liq. Past pH (0,96-1,5) da qovushqoqlik avval 1,58 dan 1,45 mm²/s gacha kamaydi, taxminan pH 1,5-2,5 oraligida 1,66 mm²/s gacha keskin oshadi, bu erimagan ammoniyli tuz komplekslari kontsentrasiyasining oshishi bilan bog'liq. Dispers fazaning kontsentrasiyasini kamaytiradigan ba'zi komponentlarning cho'kishi tufayli pH 2,5–3,5 oraligida qovushqoqlik keskin kamayadi. Qiyin eruvchan mahsulotlarning shakllanishi bilan pH 3,5–5,0 da qovushqoqlik o'sishni boshlaydi va nisbatan barqaror bo'ladi. Yuqori pH (5,0–6,0) sohasida erigan moddalar kontsentrasiyasining oshishi tufayli qovushqoqlik yana ortadi.

Ammonizatsiyadan keyin suspenziya ajratish uchta asosiy usulda:

1-cho'ktirish; 2-vakuimli filtrlash va 3-tsentrifugalash orqali amalga oshirildi.

8-jadval

Qattiq fazaning cho'kish tezligi, %

Suspenziya muhiti, pH	Cho'kish qavomiyligi, min								
	10	30	60	90	120	240	360	480	600
2,5	-	-	5	7,4	11	48	54,5	66,3	100
2,98	-	-	5,3	8,1	12,4	44,6	53,4	70,1	100
3,5	-	1,5	8,2	17,6	24	41,4	58,1	69,2	100
4,1	-	4,4	9,5	15,2	21,9	45,8	66	84,3	100
5,12	-	7,05	14,7	22,3	38,2	54,1	64	87,2	100
6,18	-	3,6	11,8	21,8	37,2	58,3	69,1	79,2	100

Jarayonning boshida va oxirida sistemaga pH ta'siri farqlanmadi. Cho'kish darajasi 10-60 daqiqa oraligida 5-15% oraligida farq qiladi, bu esa Δ=10% farq qiladi. Jarayon oxirida, 240 daqiqadan ko'proq vaqt davomida ajralish darajasidagi farq kamayadi, 600 daqiqadan so'ng, har bir 100% ga etib, cho'kish darajasini hosil qiladi. Cho'kish tezligiga pH ta'siri 90-240 daqiqa oraligida aniq ko'rinadi, cho'kish darajasidagi farq 120daqiqa ichida 26,2 % ga etadi. 240 daqiqadan so'ng,

choʻkindining asosiy qismi, choʻkindining qolgan qismining choʻkish tezligi bir xil qiymatga yaqinlashadi. Bu pH ortishi bilan kichik aglomeratlar hosil boʻlishi bilan izohlanadi. Tajribalar shuni koʻrsatdiki, qattiq fazani ajratish va filtrlash tezligi juda pastligi uchun suspenziya sentrifuga usuli orqali amalga oshirildi.

9-jadval

Ammonizasiyalangan suspenziyani sentrifuga usuli orqali ajratish,%

Suspenziya muxiti, pH	Jarayon davomiyligi, min			
	5	10	15	20
2,5	34,1	64,5	86,3	100
2,98	25,6	76,4	90,2	100
3,5	31,4	78,1	89,2	100
4,1	35,8	86,2	94,3	100
5,12	34,1	84,1	97,2	100
6,18	58,3	79,1	89,2	100

Eritma pH qiymati ortishi bilan choʻkma miqdori ortadi. Shunga qaramay, turli xil pH qiymatlarida suspenziyani ajratish darajasi bir-biriga yaqin, sentrifugalash paytida 10 daqiqadan koʻp vaqt davomida 89,2-97,2% oraligʻida oʻzgarib turadi, farq 11% dan oshmaydi. Barcha oʻrganilgan rn qiymatlari vaqt va rn ortishi bilan ajratish qiymatlari 20 daqiqadan soʻng 100% barqarorlashdi. Sentrifugalash metodi choʻktirish va filtrlash metodi bilan solishtirilganda ajratmalarning tezroq va toʻliq ajratilishini taʼminlaydi, bu esa uni tez ishlov berishni talab qiladigan holatlar uchun afzalligini koʻrsatadi.

Keyin, serpantinitni nitrat kislotali parchalab ammoniyashtirishdan xosil bulgan suspenziyani bugʻlash orqali suspenziyadan magniy nitratini ajratish jarayonini oʻrganildi. Tajribalar dastlab 20⁰Cda eritma 30% bugʻlanganda kristallanmasligini, 40% bugʻlanganda dastlabki eritmaning umumiy massasining taxminan 50% kristallanishini koʻrsatdi. Eritma 50% bugʻlanganda butunlay kristallangan. Tahlil natijalari turli pH qiymatlarida (3,01 va 3,6) 40 va 50% bugʻlanishda magniy geksagidratlarining kristallanish jarayoni turli darajadagi tozalik va strukturaviy tartib bilan tavsiflangan kristallarning shakllanishiga olib kelishini koʻrsatdi, bu energiyadispers spektri maʼlumotlari bilan tasdiqlangan.

10-jadval

EDS tahlili orqali Qoraqalpoq serpantinitidan olingan magniy nitrat geksagidratning elementar tarkibi

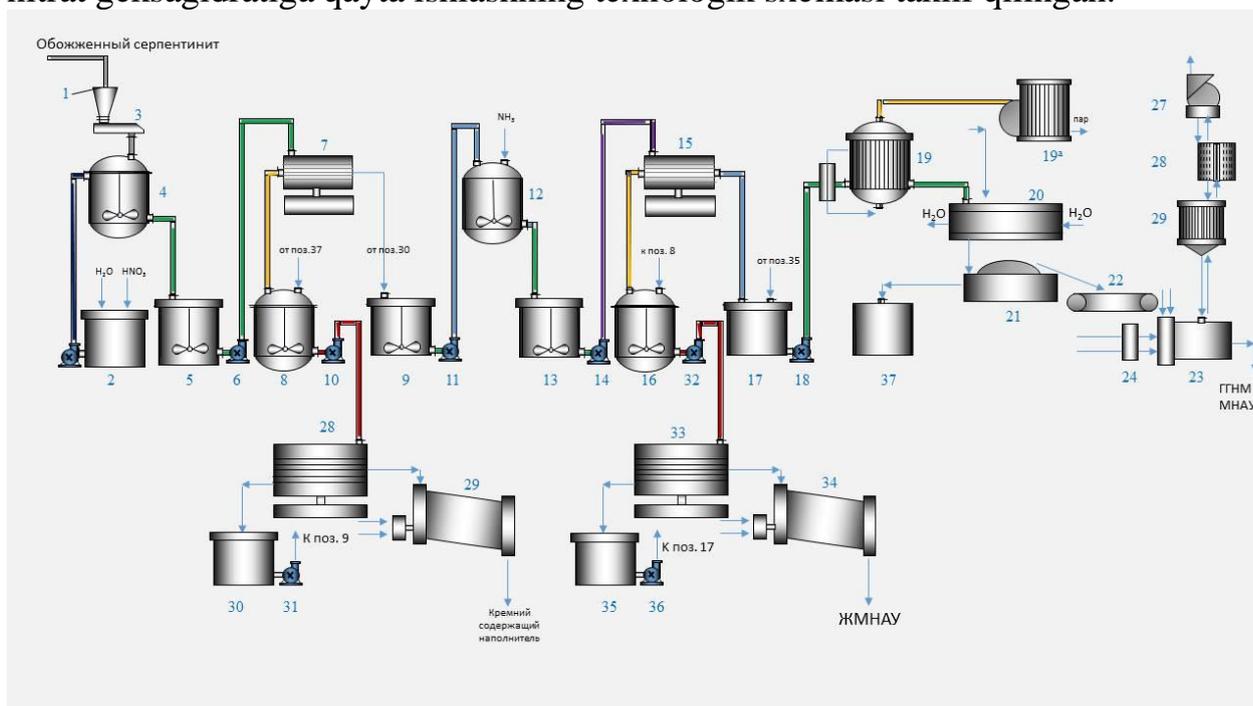
№	Suspenziya muxiti, pH	Elementar tarkibi mass,%				
		Mg	N	O	Ca	Fe
1	3,01	13,50	16,79	69,72	-	-
2		9,84	21,8	68,09	0,27	-
3	3,6	13,46	17,84	68,70	-	-
4		12,7	21,45	65,9	-	-

Toza magniy nitratini olish sharoitlarini aniqlash uchun uch komponentli NH₄NO₃-Mg(NO₃)₂-N₂O sistemasining eruvchanlik politermasi oʻrganildi. Ammoniy nitrat-magniy nitrat-suv sistemasining politermik eruvchanlik diagrammasi -39,8 dan (tizimning toʻliq muzlashi) 50⁰ gacha ikki tomonlama

kamaytiradi. Eritmalarini ammoniy shaklidagi azotdan tozalash jarayoni kristall-suv nisbati 1:3 va pH qiymatiningning turli bo‘lgan yuvish orqali amalga oshirildi.

To‘rtinchi “**Serpentinitni kompleks qayta ishlashni texnik-iqtisodiy hisob-kitobi**” bobida serpentinitni nitrat kislota bilan qayta ishlashni aprobeasiyadan o‘tkazish bo‘yicha tadqiqot natijalari keltirilgan. Nitrat kislota yordamida serpentinitni qayta ishlash jarayoni almashinuv reaksiyasiga asoslangan bo‘lib, unda magniy serpentinitdan eruvchan magniy nitrat shaklida eritmaga o‘tadi.

Laboratoriya tajribalari natijalariga ko‘ra, Qoraqalpoq serpentinitini magniy nitrat geksagidratiga qayta ishlashning texnologik sxemasi taklif qilingan.



6-rasm. Nitrat kislotali parchalash orqali magniy nitratini olishning asosiy texnologik sxemasi.

1,3-lentali og‘irlik dozatori, 2-bunker, 3-saqlash idishi, 5-reaktor, 6,12,14-nasos, 7,9,15-tsentrifuga, 8-repulpator, 10,19 - quritgich, 11,16-shlamni saqlash bunkeri, 13-ammonizator, 17 – bug‘latish apparati, 18-vakuum nasosi

Mahalliy xom ashyo asosida magniy nitrat ishlab chiqarishni tashkil etishning iqtisodiy samaradorligini taxminiy aniqlash uchun 1t mahsulot uchun texnik-iqtisodiy hisob-kitob amalga oshirildi. Dastlabki komponentlarning narxini hisoblash internetdagi (prom.uz , flagma.uz) birja narxidan olingan. Texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar shuni ko‘rsatdiki, ishlab chiqarish va xomashyo harajatlarini hisobga olgan holda, taklif etilayotgan texnologiya bo‘yicha 1 tonna magniy nitratning tannarxi 10517493 so‘mni tashkil etadi. Hozirgi kunda esa, birjada 1 tonna magniy nitratning narxi 12900000 so‘m teng bo‘lib, bu 2382506 so‘mga qimmatroq hisoblanadi.

XULOSA

Dissertasiya ishi asosida quyidagi xulosalarni keltirish mumkin:

1.Kimyoviy, fizik-kimyoviy tahlil usullari asosida Qoraqalpog‘iston konlaridan olingan boshlang‘ich va termik ishlov berilgan serpentinitning

mineralogik tarkibi aniqlandi. Harorat (178-825°C) va davomiyligining (30-90 daqiqa) mineral ko‘rinishiga va mineralogik tarkibga ta‘siri o‘rganildi.

2. O‘rganilgan intervallarida texnologik parametrlarning S:Q nisbati va suspenziya pH qiymati 2,0÷4,0:1 va -0,36÷(-0,44) oralig‘ida ekanligi aniqlandi. Suyuq fazaning zichligi 1,101-1,451 g/sm³ chegarada o‘zgardi. Serpentinitga termik ishlov berish uchun optimal harorat aniqlandi va natijada eritmadagi MgO miqdori 8,46% gacha oshirildi va magniy nitrat unumi 70% ga etdi, bu esa termik ishlov berilmagan serpentinitga nisbatan 45% yuqori ekanligi tasdiklandi. Magniy oksidi chiqish unumini oshirishga yo‘naltirilgan texnologik parametrlarni aniqlash uchun nomogramma taklif etildi.

3. Serpentinitni nitrat kislotasi bilan ishlov berish jarayonida texnologik parametrlarning sedimentasiya va yuvish jarayonlariga ta‘siri o‘rganildi. Repulpasiya jarayonida suspenziyaning S:Q nisbati 2÷4:1 bo‘lib, yuvishdan keyingi eritilmagan qatlam asosan kremniy oksidi va Mg, Al va Fe silikat birikmalaridan tashkil topganligi aniqlandi. 70% dan ortiq SiO₂ amorf holatda bo‘lib, u “oq to‘ldiruvchi” ishlab chiqarish uchun xom-ashyo sifatida taklif etildi.

4. pH (-0,56÷6,3) qiymatlarining ammonizasiya jarayonining nitrat kislotali eritmasiga ta‘siri o‘rganildi. pH 3,1÷3,5 darajaga etganda suyuq fazadagi magniy miqdori eng yuqori ekanligi va oraliq oksidlar miqdori esa kamayganligi aniqlandi. Cho‘kma ajratilib, quritilgandan keyin magniy va temir saqlovchi: Mg – 6,36%, Fe – 15,97%, N – 17,72% tarkibli qattiq o‘g‘it hosil bo‘ldi.

5. Nitrat kislotali parchalangan eritmaning ammoniyashtirilgandan so‘ng bug‘latish va magniy nitrat geksagidratini kristallanish jarayoni grafik-analitik tahlil qilindi. Mg(NO₃)₂-H₂O va NH₄NO₃-Mg(NO₃)₂-H₂O binar va uchlik tizimlarining politermik eruvchanlik diagrammalari asosida bug‘latilgan eritmalardan 20°C da 40-45% bug‘latish darajasida magniy nitrat geksagidratini kristallanishi va moddiy oqimlarning samarali davriy aylanishi ta‘minlanishi aniqlandi.

6. pH 4 va 5 qiymatida ammoniyashtirilgan pulpani to‘liq bug‘latish orqali magniy-ammoniy-nitrat o‘g‘iti olindi. Bu o‘g‘it tarkibida ozuqa moddalari miqdori mos ravishda 44,2 va 41,46% ni, jumladan, azot – 22,5%; 4,76%, magniy – 23,86% va 6,7% tashkil etdi

7. Fizik-kimyoviy tahlil usullari orqali aralashmalarining element tarkibi aniqlandi va oraliq suspenziya hamda suyuqlikning reologik xususiyatlari o‘rganildi. Shuningdek, asosiy va qo‘shimcha mahsulotlarning kimyoviy va mineralogik tarkibi tahlil qilindi.

8. Laboratoriya tadqiqotlari va “Elektrokimyozavod” AJ-QK da olib borilgan tajriba-sanoat sinovlari asosida serpentinitni nitrat kislotasi bilan kompleks qayta ishlashning texnologik sxemasi taklif qilindi va 1 tonna mahsulot uchun moddiy balans hisoblab chiqildi. Texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar shuni ko‘rsatdiki, ishlab chiqarish va xomashyo xarajatlarini hisobga olgan holda, taklif etilayotgan texnologiya bo‘yicha 1 tonna magniy nitratning tannarxi 10517493 so‘mni tashkil etadi. Hozirgi kunda esa, birjada 1 tonna magniy nitratning narxi 12900000 so‘m yoki 1000 shartli birlikka teng bo‘lib, bu 2382506 so‘mga qimmatroq hisoblanadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.12.2019. Т.20.03 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ
КАРАКАЛПАКСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**КАРАКАЛПАКСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

САПАРОВА ГУЛНАР ДАУЛЕТМУРАТОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НИТРАТА МАГНИЯ
ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ МЕСТНОГО МАГНИЙСОДЕРЖАЩЕГО
СЫРЬЯ**

02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе

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

Нукус – 2025

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации (PhD) доктора философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировом масштабе растет спрос на магнийсодержащие соединения, в частности магниевых минеральных удобрений, огнеупоров, магнезиальных вяжущих материалов для строительной промышленности. При современных условиях устойчивого и экономического развития особую значимость приобретает эффективное использование местных природных ресурсов для производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Важнейшее направление в этой области – переработка магнийсодержащего сырья, такого, как серпентинит для получения высоко востребованных соединений магния, включая нитрат магния, который применяется как высокоэффективное бесхлорное водорастворимое удобрение для капельного орошения. Разработка и внедрение технологии получения высококачественных магнийсодержащих удобрений, основанной на процессе разложения минерала, содержащего магний, с помощью нитратной кислоты, имеет большое значение.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по получению магнийсодержащих соединений. В этой связи большое внимание уделяется кислотной переработке магниевых соединений из минеральных, таких, как серпентинит, для которого уделяется особое внимание в научно-технических направлениях: нахождению оптимальных технологических параметров для азотнокислотной переработки магниевых руд на степень извлечения гексагидрата нитрата магния в зависимости от температуры; концентрации и нормы кислоты, кинетики разложения; нейтрализации газообразным аммиаком образованных азотнокислотных вытяжек, а также разработке технологии получения магнийсодержащих соединений на основе азотнокислотного разложения серпентинитовой руды Каракалпакского месторождения.

В нашей республике достигается определенные научно-практические результаты по кислотной переработке магниевых минералов на магнийсодержащие соединения, благодаря имеющимся в значительном количестве запасам магнийсодержащих пород, таких, как серпентинит Каракалпакского месторождения. В третьем направлении Стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы отмечены важные задачи на «...продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте»¹. В связи с этим получение гексагидрата нитрата магния и азот-магнийсодержащих водорастворимых удобрений путем азотнокислотного разложения серпентинитов приобретает очень важное значение.

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

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», и постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической отрасли и повышению ее инвестиционной привлекательности», ПП-4937 от 28 декабря 2020 года «Меры по реализации инвестиционной программы Республики Узбекистан на 2021-2023 годы» и 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 в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В научно-технической литературе широко освещены исследования по переработке магниевых минералов с получением магнийсодержащих соединений и удобрений (Wulandari W., Pasikhani V., Raza N., Chen Y., Kramer D., Передерин Ю.В., Габдуллин А.Н., Жуков С.В., Шаяхметова Р.А., Ауешов А., Диканбаев А.К., Бейсеев О.Б., Намазов Ш.С., Закиров Б.С., Эркаев А.У., Кадилова З.Р., Кучарова Б.Х., Пиримов Т.Ж., Сейтназаров А.Р., Алимов У.К., Тожиев Р.Р., Бобокулов О.С. и др).

Работы Р.Г. Фрейдлина, З.Г. Оганесяна, А.Р. Исаакяна, Н.У. Умирзахова и А.П. Ауешова были направлены на изучение процессов переработки магнийсодержащих минералов для получения гидроксидов, оксидов магния и огнеупорных материалов. И.О. Усольцева и Т.Н. Черных представили переработку серпентинитов, включая методы низкотемпературной активации и использование катализаторов, повышающих извлечение магния. Габдуллином А.Н. исследованы процессы азотнокислотного разложения Баженского серпентинита с целью получения оксида магния и диоксида кремния высокой чистоты. Исследования Ш.С. Намазова, Кадиловой З.Р., Т.Ж. Пиримова, А.Р. Сейтназарова, Бобокулова О.С., Тожиева Р.Р., Д. Эргашева и др. касались комплексной переработки местных магнийсодержащих минералов для получения строительных материалов, дефолиантов, жидкого стекла и удобрений.

Однако в вышеуказанных исследованиях отсутствуют данные о минералогическом составе серпентинита Каракалпакского месторождения, влиянии концентрации кислоты на процесс разложения, а также о получении нитрата магния и магниевых-аммоний-нитратных, железо-магниевых-аммоний-нитратных удобрений путем аммонизации суспензии, полученной в результате азотнокислотного разложения.

Связь диссертационного исследования с тематическим планом

научно-исследовательских работ. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук по бюджетной тематике «Разработка эффективной технологии получения новых видов органоминеральных удобрений на основе агроруд Каракалпакстана» (2021-2024 гг.)

Целью исследования является разработка физико-химических основ и технологии комплексной азотнокислотной переработки серпентинита Каракалпакстанского месторождения с получением чистого гексагидрата нитрата магния, магний-аммоний нитратный (МАНУ) и железо-магний-аммоний-нитратный (ЖМАНУ) удобрений.

Задачи исследования:

определение элементного, химического, минералогического составов серпентинита Каракалпакского месторождения;

исследование влияния технологических параметров на процесс термообработки исходного серпентинита;

определение влияния термообработки на процесс азотнокислотной переработки серпентинита;

установление закономерности влияния рН азотнокислотной вытяжки серпентинита при аммонизации;

графо-аналитический анализ процесса выпарки аммонизированной суспензии и кристаллизация гексагидрата нитрата магния с применением политерма $Mg(NO_3)-H_2O$, $NH_4NO_3-Mg(NO_3)-H_2O$ диаграммы растворимости системы;

определение оптимальных условий и состава магний-аммоний-нитратных (МАНУ) и железо-магний-аммоний-нитратных (ЖМАНУ) удобрений из азотнокислотной вытяжки серпентинита Каракалпакского месторождения;

исследования реологических свойств и фильтруемости, скорости оседания твёрдых частиц из промежуточной суспензии;

определение элементных, химических, минералогических и товарных свойств основных и попутных продуктов с применением современных физико-химических методов анализа;

разработать принципиальную технологическую схему комплексной азотнокислотной переработки серпентинита, составление материального баланса и расчет экономической эффективности получения гексагидрата нитрата магния;

испытание и отработка технологических параметров технологии получения нитрата магния на опытной установке ОА-СП «Elektrokimyozavod».

Объект исследования. Объектом исследования является серпентинит Каракалпакского месторождения, нитрат магния, азотная кислота, нитрат аммония и магнийсодержащие удобрения.

Предметом исследования является определение оптимальных параметров и технологических условий процесса получения гексагидрата

нитрата магния и азот-магнийсодержащих удобрений методами аммонизации, осаждения, кристаллизации, упарки на основе азотнокислотного разложения Каракалпакского серпентинита.

Методы исследования. В диссертации использованы визуально-политермический, химический, физико-химический (рентгенофазовый, термогравиметрический, сканирующий электронный микроскоп, масс-спектрометрический ISP-MS) методы анализа.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

установлен состав серпентинита Каракалпакского месторождения физико-химическими методами анализа, согласно которым руда содержит (вес. %): MgO 33,06, FeO 1,62, Fe₂O₃ 6,63, Al₂O₃ 2,47, CaO 1,82, Na₂O 1,56, SiO₂ 41,42% и обоснованы возможности использования при получении нитрата магния;

найден и научно обоснована взаимосвязь влияние температуры, времени воздействия, а также начальной концентрации нитратной кислоты на концентрацию ионов магния и железа в растворе, коэффициент фильтрации и оседаемость твёрдой фазы суспензии в процессе разложения;

на основании результатов рентгенографического и микроскопического анализа нерастворимого осадка, образовавшегося при кислотном разложении серпентинита, установлено, что в зависимости от расположения сектора содержание кремния составляет 36,7-38,4%, содержание Ca, Mg и Al составляет 0,1-0,2; 4,9-6,1 и 0,9-1,0%, соответственно;

доказано, что номограмма позволяет предварительно определить степень извлечения оксида магния из основного фильтрата при заданных концентрациях HNO₃ и температуре разложения;

изучен процесс выделения нитрата магния из азотнокислых растворов разложения серпентинита путём аммонизации его газообразным аммиаком, при этом определены оптимальные параметры аммонизации и упарки;

получены новые сведения о взаимном влиянии компонентов сложной системы, включающей нитраты магния, аммоний и воду, построены их политермические диаграммы растворимости, обосновывающие процесс получения магни-аммоний-нитратного удобрения;

определены оптимальные условия и составы магни-аммоний-нитратных (МАНУ) и железо-магни-аммоний-нитратных (ЖМАНУ) удобрений, полученных из азотнокислотной вытяжки серпентинита Каракалпакского месторождения.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

найжены оптимальные условия процесса переработки серпентинита путем азотнокислотного разложения;

установлены оптимальные технологические параметры получения гексагидрата нитрата магния путем аммонизации, выпарки и кристаллизации продуктов азотнокислотного разложения серпентинита;

разработана технологическая схема и материальный баланс получения гексагидрата нитрата магния и азотно-магниевых удобрений.

Достоверность результатов исследований. Состав и свойства удобрений и сырья, полученные на основе результатов исследований, подтверждены лабораторными экспериментами и укрупненными опытно-промышленными испытаниями с применением методов химического и физико-химического анализа.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что научно обоснована закономерность влияния технологических параметров процесса азотнокислотного разложения серпентинита, фильтрации и отделения примесей из азотнокислотной вытяжки путем аммонизации, изучением процесса упарки и кристаллизации очищенных растворов нитрата магния и изучения системы нитрат магния - нитрат аммония-вода политермическим методом и построение их диаграмм растворимости для обоснования процесса получения азотно-магниевых удобрений.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработана технология переработки серпентинита методом азотнокислотного разложения и осаждением из него примесей с достижением высокого выхода продукта и азот-магниевых водорастворимых удобрений. Предложенная технология переработки серпентинита позволяет эффективно получать чистый гексагидрат нитрат магния, который является ценным продуктом для производства удобрений и других химических соединений. Эти аспекты обеспечивают экономическую рентабельность и устойчивое развитие отраслей химической промышленности и сельского хозяйства.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных данных по разработке технологии получения магниевых соединений путем азотнокислотного разложения серпентинита Каракалпакского месторождения:

технология получения нитрата магния на основе азотнокислотного разложения предварительно и термически обработанного серпентинита включена в перечень перспективных разработок СП-АО «Elektrokimyozavod» на 2025-2027 годы (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» № 132 от 4 ноября 2024 г.). В результате создана возможность производства импортируемого гексагидрата магния на основе местного сырья;

технология получения азотно-магниевых удобрений на основе азотнокислотной переработки каракалпакского серпентинита включена в перечень перспективных разработок СП-АО «Elektrokimyozavod» на 2025-2027 годы (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» № 132 от 4 ноября 2024 г.). В результате появляется возможность получение водорастворимых азотно-магниевых удобрений для капельного орошения сельхозкультур на основе местного сырья.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано

11 научных работ, из них 5 научных статей, в том числе 2 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций (PhD).

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность работы, сформулированы цель и задачи исследования, показано соответствие исследований приоритетным направлением развития науки и технологии в Республике Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость результатов, сведения о внедрении в практику научных результатов, приведены данные по опубликованным научным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Свойства магнийсодержащих минералов и современные технологии их переработки»** был осуществлён обзор литературы по свойствам и использованию серпентинитов, которые представляют собой метаморфические породы, в рамках главы рассмотрены основные физические и химические свойства серпентинитов, а также описаны многочисленные области их применения: от строительства и керамики до сельского хозяйства и металлургии. Рассмотрены процессы разложения серпентинита и возможности его химической переработки с использованием различных минеральных кислот, что представляет значительный интерес для получения форстерита и других ценных материалов, включая магниевые соединения. На основе литературного анализа сформулирована цель и задачи настоящего исследования.

Во второй главе «Объекты и методы исследований» подробно рассмотрены исходные сырьевые материалы и физико-химические методы их анализа. На основании физико-химического методов анализа установлен что, серпентинитовая руда Каракалпакского месторождения содержит (вес. %): SiO_2 – 40,29; CaO – 4,76; Al_2O_3 – 2,21; Fe_2O_3 – 8,83; MgO – 33,0; TiO_2 – 0,08; CaO – 0,86; SO_3 – 0,10; п.п.п-11,52.

Рентгенофазном анализе отмечено присутствие включений минералов магнетита, магнезита, доломита, шпинели, клиноэнстатита, бирнессита и пирропа (рис.1).

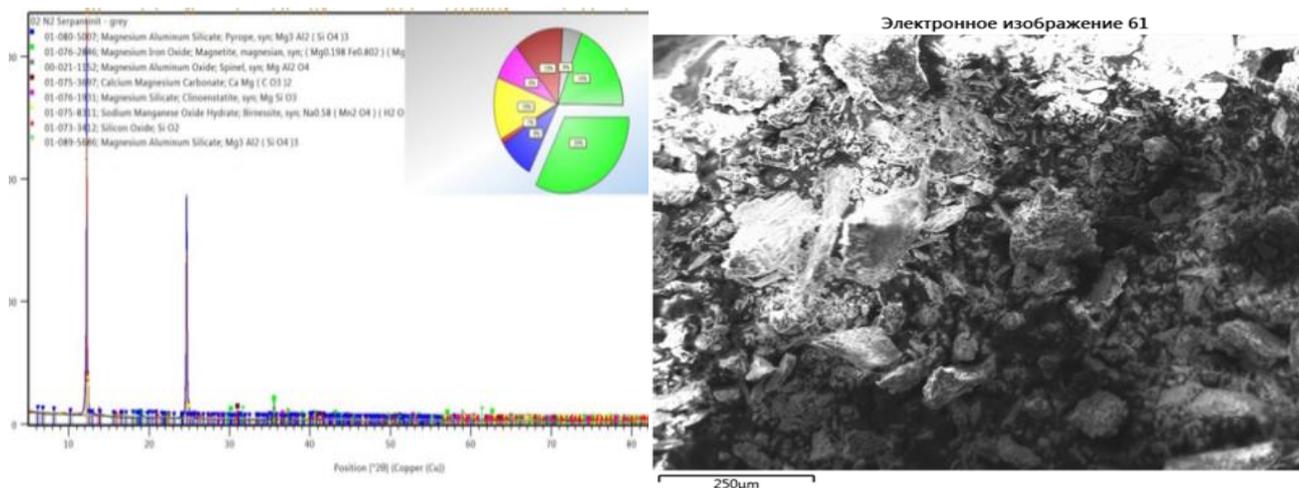


Рис.1. Рентгенограмма и микроскопический снимок серпентинита Каракалпакского месторождения.

В третьей главе диссертации «Исследование процесса переработки серпентинита Каракалпакского месторождения на нитрат магния» исследуется изучение определения оптимальных условий азотнокислотного разложения как исходного, так и термообработанного серпентинита, включая процессы фильтрации и аммонизации для отделения примесей из азотнокислотной вытяжки, а также исследование процессов упарки и кристаллизации растворов нитрата магния для получения продукта с высокой степенью чистоты и физико-химическое исследование осадков и его идентификация с помощью рентгенографических, дифференциально-термических и сканирующих электронным микроскопическим методом анализа. Для выяснения процессов и фазовых превращений, протекающих во время нагревания, серпентинит подвергался дифференциально-термическому и рентгенофазовому анализам.

Для расшифровки дериватограммы исходный материал нагревали до температур 178, 249, 587, 765, 825⁰С и полученные продукты исследовали рентгенофазовыми анализами.

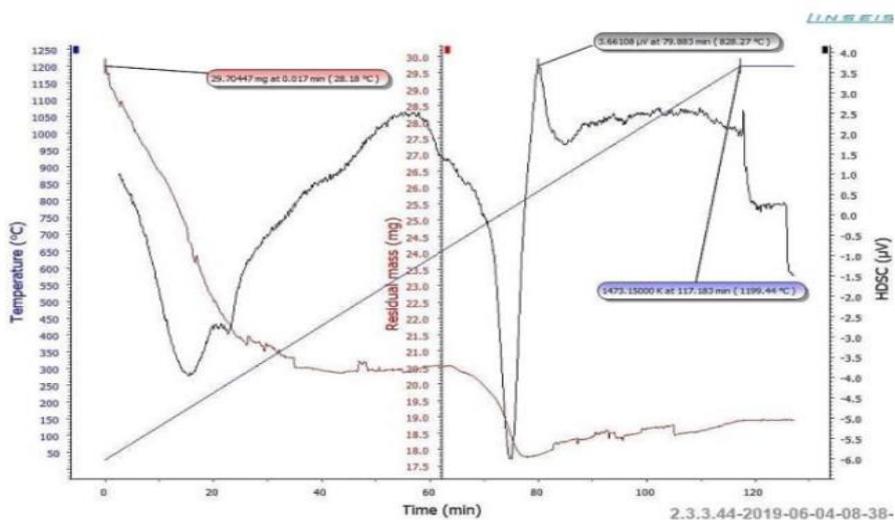


Рис.2. Дериватограмма серпентинита.

По данным дериватограммы (по характеру поведения кривых ДТА и ТГ) выделяются четкие пики, связанные со ступенчатой дегидратацией минерала (рис.2). Первый дублетный эндотермический эффект, связанный с удалением адсорбированной воды, получен в интервале температур 200-270⁰С, второй, связанный с начальным разрушением структуры, - в 680⁰С (по ТГ потеря массы в этом области составляет 27,5%). При температуре 775⁰С проявляется самый глубокий эндотермический эффект, обусловленный образованием структуры HMg_2SiO_4 , образованного при дегидратации и рекристаллизации минерала (относительная потеря массы составляет 8,75%). После 820⁰С на образце наблюдались мелкие локальные расплавы.

Для полного обоснования возможности термической обработки образцов был изучен процесс их обжига при разных температурах. Ее проводили в диапазонах температур от 178 до 825⁰С в течение 1 ч. При $t=178^0\text{C}$ массовая доля MgO составила 33,67 %, а при $t = 825^0\text{C}$ она увеличилась до 37,97 %. Количество других оксидов в составе серпентинита уменьшалось незначительно.

Согласно полученным данным, промежуточные фазы состоят в основном из железа и алюминия силиката $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ (порошок серого цвета). Вещество, полученное при 765-825⁰С, имеет коричневый цвет и состоит из ортосиликата магния $\text{H}(\text{Mg}_2(\text{SiO}_4))_8$. Остальные соединения, присутствующие в составе исходного материала, разлагаются при этих температурах и образуют, по-видимому, рентгеноаморфные фазы. В частности, количество магния железа и силикатов по коду 01-077-1027 и 01-076-0551 составляли по 13 и 10%, соответственно при 765 и 825⁰С

Далее для подбора оптимальных условий выщелачивания изучали влияние температуры процесса, его продолжительность, концентрацию нитратной кислоты на концентрацию ионов магния и железа в растворе, скорость фильтрации и седиментация твердой фазы суспензии (таблица 2).

Таблица 2

Влияние технологических процессов на аналитические показатели азотнокислотного разложения исходного серпентинита

№	Конц. азотной кислоты, %	Продол. процесса, мин.	Темп. процесса, ⁰ С	Соотношение Ж:Т суспен	Кислотность суспензии, рН	Выход MgO, %
1.	30	60	40	3,1:1	0,23	7,76
2.	40	60	40	2,8:1	0,05	5,66
3.	50	60	40	2:1	-0,15	4,94
4.	30	60	60	3,3:1	-0,19	4,09
5.	40	60	60	2,4:1	-0,41	3,34
6.	50	60	60	1,9:1	-0,64	3,4
7.	30	60	80	3,4:1	-0,34	8,7
8.	40	60	80	2,6:1	-0,52	11,8
9.	50	60	80	1,5:1	-0,72	7,7
10.	50	90	40	1,7:1	-0,80	6,9
11.	50	120	40	1,6:1	-0,94	6,17
12.	50	240	40	1,7:1	-0,95	8,4
13.	40	120	95	1,9:1	-0,78	24,4

В изученных интервалах варьирование соотношения Ж:Т и рН суспензии колеблется в интервале 1,5:1÷3,4:1 и -0,4÷0,23 соответственно. Ж:Т и рН суспензии повышается со снижением концентрации азотной кислоты. Например, со снижением концентрации азотной кислоты от 50 до 30% и повышением температуры от 40 до 80⁰С Ж:Т и рН повышается от 2:1, 1,5;1 и -0,15, -0,72 до 3,1 и 0,23, -0,34 соответственно.

Максимальное извлечение оксида магния в жидкую фазу при высоких условиях (конц. кислоты 40-50%, температура процесса до 95⁰С) даже при длительном времени проведения процесса не повышается на 24,4%. Поэтому применяли серпентинит, подвергнутый термообработке при от 450 до 800⁰С в течение 30-120 минут с целью улучшить его реакционную способность. При применении термообработанного серпентинита в зависимости от температуры их показатель увеличивается на 8,46 и 70%, например, при 450, 587, 765 и 800⁰С в одинаковых условиях содержание оксида магния в жидкой фазе составляет 1,97; 2,08; 6,57 и 7,68%, соответственно.

Таблица 3

Влияние технологических параметров на аналитические показатели азотнокислотного разложения термообработанного серпентинита

Темп. Термообработки, С	Продол- термообра ботки, мин	Конц. азот кислот %	Продол разложения, мин.	Темп разложен ия, ⁰ С	Соотноше ния Ж:Т в суспен	Плотность ж. фазы гр/см ³	Степень извлечение MgO,%
450	30	30	30	95	4,0:1	1,224	26,2
450	60	30	60	95	4:1	1,2166	28,5
450	90	30	90	95	3,9:1	1,2025	27,2
587	90	30	90	95	2,9:1	1,101	22,2
765	90	30	90	95	1,1	1,186	57,2
800	60	30	30	70	1:1,9	1,616	46,3
800	60	30	30	80	1:1,3	1,143	57,4
800	60	30	30	95	1:1,6	1,1899	68,1
800	60	25	30	70	1:2,16	1,150	49,2
800	60	25	30	80	1:1,5	1,113	54,4
800	60	25	30	95	1:1,7	1,2677	56,8
800	30	30	120	95	1:1,3	1,2826	66,5
800	60	30	120	95	1:1,25	1,3232	72,2
800	90	30	120	95	1:1,1	1,0394	75,2
800	90	30	30	95	1:1,05	1,6360	68,2
800	90	30	60	95	1:1,07	1,130	68,3
800	90	30	90	95	1:1,1	1,197	73,3
800	60	35	30	70	1,25:1	1,322	51,4,
800	60	35	30	80	1,3:1	1,3049	53,4
800	60	35	30	95	1,15:1	1,4507	63,3
800	60	30	30	95	1:0,9	1,2863	70

Предварительная прокалка серпентинита привела к изменениям в его минералогическом составе и физических свойствах, в частности к увеличению пористости и поверхности контакта, что значительно повысило его каталитическую активность. Эти модификации обеспечили более эффективное взаимодействие активных центров серпентинита с реагентами, повышая скорость и полноту химических реакций.

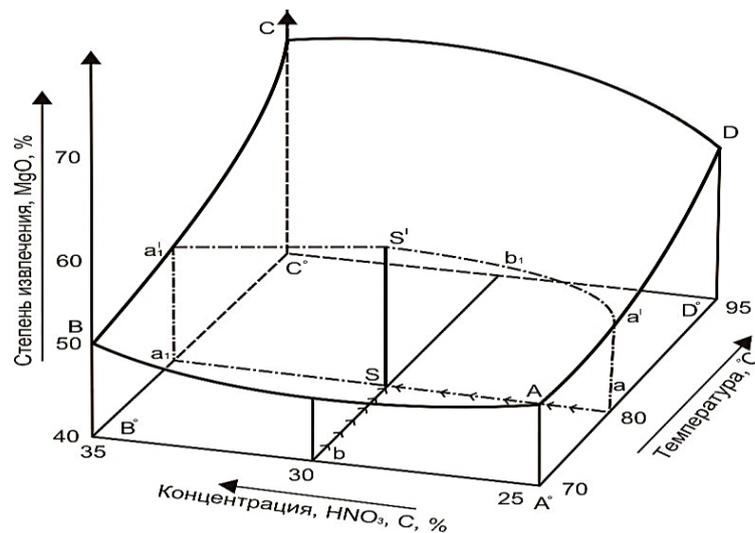


Рис.3. Номограмма определения степени извлечения оксида магния в жидкую фазу в зависимости от концентрации азотной кислоты и температуры процесса разложения в течение 30 мин.

На рисунке 3 приведена номограмма для определения степени извлечения оксида магния в жидкую фазу в зависимости от концентрации азотной кислоты и температуры. Из номограммы видно, что при температуре 70⁰С с повышением концентрации азотной кислоты увеличивается степень извлечения, а с повышением температуры более до 90⁰С влияние последнего нивелируется. Например, при 95⁰С увеличение концентрации кислоты более 30% нежелательно, поскольку его увеличение не влияет на степень извлечения, при одинаковых условиях, наоборот, увеличивается потеря окиси азота в газовую фазу. Данная номограмма определит степень извлечения окиси магния к основному фильтрату при заданных концентрациях HNO₃ и температуры разложения.

Также было изучено влияние технологических параметров (соотношение осадок/вода, условия промывки) на эффективность промывки нерастворимого осадка. Увеличение количества воды для промывки в 2 раза возрастает без перемешивания от 26,4 до 59,1 %, а при перемешивании – с 51,3 до 68,2 %. Перемешивание при промывке обеспечивает увеличение степени промывки на 24,9 % (при соотношении осадок/вода = 1:1) и на 9,1 % (при соотношении осадок/вода = 1:2), при этом скорость фильтрации повышается в 3–4 раза.

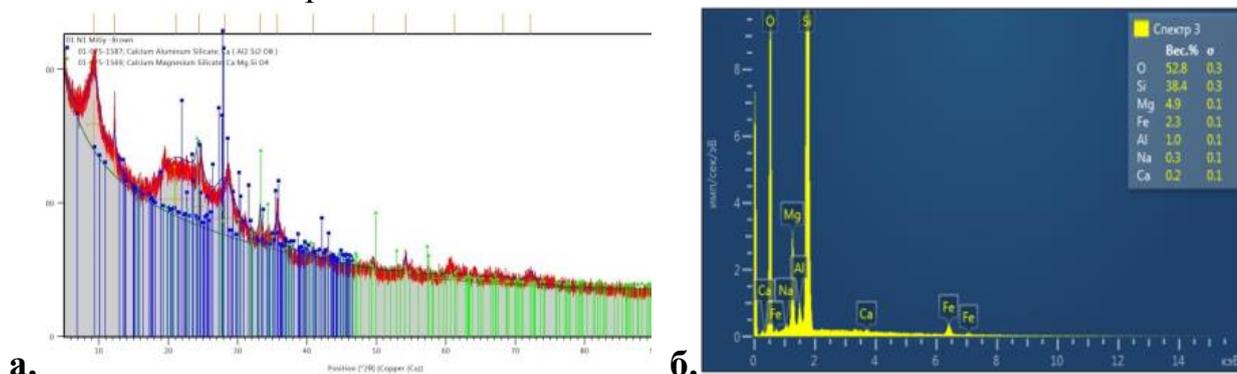


Рис. 4. Рентгенограмма (а) и энергодисперсный спектр нерастворимого осадка после промывки.

На рентгенограмме рис. 4 содержание кальций алюминий силиката (01-075-1587) 83,0% кальций магний силиката (01-075-1569) -12,0%. Это означает, что SiO₂ находится в аморфной форме 70-76%. А 24-30% от общей массы находится в виде кристаллической формы, состоящей из кальция (алюминия и магния) силикатов.

Для осаждения оксидов железа и алюминия в жидкой фазе азотнокислотную вытяжку аммонизируем от рН 1 до 6. Аммонизированные растворы фильтровали и отделяли от примесей.

Таблица 5

Результаты анализа состава аммонизированных растворов по методу ICP-MS

№	Кислотность суспензии, рН	Содержание элементов, г/л						
		Na	Mg	Al	K	Ca	Fe	Mn
1	0,96	0,12	67,0	0,0013	0,14	0,0035	0,18	0,18
2	1,49	0,11	64,0	0,0012	0,13	0,001392	0,026	0,16
3	2,17	0,14	72,0	0,0014	0,18	0,001393	0,0071	0,22
4	2,48	0,13	71,5	0,84	0,16	0,001394	0,036	0,2
5	3,1	0,13	73,0	0,05	0,16	0,001395	0,00083	0,18
6	3,51	0,1	71,0	0,029	0,21	0,001396	0,00059	0,16
7	4,7	0,091	59,0	0,0018	0,12	0,001397	0,00064	0,13
8	5,08	0,076	46,0	0,0019	0,1	0,001398	0,00069	0,091
9	6,03	0,058	31,0	0,0001	0,089	0,001399	0,00066	0,01

При увеличении рН растворов от -0,56 до 6,03 концентрация примесей алюминия и железа изменилась от 0,47 и 0,12 или до 0,0001 и 0,00066 г/л соответственно. Показано, что с повышением рН среды от -0,56 до 3,1 и 3,5 степень концентрации магния увеличивается от 24 г/л до 73 и 71,0 г/л, хотя в этом случае почти полностью выпадают осадки полторных оксидов, освобождая состав раствора нитрата магния и аммония. Установлено, что при увеличении рН от 4,7 до 6,03 осаждается часть магния, и концентрация ионов магния составляет 59 и 31 г/л. Были получены образцы азотно-магниевое удобрения с суммой питательных элементов (азот + магний) 39,5; 44,2 и 41,46 мас. %, в частности азота – 21,86; 22,5; 23,86 мас. % (из них 5,44; 4,74; 6,7 мас. % в аммонийной форме), магния – 18,3; 21,7; 17,4 мас. % соответственно. После процессов аммонизации и упарки до твёрдого состояния можно получить магний-аммоний-нитратное удобрение с содержанием 0,02 и 0,012% алюминия и железа.

Таблица 6

Влияние технологических параметров на аналитический показатель процесса аммонизации

Кислотность суспензии, рН	Соотношения Ж:Т после процесса	Влажность осадка, %	Степень осаждения примесей, %	
			Al	Fe
3,01	2,2:1	39,6	77,94	99,47
3,6	2,8:1	35,4	97,94	99,52

Степень осаждения алюминия значительно возрастает с 77,94% до 97,94% при увеличении кислотности от рН 3,01 до 3,6. Это говорит о

повышении эффективности удаления алюминия при более высоком рН. Степень осаждения железа остается практически неизменной (99,47% и 99,52%), что свидетельствует о том, что рН в данном диапазоне мало влияет на осаждение железа.

Таблица 7

Влияние технологических параметров на процесс аммонизации АКВ

№	Кислотность суспензии, рН	Соотношения Ж:Т в системе после аммонизации	Реологические свойства жидких фаз при 20°С	
			Плотность г/см ³	Вязкость мм ² /с
1	0,96	19,7:1	1,255	1,559
2	1,49	9,4:1	1,258	1,456
3	2,17	6,9:1	1,288	1,628
4	2,48	7,2:1	1,302	1,662
5	3,1	4:1	1,276	1,459
6	3,51	3,63:1	1,245	1,313
6	4,7	4,19:1	1,275	1,335
7	5,08	4,5:1	1,278	1,418
8	6,03	1,7:1	1,249	1,461

После достижения максимальной плотности при рН 2,5 происходит резкое снижение плотности. Это связано с началом осаждения некоторых соединений (например, гидроксидов металлов), что уменьшает концентрацию растворённых веществ в жидкой фазе. При низком рН (0,96–1,5) вязкость сначала уменьшается от 1,55 до 1,45 мм²/с при рН около 1,5, затем резко увеличивается, до 1,66 мм²/с при рН 2,5, что связано с увеличением концентрации нерастворённых комплексных соединений аммонийных солей. В интервале рН 2,5–3,5 вязкость резко снижается из-за осаждения некоторых компонентов, уменьшающих концентрацию дисперсной фазы. При рН 3,5–5,0 вязкость остаётся относительно стабильной, а затем начинает увеличиваться, что связано с образованием растворимых продуктов. В области высокого рН (5,0–6,0) вязкость снова растёт из-за увеличения концентрации растворённых веществ.

После аммонизации вытяжки отделение проводилось тремя основными способами: 1 - отстаиванием; 2 - вакуумной фильтрацией и 3 - центрифугированием.

Таблица 8

Кинетика степени оседания твердой фазы, %

Кислотность суспензии, рН	Продолжительность отстаивания, мин.								
	10	30	60	90	120	240	360	480	600
2,5	-	-	5	7,4	11	48	54,5	66,3	100
2,98	-	-	5,3	8,1	12,4	44,6	53,4	70,1	100
3,5	-	1,5	8,2	17,6	24	41,4	58,1	69,2	100
4,1	-	4,4	9,5	15,2	21,9	45,8	66	84,3	100
5,12	-	7,05	14,7	22,3	38,2	54,1	64	87,2	100
6,18	-	3,6	11,8	21,8	37,2	58,3	69,1	79,2	100

В начале и конце процесса влияние рН системы не отличается. В интервалах 10-60 мин. степень отделения колеблется в интервалах 5-15% с разницей $\Delta=10\%$. В конце процесса более 240 минут разница степени отделения уменьшается и приближается к кульминации и, наконец, через 600 мин. степень отстаивания достигает 100%. Влияние рН на скорость отделения наглядно видна в интервалах 90-240 мин., разница степени оседания достигает 27,2% в течение 120 минут. Это обоснуется тем, что с повышением рН образуются мелкие агломераты. Однако через 240 мин. после осаждения основная масса осадок, скорость осаждения оставшейся части осадки приближается к одинаковому значению.

Таблица 9

Отделение аммонизированного АКВ методом центрифугирования, %

Кислотность суспензии, рН	Продолжительность, мин			
	5	10	15	20
2,5	34,1	64,5	86,3	100
2,98	25,6	76,4	90,2	100
3,5	31,4	78,1	89,2	100
4,1	35,8	86,2	94,3	100
5,12	34,1	84,1	97,2	100
6,18	58,3	79,1	89,2	100

С повышением рН увеличивается количество осадков. Несмотря на это, степень отделения осадков при разных значениях рН близка, особенно при центрифугировании более 10 мин. и колеблется в интервалах 89,2-97,2%, разница не более 11%. С увеличением времени и рН значения осаждения стабилизировались на уровне 100% для всех изученных рН через 20 минут. Центрифугирование обеспечивает более быстрое и полное отделение осадков по сравнению с отстаиванием и фильтрацией.

Эти данные указывают на то, что метод центрифугирования обеспечивает более быстрое разделение фаз в отличие от метода вакуумной фильтрации, что делает его предпочтительным для ситуаций, требующих быстрой обработки. Оба метода (отстаивание и центрифугирование) показали свою эффективность в зависимости от регулирования рН и времени обработки.

Далее нами изучен процесс выделения нитрата магния из азотнокислых растворов разложения серпентинита путем выпарки суспензии аммонизированной азотнокислотной вытяжки серпентинита (АКВ).

Как показали опыты, при выпарке исходного раствора аммонизированный АКВ до 30% не кристаллизуется, а в 40%-ной выпарке раствора при 20°C кристаллизовалось около 50% от общей массы исходного раствора. При 50%-ной выпарке аммонизированный АКВ полностью закристаллизовался. Результаты анализов показали, что при различных значениях рН (3,01 и 3,6) процесс кристаллизации гексагидратов магния при выпарке 40 и 50% приводит к формированию кристаллов,

характеризующихся различной степенью чистоты и структурной упорядоченности, что подтверждается данными энергодисперсного спектра.

Таблица 10

Содержание элементов в гексагидрата нитрата магния, полученного из серпентинита Каракалпакского месторождения по анализам ЭДС

№	Кислотность суспензии, рН	Содержания масс, %				
		Mg	N	O	Ca	Fe
1	3,01	13,50	16,79	69,72	-	-
2		9,84	21,8	68,09	0,27	-
3	3,6	13,46	17,84	68,70	-	-
4		12,7	21,45	65,9	-	-

Для определения условия получения чистого нитрата магния исследовали политерму растворимости трехкомпонентной системы $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-Mg}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$.

На основании данных политерм растворимости двойных систем и внутренних разрезов построены проекции политермических кривых на боковые стороны треугольника и политермическая диаграмма растворимости системы нитрат аммония – нитрат магния - H_2O от $-39,8^\circ\text{C}$ (полное затвердевание системы) до 50°C . На диаграмме разграничены поля кристаллизации льда, α -, β -, γ -модификаций нитрата аммония и шести- и двухводного нитратов магния.

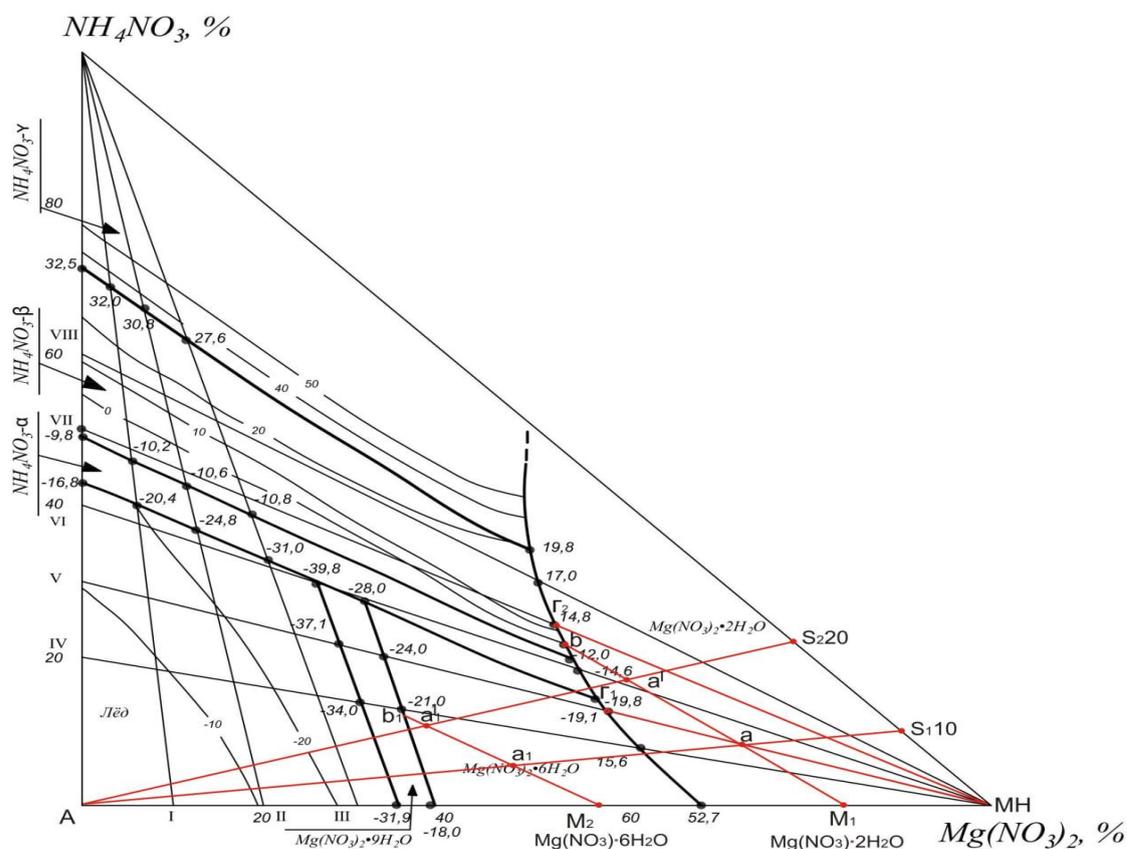


Рис. 5. Политермическая диаграмма растворимости системы $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-Mg}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$

Высокая концентрация NH_4NO_3 приводит к меньшей активности воды, что ограничивает кристаллизацию магнезии. С помощью полученных данных диаграммы определяем технологические условия очистки осадков от нитрата аммония. Например, если осадок содержит 10 или 20 % нитрата аммония. Сначала проводим линии растворения AS_1 и AS_2 и соотношение осадок и воды возьмём так, чтобы фигуративная точка в системе находилась в области кристаллизации $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Например, при a (a^1) и a_1 (a^1_1). Тогда соотношение осадок:вода будет равно $Aa(Aa^1):s_1a(s_1a^1)$ или $Aa_1(Aa^1_1):S_2a(S_2a^1_1)$. Количество осадков к фильтрату будет $ba(ba^1):M_1a(M_1a^1)$ или $ba_1(ba^1_1):M_2a(M_2a^1_1)$. А температура кристаллизации $0,04 \div -21,0^\circ\text{C}$ соответственно для $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Как показали анализы, кристаллогидраты нитрата магнезии из серпентинита Каракалпакстанского месторождения содержат от 0,58 до 4,6% аммонийного азота как 5 до 21% аммиачной селитры. Содержание аммонийных солей (NH_4^+) по ГОСТу 11088-75 в категории «ч.д.а.» не должно превышать 0,01, а в категории «ч» не нормируется. Поэтому для получения более чистого кристаллогидрата полученные кристаллы промывали насыщенным раствором чистого нитрата магнезии.

Промывка кристаллогидратов в соотношении от 1:1 до 1:3 увеличивает степень очистки от 53% до 89% соответственно, а двукратная промывка насыщенным раствором нитрата магнезии до 98,3% уменьшает содержание аммонийных солей. Эффективность процесса измерялась как до, так и после промывки с целью определения степени удаления аммонийного азота из раствора. Процесс промывки проводился в условиях различного уровня pH, что влияет на степень очистки.

В четвертой главе «**Технико-экономический расчёт комплексной переработки серпентинита**» приведены результаты исследования апробации азотнокислотной переработки серпентинита. Процесс переработки серпентинита с использованием азотной кислоты основывается на реакции обмена, при которой магнезий из серпентинита переходит в раствор в виде растворимого магнезиевого нитрата. На основе результатов лабораторных экспериментов предложена принципиальная технологическая схема переработки Каракалпакского серпентинита на гексагидрат нитрат магнезии.

Для ориентировочного определения экономической эффективности организации производства нитрата магнезии на основе местных сырьевых ресурсов проведен технико-экономический расчёт на 1 т. продукта. При расчёте стоимость исходных компонентов принимали из биржевых цен по интернету (prom.uz, flagma.uz). Технико-экономические расчёты показали, что с учетом затрат на производство и сырьевые материалы согласно расчёту, себестоимость 1 т. нитрата магнезии по предложенной технологии 10517493 сумов, а в пересчёте на настоящее время 1 т. нитрата магнезии на бирже составляет 12900000 сумов или 1000 у.е., т.е. в дорожке на 2382506 сумов.

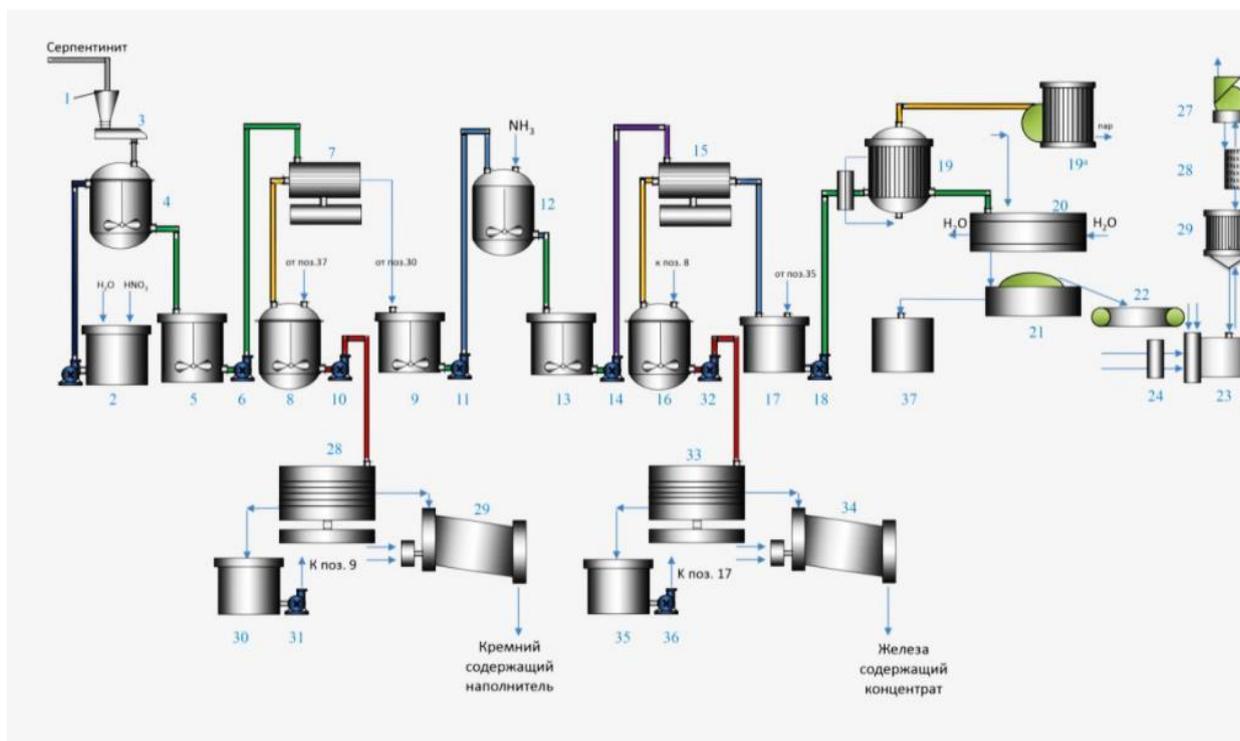


Рис.6. Принципиальная технологическая схема получения нитрата магния азотнокислотным способом.

1,3-ленточный весовой дозатор, 2-бункер, 3-емкость хранилище, 5-реактор, 6,12,14-насос, 7,9,15-центрифуга, 8-репульгатор, 10,19-сушильный аппарат, 11,16- шлам накопитель, 13-аммонизатор, 17-выпарной аппарат, 18- вакуумный насос.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненной диссертационной работы можно сделать следующие выводы:

1. На основании химического, физико-химического методов анализа установлен минералогический состав исходного и термообработанного серпентинита Каракалпакского месторождения. Исследовано влияние температуры ($178-825^{\circ}\text{C}$) и продолжительности (30-90 мин.) на внешний вид и минералогический состав продуктов термообработки.

2. Определено, что в изученных интервалах варьирования технологических параметров соотношение Ж:Т и рН суспензии колеблется в интервалах $2,0 \div 4,0:1$, $-0,36 \div (-0,44)$ соответственно, а плотность жидкой фазы расходится в интервалах $1,101-1,451 \text{ г/см}^3$. Установлены оптимальные температуры термической обработки серпентинита, позволяющие увеличить содержание MgO в растворе до 8.46% и повысить выход нитрата магния до 70%, что на 45% выше по сравнению с нетермообработанным серпентинитом. Предложена номограмма определения оптимальных технологических параметров, обеспечивающих высокий выход оксида магния в жидкую фазу.

3. Изучено влияние технологических параметров на процесс седиментации и промывки нерастворимой части азотнокислотного влияния серпентинита без перемешивания и репульсации. Установлено, что при

репульпации соотношение Ж:Т суспензии=2÷4:1, нерастворимой части после промывки состоит в основном из оксида кремния и силикатных соединений Mg, Al и Fe. Более 70% SiO находится в аморфном состоянии, который предлагается в качестве сырья для получения «белой сажи».

4. Определена закономерность влияния pH (-0,56÷6,3) азотнокислотной вытяжки при аммонизации. Установлено, что с достижением pH 3,1÷3,5 содержание магния в жидкой фазе достигает максимума, а содержание полуторных оксидов сходит на минимум. После отделения и сушки полученный осадок является магний-железосодержащим твердым удобрением с содержанием Mg-6,36, Fe-15,97, N-17,72%.

5. Проведен графо-аналитический анализ процесса упарки азотнокислотной вытяжки после аммонизации и кристаллизация гексагидрата нитрата магния с применением политерма диаграммы растворимости бинарных и тройных систем $Mg(NO_3)-H_2O$, $NH_4NO_3-Mg(NO_3)-H_2O$. Установлено, что при 20⁰C из упаренных растворов при степени упарки 40-45% кристаллизуется гексагидрат нитрата магния, отвечающий ГОСТ-11088-75, маточный раствор циркулируется на стадию упарки.

6. Путем упарки аммонизированной пульпы до сухого состояния при pH 4 и 5 получается твердое магний-аммоний-нитратное удобрение с суммой питательных элементов 44,2 и 41,46% и содержанием 22,5; 4,76 и 23,86 6,7% азот и магния соответственно.

7. С применением осветлённых физико-химических методов анализа определен элементный состав и изучены реологические свойства промежуточных суспензий и жидкости, а также химический и минералогический состав основных и попутных продуктов.

8. На основании проведённых лабораторных исследований и опытно-промышленных испытаний на ОА-СП «Elektrokimyozavod» предложена принципиальная технологическая схема комплексной азотнокислотной переработки серпентинита, составлен материальный баланс получения 1 т. продукта. Техничко-экономические расчёты показали, что с учетом затрат на производство и сырьевые материалы согласно расчёту, себестоимость 1 т. нитрата магния по предложенной технологии 10517493 сумов, а в пересчёте на настоящее время 1 т. нитрата магния на бирже составляет 12900000 сумов или 1000 у.е., т.е. в дороже на 2382506 сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC
DEGREES PhD.03/30.12.2019. T.20.03 AT KARAKALPAK STATE
UNIVERSITY**

**KARAKALPAK SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF NATURAL
SCIENCES**

SAPAROVA GULNAR DAULETMURATOVNA

**DEVELOPMENT OF MAGNESIUM NITRATE EXTRACTION
TECHNOLOGY BY RECYCLING MAGNESIUM-CONTAINING LOCAL
RAW MATERIALS**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials based on them

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

Nukus – 2025

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan in number B2024.4.PhD/T5028

Dissertation has been carried out at Karakalpak Scientific Research Institute of Natural Sciences.

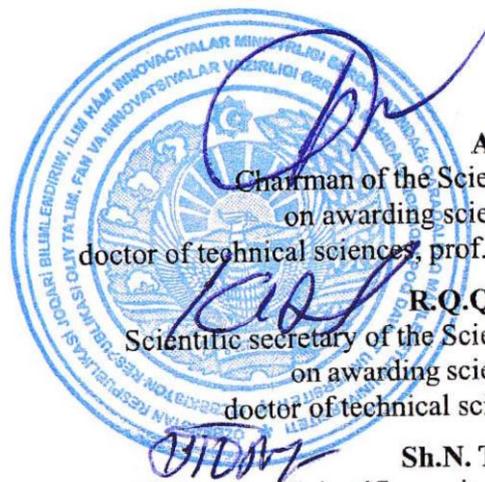
The abstract of the dissertation in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is available on the scientific website www.karsu.uz and on the website of "Ziyonet" information-educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific supervisors:	Kucharov Bakhrom Khairievich doctor of technical science, senior fellow
Official opponents:	Alimov Umarbek Kadirbergenovich doctor of technical science, professor
	Reymov Karjaubay Dauletbaevich doctor of philosophy technical science (PhD), docent
Leading organization:	Navoi state university of mining and technologies

The defense will take place on "7" august 2025 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of scientific council PhD.03/30.12.2019.T.20.03 under Karakalpak State university. Address: 1 Ch. Abdirov Street, 230112 Nukus. Tel.: (+99 861) 223-60-47, fax: (+99 861) 223-60-78, e-mail: karsu_info@edu.uz

Dissertation can be reviewed at the Information-Resourse Centre of the Karakalpak State university (registration number №337). Address: 1 Ch. Abdirov Street, 230112 Nukus, 1. Tel.: (+99 861) 223-60-47.

Abstract of dissertation sent out on "21" July 2025 y.
(mailing report at the register №4 "21" July 2025 y.)



A.M. Reymov
Chairman of the Scientific council
on awarding scientific degree,
doctor of technical sciences, prof., academician

R.Q. Qurbaniyazov
Scientific secretary of the Scientific council
on awarding scientific degree,
doctor of technical sciences, docent

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is to develop physicochemical bases and technology of complex nitric-acid processing of serpentinite of Karakalpak deposit with obtaining pure magnesium nitrate hexahydrate, magnesium-ammonium nitrate (MANF) and iron-magnesium-ammonium-nitrate (IMANF) fertilisers.

The object of the research work is serpentinite of Karakalpak deposit, magnesium nitrate, nitric acid and ammonium nitrate.

The scientific novelty of the study is as follows:

the mineralogical composition of serpentinite from the Karakalpak deposit was determined using physical and chemical analysis methods, according to which serpentinite ore contains (weight %): MgO 33.06, FeO 1.62, Fe₂O₃ 6.63, Al₂O₃ 2.47, CaO 1.82, Na₂O 1.56, SiO₂ 41.42%;

the influence of temperature, exposure time, and initial concentration of nitric acid on the concentration of magnesium and iron ions in the solution, the filtration coefficient, and the sedimentation of the solid phase of the suspension during decomposition has been found;

based on the results of X-ray and microscopic analysis of the insoluble precipitate formed during the acid decomposition of serpentinite, it was established that, depending on the location of the sector, the silicon content is 36.7-38.4%, the Ca, Mg and Al content is 0.1-0.2; 4.9-6.1 and 0.9-1.0%, respectively;

a nomogram allowing to determine in advance the degree of magnesium oxide extraction from the main filtrate at given concentrations of HNO₃ and decomposition temperature was created;

the process of magnesium nitrate extraction from nitric acid solutions of serpentinite decomposition by its ammoniation with gaseous ammonia was studied; the optimum parameters of ammoniation and packing were determined;

new data on mutual influence of components of the complex system including magnesium nitrates, ammonium nitrates and water have been obtained, their polythermal solubility diagrams have been constructed, substantiating the process of magnesium-ammonium-nitrate fertiliser production;

optimal conditions and compositions of magnesium-ammonium-nitrate (MANF) and iron-magnesium-ammonium-nitrate (IMANF) fertilisers obtained from nitric acid extract of serpentinite of Karakalpak deposit were determined.

Implementation of the research results:

Based on the scientific data obtained on the development of technology for obtaining magnesium compounds by nitric acid decomposition of serpentine from the Karakalpak deposit:

the technology for obtaining magnesium nitrate based on the nitric acid decomposition of pre-treated and thermally treated serpentine has been included in the list of promising developments of JV-JSC "Elektrokimyozavod" for 2025-2027 (reference JV-JSC "Elektrokimyozavod" № 132 dated 4 November 2024). As a result, it is now possible to produce imported magnesium hexahydrate based on local raw materials;

the technology for producing nitrogen-magnesium fertilisers based on nitric acid processing of Karakalpak serpentine is included in the list of promising

developments of the joint venture JV-JSC “Elektrokimyozavod” for 2025-2027 (reference from the joint venture JV-JSC “Elektrokimyozavod” № 132 dated 4 November 2024). As a result, it is now possible to produce water-soluble nitrogen-magnesium fertilisers from local raw materials for drip irrigation of agricultural crops based on local raw materials.

The structure and volume of the dissertation: The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

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

I бўлим (I часть; I part)

1. Сапарова Г.Д., Джандуллаева М.С., Эркаев А.У., Кучаров Б.Х., Абдуримов А.С., Бауатдинов С. Исследование термического разложения серпентинита Каракалпакского месторождения// Вестник Каракалпакского Отделения Академии Наук Республики Узбекистан, Нукус 2022 г. №2.-С.74-78. (05.00.00 №19)
2. Saparova G.D., Dzhandullaeva M., Erkaev A. U. Kucharov B. Kh. Studies of the Chemical and Mineral Composition of Serpentinite of the Karakalpak Deposit // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 9, Issue 8, August 2022, 19666-19670 p (05.00.00; №8)
3. Saparova Gulnar Dauletmuratovna, Zhandullaeva Munavvara, Erkaev Aktam Ulashevich, Kucharov Bakhrom Khairievich, Bauatdinov Saliy Study of the process of isolation of magnesium compounds from serpentinite // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2023. №1-2. pp 38-42. (02.00.00; №2)
4. Сапарова Г.Д., Кучаров Б.Х., Джандуллаева М.С., Эркаев А.У., Хошимов А.А. Влияния термообработки на извлечения соединений магния из серпентинитов // Scientific-technical journal STJ FerPI, 2023, Т.27. спец.выпуск №5 стр 128-131.(02.00.00; 4.06.2021г приказ 300/5.)
5. Сапарова Г.Д., Кучаров Б.Х., Джандуллаева М.С., Эркаев А.У., Закиров Б.С. Азотнокислотное переработка серпентинитов Каракалпакского месторождения // Журнал Химия в интересах устойчивого развития. № 1 2024 ст84-89 (02.00.00; №27) (Web of Science)

II бўлим (II часть; part II)

6. Сапарова Г.Д., Кучаров Б.Х., Джандуллаева М.С., Абдуримов А.С., Эркаев А.У., Закиров Б.С., Бауатдинов С. Физико-химические исследования серпентинита Каракалпакского месторождения.// Актуальные проблемы в области химии и химической технологии Сборник научной и научно-практической конференции. Ташкент, 2021.-С.90-92б.
7. Сапарова Г.Д., Джандуллаева М., Эркаев А. У. Кучаров Б. Х., Бауатдинов С. Фазовый состав магнийсодержащих руд каракалпакского месторождения и их азотнокислотное выщелачивание.//Сборник научных трудов международной научной конференции » Астана, Казахстан, 2022- С.11-12
8. Сапарова Г.Д., Джандуллаева М.С., Эркаев А.У., Кучаров Б.Х., Зоиров А., Махамаджанова Ш.Р. Исследование азотнокислотной переработки серпентинита.// Инновационные технологии производства одианрных, комплексных и органоминеральных удобрений. Сборник научно-практической конференции. Ташкент,2022.-С104-107.
9. Сапарова Г.Д., Джандуллаева М., Эркаев А.У., Кучаров Б.Х., Бауатдинов С., Закиров Б.С. Кислотная обработка серпентинитов Каракалпакского месторождения.// Материалы Республиканской научно-практической

конференции «Эффективность использования местных минералов при восстановлении деградированных почв» г.Нукус 2023 г, 6-март. стр.255-258

10. Saparova G.D., Kucharov B.Kh., Dzhandullaeva M.S., Erkaev A.U., Bauatdinov S. Obtaining magnesium nitrate from local raw materials.// Материалы Республиканской научно-практической конференции «Эффективность использования местных минералов при восстановлении деградированных почв» г.Нукус, 2023 г 6-март. стр.241-243

11. Сапарова Г.Д., Бауатдинов С. Исследование кинетики термообработки серпентинита для получения нитрата магния // International scientific review of problems and prospects of modern science and education / collection of scientific articles. xcv international correspondence scientific and practical conference. Boston, USA, April 26-27, 2024

Avtoreferat «O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi
«Axborotnoma» jurnalida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar
o‘zaro muvofiqlashtirildi. (21.07.2025 yil)

