

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI

XOLMURODOVA SABOXAT ALMAXMATOVNA

**AMINOGURUH TUTGAN ORGANIK BIRIKMALAR BILAN
MODIFIKATSIYALANGAN VERMIKULIT ASOSIDA ORGANO-
NOORGANIK SORBENTLAR OLIH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB
CHIQISH**

02.00.13 - Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

02.00.14 - Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

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

Termiz-2025

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

Xolmurodova Saboxat Almaxmatovna

Aminoguruh tutgan organik birikmalar bilan
modifikatsiyalangan vermikulit asosida organo-noorganik
sorbentlar olish texnologiyasini ishlab chiqish.....3

Холмуродова Сабохат Алмахматовна

Разработка технологии получения органо-неорганических
сорбентов на основе вермикулита, модифицированного
органическими соединениями, содержащими аминокруппы.....21

Xolmurodova Saboxat Almaxmatovna

Development of technology for obtaining organo-inorganic
sorbents based on vermiculite modified with organic
compounds containing amino groups.....39

E’lon qilingan ilmiy ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ
List of published works.....42

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI

XOLMURODOVA SABOXAT ALMAXMATOVNA

**AMINOGURUH TUTGAN ORGANIK BIRIKMALAR BILAN
MODIFIKATSIYALANGAN VERMIKULIT ASOSIDA ORGANO-
NOORGANIK SORBENTLAR OLIH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB
CHIQISH**

02.00.13 - Noorganik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

02.00.14 - Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi

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

Termiz-2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4837 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Termiz davlat universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbarlar:

Turayev Xayit Xudaynazarovich
kimyo fanlari doktori, professor

Aliqulov Rustam Valiyevich
kimyo fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Turayev Zokirjon
texnika fanlari doktori, professor

Shukurov Dilmurod Xursandovich
texnika fanlari falsafa doktori

Yetakchi tashkilot:

Qarshi davlat universiteti

Dissertatsiya himoyasi Termiz davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 raqamli Ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengashning « 01 » 04 2025-yil soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43-uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

Dissertatsiya bilan Termiz davlat universitetining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (№ 282 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43-uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil « 18 » 03 kuni tarqatildi.
(2025-yil « 18 » 03 dagi 1- raqamli reyestr bayonnomasi).



I.A.Umbarov

Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi, t.f.d., prof.

Sh.A.Kasimov

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

L.S.Kamolov

Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, k.f.d., prof.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotasiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda dunyoda kimyo sanoati jadal rivojlanib, ishlab chiqarish jarayonlari natijasida hosil boʻladigan chiqindilar, xususan, ogʻir metallarning atrof-muhitga chiqarilishi oqibatida oqova suvlar va hududlarning tuproqlari ifloslanishi dolzarb ekologik muammo sifatida eʼtirof etilmoqda. Shu boisdan, oqova suvlar va texnologik eritmalardan ogʻir metallarni ajratib olish uchun organik va noorganik materiallar asosida koʻp funksiyali sorbentlar yaratish dolzarb ilmiy yoʻnalishlardan biri hisoblanadi. Metall ionlarini yutuvchi sorbentlar ishlab chiqarish texnologiyalari va ularning turlari sezilarli darajada kengaymoqda. Biroq, ishlab chiqarish hajmlarining ortishi va sanoat tarmoqlarining rivojlanishi sababli bunday sorbentlarga boʻlgan talab ham oshib bormoqda. Ushbu sharoitda yuqori samaradorlikka ega, ekologik xavfsiz va iqtisodiy jihatdan maqbul sorbentlarni ishlab chiqarish sohasida muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda tarkibida aminoguruh boʻlgan organik moddalar va mineral matritsalariga immobillash asosida tanlovchan va yuqori samarali sorbentlar yaratishga yoʻnaltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, mineral va organik komponentlar asosida organo-noorganik polifunksional sorbentlarni olish, ular yordamida eritmalardan oraliq metallarni kompleks hosil qiluvchi sorbsion usullar yordamida ajratish, sintez qilingan sorbentlarning metallarni eritmalardan ajratish samaradorligi, olingan metall-sorbent birikmalarining qoplamalar, qurilish materiallari va boshqa sanoat tarmoqlarida qoʻllash imkoniyatlari tizimli tahlil qilinmoqda, ushbu materiallarning eritmalardagi va termik barqarorlik xususiyatlarini aniqlash hamda qoʻllanilish doirasini kengaytirishga alohida eʼtibor qaratilmoqda.

Mamlakatimizda kimyo sanoatining yangi turdagi materiallar ishlab chiqarish yoʻnalishida sezilarli natijalarga erishilmoqda. Xususan, mahalliy bozorni import oʻrnini bosuvchi kimyoviy reagentlar bilan taʼminlash boʻyicha keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Respublikamizda innovatsion texnologiyalarni tatbiq etish orqali sanoat obyektlarini samarali boshqarishning ilmiy asoslangan tizimini joriy etish hamda atrof-muhitni muhofaza qilish boʻyicha kompleks dasturlar ishlab chiqilmoqda va izchil amalga oshirilmoqda. “Yangi Oʻzbekistonning 2022–2026-yillardagi taraqqiyot strategiyasida”¹ iqtisodiyotni rivojlantirish ustuvor yoʻnalishlari belgilangan boʻlib, mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash orqali yuqori qoʻshimcha qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarishni jadallashtirish, sifat jihatdan yangi mahsulotlar va innovatsion texnologiyalar yaratish masalalari alohida belgilangan. Shu munosabat bilan milliy iqtisodiyotning asosiy tarmoqlaridan biri boʻlgan kimyo sanoatini rivojlantirishda organik moddalar va mineral matritsalar asosida tanlovchan organo-noorganik polifunksional sorbentlar yaratish, ular yordamida metallarni ajratish va tadqiq etish muhim ahamiyatga ega.

¹Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026 yillarga moʻljallangan Yangi Oʻzbekistonning taraqqiyot strategiyasi toʻgʻrisida”gi Farmoni

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»gi Farmoni, 2017-yil 29-avgustdagi PQ-3264-son “Kimyo sanoati tashkilotlarining eksport-import faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi va 2020-yil 12-avgustdagi PQ-4805-son “Kimyo va biologiya yo‘nalishlarida uzluksiz ta‘lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

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

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Xorijda organo-noorganik va kompozit sorbentlar sintezi hamda ularning og‘ir metallarni sorbsiyalashiga oid tadqiqotlar keng miqyosda olib borilmoqda. Jumladan, Rossiyalik tadqiqotchilar A.A.Melnikov, N.E.Gordina, A.P.Sinitsin, G.I.Gusev, A.A.Gushchin va R.N.Rumyansevlar vermikulitning mexanokimyoviy qayta ishlanishi, uning strukturasiidagi suvli fazalarning o‘zgarishi va sorbsiya qobiliyatini o‘rganganlar. Xitoyning Janubiy Xitoy Texnologiya Universitetidan Liya Chen boshchiligidagi bir guruh olimlar, shuningdek, Saudiya Arabistoni tadqiqotchilari A.Saleh, A.Sari va M.Tuzen tomonidan xitosan/vermikulit asosidagi yangi turdagi biokompozit sintez qilinib, uning qo‘rg‘oshin va kadmiyni ajratib olishdagi samaradorligi o‘rganilgan. Bundan tashqari, Turkiyaning Yalova universiteti tadqiqotchilari Nergiz Kanman va Pelir Demirchi suvda eruvchan organik bo‘yoq - malaxit yashilini chiqarib tashlash uchun vermikulit va Cu metall-organik ramka kompozitini sintez qilish bo‘yicha tadqiqotlar olib borgan. Shunga o‘xshash ko‘plab ilmiy tadqiqot ishlari dunyoning boshqa mamlakatlarida ham amalga oshirilgan.

Respublikamizda vermikulit mineralini tadqiq qilish va uning asosida turli kimyoviy kompozitlar yaratish bo‘yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilgan. Xususan, A.T.Jalilov tomonidan vermikulit mineralining umumiy xossalari va tarkibi o‘rganilgan, B.G‘.Mahkamov va D.A.G‘afurova tomonidan vermikulitning organik o‘zgartirish usullari hamda uning sorbsiya qobiliyatlari tadqiq etilgan. X.X.Turayev va P.J.Tojiyev vermikulitni organik moddalarga qo‘llash bo‘yicha izlanishlar olib borgan bo‘lsa, X.S.Beknazarov vermikulit asosida antikorrozion materiallar yaratish ustida ishlagan. Shuningdek, F.N.Nurqulov vermikulitdan foydalanib termoizolyatsion qurilish kompozitlari va antipiren materiallar sintez qilish, Sh.D.Shirinov gidrolizlangan poliakrilonitrilning xossalari o‘rganish bo‘yicha ilmiy ishlanmalar amalga oshirgan. Biroq, mamlakatimizda vermikulitning organik birikmalar bilan modifikatsiyalash hamda metall ionlariga nisbatan sorbsiya xususiyatlarini chuqur tadqiq qilish yo‘nalishida olib borilgan ishlanmalar kam bo‘lib, ushbu sohada tizimli tadqiqotlar o‘tkazish dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Termiz davlat universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining ITD-12 «Kompleks hosil qiluvchi polifunksional ionitlar sintezi va ular yordamida ba'zi d-metallarni ajratishning nazariy asoslari» (2017-2020 yy.) mavzusidagi fundamental loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi tarkibida aminoguruh tutgan organik moddalar bilan modifikatsiyalangan vermikulit asosidagi organo-noorganik sorbentlar olish texnologiyasini ishlab chiqish va qo'llashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

vermikulitni termik va mikroto'liqlik usulda kengaytirish hamda tarkibidagi kimyoviy bog'langan suvni yo'qotish va kengaytirilgan vermikulitni kuchli kislotalar (HCl va H₂SO₄) bilan kimyoviy faollantirish;

faollantirilgan vermikulitni gidrolizlangan poliakrilonitril bilan modifikatsiyalash;

gidrolizlangan poliakrilonitril bilan modifikatsiyalangan vermikulit va turli amin guruh tutgan moddalar bilan polifunksional sorbentlar olish;

olingan organo-noorganik tarkibli polifunksional sorbentlarning kimyoviy va termik barqarorligini aniqlash;

olingan organo-noorganik tarkibli polifunksional sorbentlar yordamida mis (II) ionlarini suvli eritmalaridan ajratib olish va sorbsiya jarayoni tadqiqoti;

aminoguruh tutgan, vermikulit asosli polifunksional sorbentlar olish texnologiyasini ishlab chiqish va texnik-iqtisodiy samaradorligini asoslash.

Tadqiqotning obyekti sifatida Tebinbuloq koni vermikuliti va tarkibida aminoguruh tutgan organik moddalar bilan modifikatsiyalangan vermikulit asosidagi sorbentlar olingan.

Tadqiqotning predmeti vermikulitni termik va mikroto'liqlik usulda kengaytirish, kuchli kislotalarda faollantirish, tarkibida aminoguruh tutgan organik birikmalar bilan modifikatsiyalash orqali organo-noorganik sorbentlar olish, eritmalarda metall yutgan sorbent, ularning tarkibi, tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari tadqiqoti hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotda IQ-spektroskopiya, Raman spektroskopiya, TGA-DTA tahlil, skanerlovchi elektron mikroskopiya (tasviri, element tahlili), Mak-Ben-Bakra vakuumli qurilmasida adsorbsiya-desorbsiya (suv, benzol bug'i) tahlili kabi zamonaviy nazariy va eksperimental tadqiqot usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

vermikulitni termik va mikroto'liqlik usulda kengaytirishning maqbul sharoitlari aniqlangan, vermikulitni mikroto'liqlik usulda kengaytirishda uning tarkibidan suvning yo'qotilgan miqdori suv va vodorod peroksid eritmalarini bilan ishlov berishga bog'liq ekanligi quyidagi tartibda oshib borishi isbotlangan: tabiiy holatda < suv < 10% li H₂O₂ < 20% li H₂O₂ ≤ 25% li H₂O₂;

kengaytirilgan vermikulit kuchli kislotalarda faollantirilganida sirt yuzasining kengayishi kislota konsentratsiyasiga bog'liq holda ortib borishi fizik-kimyoviy usullar bilan aniqlangan;

vermikulit, gidrolizlangan poliakrilonitril va aminoguruh tutgan moddalar asosida sorbentlar olishning maqbul sharoitlari aniqlangan va yangi VM/GP/DEA; VM/GP/U; VM/GP/M polifunksional sorbentlar olingan;

tarkibida aminoguruh tutgan organik moddalar va vermikulit asosida olingan yangi polifunksional sorbentlarning Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlariga nisbatan statik va dinamik almashinish sig'implari aniqlangan hamda sorbentlarning metallarga tanlab ta'sir etuvchanlik qatori tuzilgan;

olingan sorbentlardan sanoat oqova suvlari tarkibidan Cu(II) ionlarini samarali sorbsion ajratish uchun VM/GP/DEA sorbentini olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

mahalliy mineral xomashyo – vermikulitni organik modifikatsiyalab yangi polifunksional sorbentlar olingan;

vermikulitni kengaytirish, organik birikmalar bilan modifikatsiyalash orqali yangi polifunksional sorbentlar olishning texnologik sxemasi ishlab chiqilgan va texnik-iqtisodiy samaradorligi asoslab berilgan;

olingan organo-noorganik polifunksional sorbentlar pH ning turli qiymatlarida mis(II) va rux(II) ionlarini eritmalaridan yutishi aniqlangan;

olingan sorbent sanoat suvlarini tayyorlashda, shuningdek, atrof-muhit ob'yektlari va texnologik eritmalarda mis(II) ionlarini ajratib olishi aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi IQ-spektroskopiya, Raman spektroskopiya, UB nur orqali optik zichliklarni aniqlash, termogravimetrik tahlil, differensial termik tahlil, skanerlovchi elektron mikroskop, energiya dispers tahlil, Mak-Ben-Bakra vakuumli qurilmasida suv bug'i va benzol bug'i yordamida adsorbsiya-desorbsiyasi, N₂ yordamida sovuq adsorbsiya va haroratli desorbsiya izotermalari va g'ovaklik o'lchamlari tahlili kabi zamonaviy usullar yordamida eksperimental natijalar olinganligi bilan asoslangan. Shuningdek, eksperiment natijalari xalqaro ma'lumotlar bazalariga kiritilgan nufuzli ilmiy nashrlarda chop etish bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mahalliy mineral xomashyo – vermikulitni termik va mikroto'lqinli usulda kengaytirish hamda kuchli kislotalar yordamida faollantirishning samarali usullari va optimal sharoitlarini aniqlash bilan birga, aminoguruh tutuvchi organik moddalar asosida ion almashinuvchi polifunksional organo-noorganik sorbentlarning sorbsion xususiyatlarini o'rganish natijalari bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati olingan organo-noorganik sorbentlardan foydalanib, respublikamiz gidrometallurgiya korxonalarida chiqindi eritmalaridagi kam miqdordagi qimmatbaho metallarni samarali ajratib olish va sanoat oqova suvlarini tozalash jarayonlarida qo'llash imkoniyatlarini oshirishga xizmat qiladi.

Tadqiqotlarning joriy qilinishi. Gidrolizlangan poliakrilonitril bilan modifikatsiyalangan vermikulit va turli aminoguruh tutgan moddalar yordamida polifunksional sorbentlar olish va uning fizik-kimyoviy, sorbsion xossalari o'rganish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

faollantirilgan vermikulitni aminoguruh tutgan organik moddalar bilan modifikatsiyalab olingan yangi sorbentlar “Muborak gazni qayta ishlash zavodi” MCHJ amaliyotiga joriy qilingan (“Muborak gazni qayta ishlash zavodi” MCHJning 2024-yil 04-sentyabrdagi 840/G‘K-09 ma’lumotnomasi). Natijada ishlab chiqarishdagi chiqindi suvlar tarkibidan og‘ir metallarni ajratib olish imkonini bergan;

olingan yuqori sorbsiya quvvatiga ega sorbentlar “Muborak gazni qayta ishlash zavodi” MCHJ da ishlab chiqarishga joriy qilingan (“Muborak gazni qayta ishlash zavodi” MCHJning 2024-yil 04-sentyabrdagi 840/G‘K-09 ma’lumotnomasi). Natijada laboratoriya-sinov natijalari asosida ishlab chiqarishdagi chiqindi suvlar tarkibidan og‘ir metallarni ajratib olish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprotatsiyasi. Mazkur tadqiqot ishi natijalari 17 ta, jumladan 7 ta xalqaro va 10 ta ilmiy-amaliy anjumanlarda ma’ruza qilingan va muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 26 ta ilmiy ish chop etilgan, shundan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 9 ta, jumladan 4 ta maqola respublika, 5 ta maqola xoijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiya tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 107 betni tashkil qiladi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

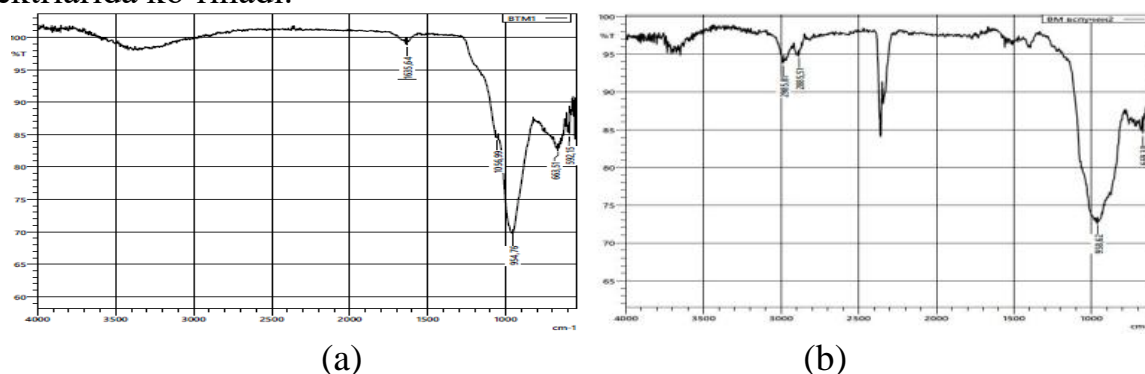
Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, maqsad va vazifalar, tadqiqot ob’ektlari va predmetlari berilgan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, uning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etish istiqbollari bo‘yicha xulosa qilingan hamda chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya ishining “**Modifikatsiyalangan vermikulit asosida sorbentlar olish va qo‘llashning zamonaviy holati**” deb nomlangan birinchi bobida vermikulit asosidagi sorbentlarning olinishi va ishlatilishi, vermikulit asosida olingan organo-noorganik, kompozit sorbentlar, azot tutgan sorbentlarning metallar sorbsiyasida qo‘llanilishiga doir adabiyotlar tahlil qilingan. Bunda vermikulitning strukturaviy xususiyatlari, xossalari, sirt modifikatsiyasi, interkalatsiya/eksfoliatsiya, strukturani tartibga solish, funktsional qo‘llanilishiga e’tibor qaratilgan.

Dissertatsiya ishining “**Gidrolizlangan poliakrilonitril bilan modifikatsiyalangan vermikulit va turli amin guruh tutgan moddalar yordamida polifunksional sorbentlar olish**” deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot uchun tanlangan obyektlar, tadqiqot usullari hamda qo‘llanilgan asboblar-uskunalar, Tebinbuloq koni vermikulitini termik ishlov berish orqali kengaytirish, kengaytirilgan vermikulitni kuchli kislotalar bilan faollantirish, faollantirilgan

vermikulitni gidrolizlangan poliakrilonitril bilan modifikatsiyalash, modifikatsiyalangan vermikulitni azot va kislorod tutgan organik monomerlar bilan o'zgartirish orqali sorbentlar olish bo'yicha o'tkazilgan tajribalarning bayoni keltirilgan.

Vermikulitni termik kengaytirish. Vermikulitni kengaytirish uchun termik ishlov berilganda, massa yo'qotishari 100-900°C harorat oralig'ida, maydalangan, distillangan suvda yuvib tozalangan va quritilgan vermikulit namunalari bilan olib borildi. Termik kengaytirish fizik va kimyoviy o'zgarishlar borganligi 2.7-rasmda keltirilgan xom vermikulit va g'ovaklashtirilgan vermikulitning infraqizil spektrlarida ko'rinadi.



1-rasm. Tebinbuloq koni vermikulitining IQ-spektrlari, tabiiy(a) va g'ovaklashtirilgan (b) holatda

Tabiiy holatdagi vermikulit (a) tahlilida 1056,99 sm^{-1} tebranish cho'qqilarida valent bog'langan Si-O bog'lari hamda gidroksil guruhga tegishli tebranishlarni kuzatish mumkin. Termik kengaytirilgan vermikulit namunasida 2985,81 va 2885,51 sm^{-1} tebranish sohalarida H bog' hosil qilgan, keng va intensiv, valent bog'lanishli O-H guruhlariga tegishli biroz siljigan tebranish cho'qqilarini kuzatish mumkin.

Vermikulitni mikroto'lqinli isitish orqali kengaytirish. Vermikulitni mikroto'lqinli nurlanish orqali kengaytirish 5 daqiqa davomida, 700 Vt quvvatda olib borildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, mikroto'lqinli tizim termik eksfoliatorlarga nisbatan mos ravishda taxminan 80% va 75% energiya tejash imkonini beradi.

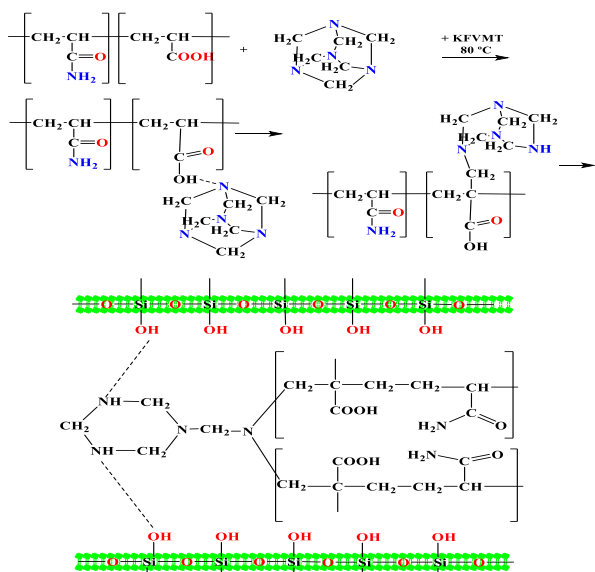
Tabiiy xom vermikulitni mikroto'lqinli modifikatsiyalashda avval suv va vodorod peroksid eritmalari bilan ishlov berish uning tarkibidagi turli holatda bog'langan suvning chiqib ketishidagi ta'siri quyidagi tartibda oshib boradi: tabiiy holatda < suv < 10% li H_2O_2 < 20% li H_2O_2 ≤ 25% li H_2O_2 .

Kengaytirilgan vermikulitga kislotali ishlov berish. Ushbu ishda vermikulitni xlorid kislota bilan faollantirishning ikki xil usuli ko'rib chiqildi: xona haroratida va 60°C dan yuqori haroratda (mexanik ishlov berish orqali).

Kengaytirilgan vermikulitni xona haroratida xlorid kislota bilan faollantirish. Vermikulit 10%; 17% va 36% li xlorid kislota eritmasiga 48 soatga botirib qo'yildi. Vermikulitni filtrlab, sodali suv yordamida neytrallandi.

Xlorid kislota bilan termokislotali faollantirish. Xlorid kislota bilan ishlov berish turli vaqt birliklarida (2, 6, 10, 12, 14 soat) va kislotaning turli konsentratsiyalarida (1%, 7%, 12%, 20% va 36% li) amalga oshirildi. Natijada, 7% li eritmada, 6 soat davomida, 70°C harorat hamda 550 ayl/min. tezlikda aralashtirib turgan holda faollantirish eng maqbul sharoit sifatida tanlangan.

VM/GP/U sorbentining 1:2:0,3 massa nisbati, muhit pH-7,5 va harorat 75°Cda olingan namunasida reaksiya unumi yuqori bo'lganligi aniqlandi. Boshlang'ich moddalar nisbati 1:2:0,3 massa nisbatida olingan sorbent namunasida statik almashinish sig'imi (Cu^{2+}) eng yuqori – 9,2 mg-ekv/g ko'rastkichga ega ekanligi aniqlandi. Olingan sorbentning tahlillari asosida reaksiya tenglamasi tuzildi.

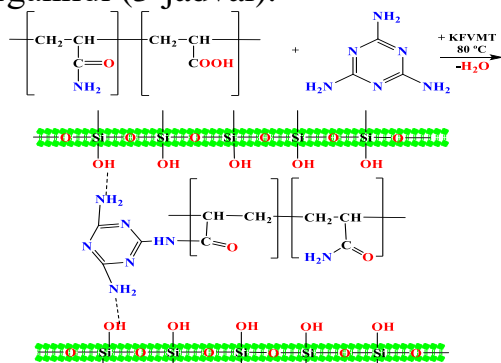


5-rasm.VM/GP/U organo-noorganik sorbentining hosil bo'lish reaksiyasi

**2-jadval
KFVM/GP/U sorbenti statik almashinish sig'imining vaqtga va dastlabki moddalar nisbatiga bog'liqligi (Cu^{2+} , $T=80^\circ\text{C}$)**

KFVM/GP:U (mass.nisb.)	Vaqt (soat)				
	1	1,5	2	2,5	3
1:1:0,1	7,8	8,1	8,9	8,1	8,0
1:2:0,3	8,8	8,9	9,2	9,0	8,8
2:2:0,5	8,5	8,8	9,0	8,4	8,5
2,5:1:1	5,5	5,8	5,9	5,4	5,6
2,5:2:1	4,2	4,5	4,8	4,8	4,9

VM/GP/M organo-noorganik sorbenti bir nechta massa nisbatlarini o'zgartirib namunalari olindi. Olingan namunalarning reaksiya unumini vaqtga va haroratga bog'liqligi hamda statik almashinish sig'imi bo'yicha ma'lumotlari o'rganildi (3-jadval).



6-rasm.VM/GP/M organo-noorganik sorbentining hosil bo'lish reaksiyasi

**3-jadval
VM/GP/M sorbenti statik almashinish sig'imining harorat va dastlabki moddalar massa nisbatiga bog'liqligi (Cu^{2+} , $\tau = 2$ soat)**

KFVM:GP:M (massa nisbatida)	Harorat($^\circ\text{C}$)				
	50	60	70	80	85
1:0,1:0,1	4,3	5	6,5	7,5	7,2
1:2:0,5	4,8	5,1	7,2	8,2	7,8
1:2:0,8	4,0	5,3	6,7	7,8	7,3
2:2,5:1	3,3	4,8	7,1	7,2	6,8
1:2:1,5	3,1	4,6	6,8	7,1	6,9

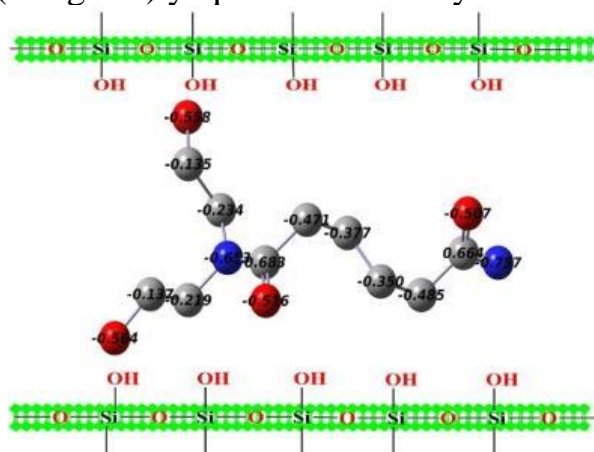
VM/GP/M sorbentining 1:2:0,5 massa nisbati, 80°C da olingan namunasida reaksiya unumi yuqori bo'lganligi aniqlandi. Namunalarning sorbsion sig'imi Cu^{2+} , Ni^{2+} va Zn^{2+} kationlariga nisbatan o'rganilganda CuCl_2 eritmasida yuqori (8,2 mg-ekv/g) ekanligi aniqlandi. Olingan sorbentning tahlillari asosida reaksiya tenglamasi tuzildi.

Dissertatsiyaning “Modifikatsiyalangan vermikulit asosida olingan sorbentlarning termik, fizik-kimyoviy va sorbsion xossalari tadqiqoti” deb

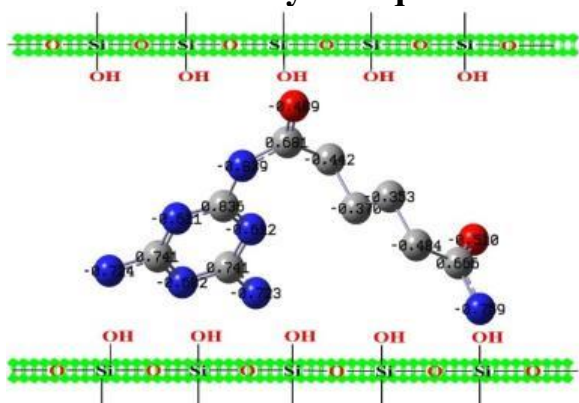
nomlangan uchinchi bobida modifikatsiyalangan vermikulit asosida olingan sorbentlarning termik xossalarini o'rganish, modifikatsiyalangan vermikulit asosida olingan sorbentlarning fizik-kimyoviy xossalari tadqiqoti, olingan sorbentlarning sirt-yuza kattaligi va sorbsion xossalarini aniqlash natijalari yoritilgan.

Sintez qilingan sorbentlarning kvant-kimyoviy tahlili. Kimyoviy birikmalarda "tarkib-tuzilish-xossa" tizimini o'rganish natijasida kompleks birikmalarning xossalari, tarkibi va molekula tuzilishini tadqiqotlar davomida nazariy tahmin qilish mumkin. Bunday ma'lumotlar tanlangan xossa, tarkib va tuzilishga ega bo'lgan kompleks birikmalarni sintez qilishga yordam beradi.

VM/GP/DEA, VM/GP/U va VM/GP/M sorbentlarning geometrik optimizatsiyasi Avogadro dastur to'plami yordamida hosil qilingan out fayl yordamida GaussView 6.0.16 dasturiy ta'minotidan foydalangan holda Popl bazis to'plami - RHF/6-311G(d, 2p) yordamida to'liq optimallashtirildi. DFT (B3LYP) usulidan foydalanib GaussView 6.0.16 hisob-kitoblarning natijalari Mulliken usuli va barcha atomlardagi zaryadlarni hisoblash uchun chegaraviy molekulyar orbital (ChegMO) yaqinlashuvidan foydalanildi.

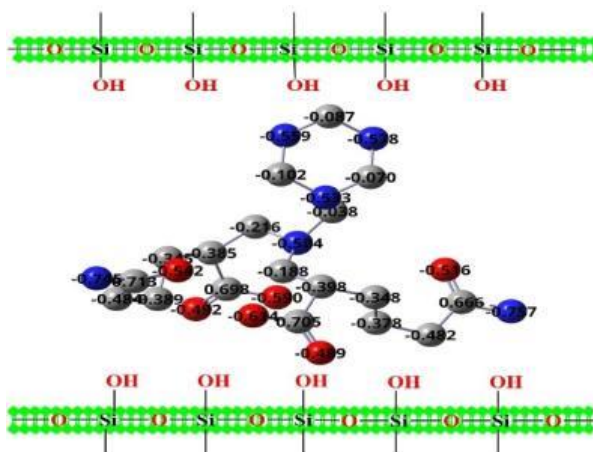


7-rasm. VM/GP/DEA sorbentining mulliken zaryad taqsimoti



9-rasm. VM/GP/M sorbentining mulliken zaryad taqsimoti

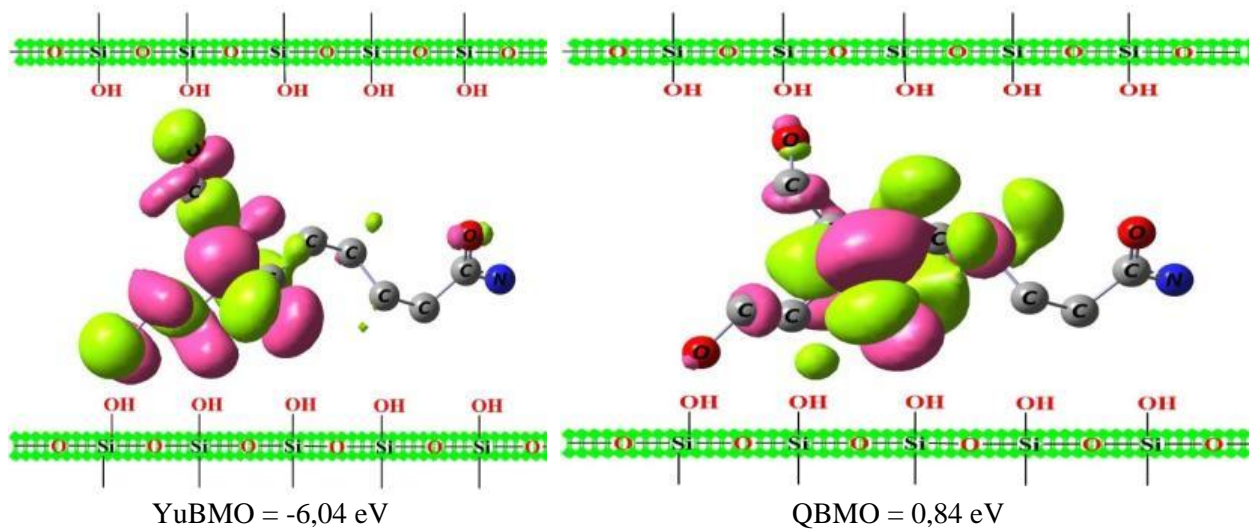
Organik birikmalarning reaksiyon qobiliyatini baholashda qo'llaniladigan indeksning asosiylaridan biri chegaraviy MO-lardagi (ChegMO) elektron zichlik. Yuqori band molekulyar orbital (YuBMO) va quyi bo'sh molekulyar orbital (QBMO) chegaraviy molekulyar orbitallar hisoblanadi. YuBMO-da elektron zichligi yuqori bo'lgan atom elektronodonor atom hisoblanadi va elektrofil reaksiyon markaz



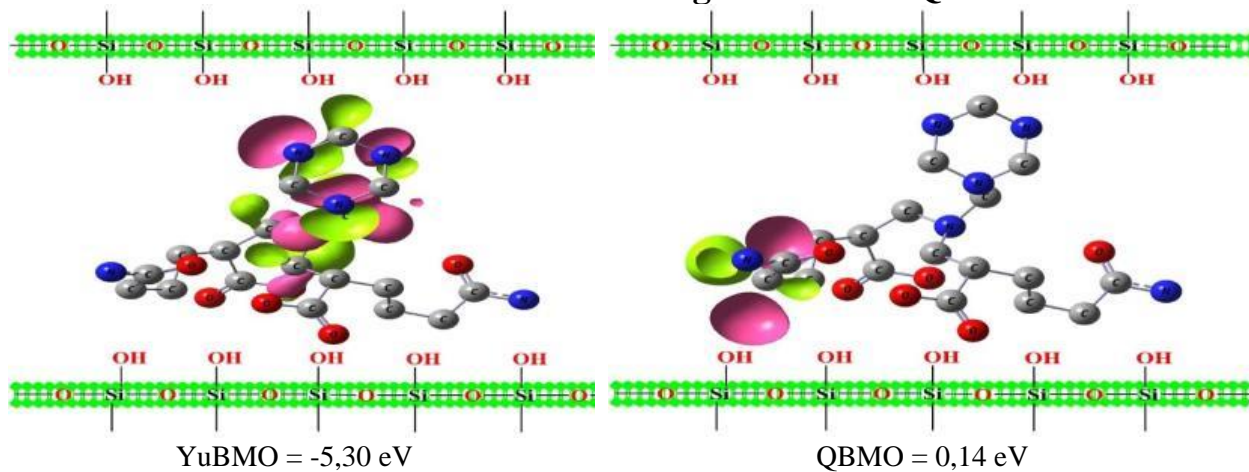
8-rasm. VM/GP/U sorbentining mulliken zaryad taqsimoti

Reaksiyon qobiliyatda molekula atomlaridagi zaryad taqsimotlari muhim ahamiyat kasb etadi, ya'ni ular molekulaning elektrofil va nukleofil markazlarini bashorat qilishda muhim rol o'ynaydi. Shuni e'tiborga olgan holda, zaryad hisoblashning keng tarqalgan usuli – Mulliken usuli bo'yicha VM/GP/DEA, VM/GP/U va VM/GP/M molekulari atomlarining umumiy zaryadlari hisoblab chiqildi.

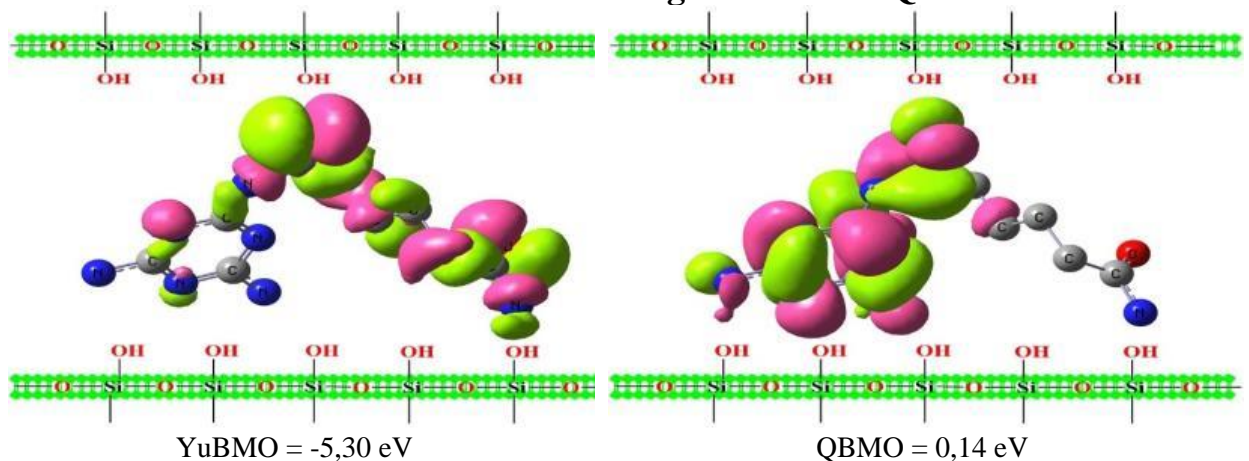
hisoblanadi. QBMO-da elektron zichligi yuqori bo'lgan atom elektronoakseptor atom hisoblanadi va nukleofil reaksiya markazi hisoblanadi.



10-rasm. VM/GP/DEA sorbentining YuBMO va QBMO lari.



11-rasm. VM/GP/U sorbentining YuBMO va QBMO lari.



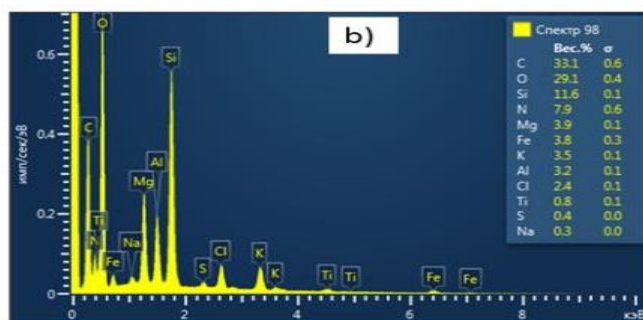
12-rasm. VM/GP/M sorbentining YuBMO va QBMO lari.

VM/GP/DEA sorbentining termik tahlili. VM/GP/DEA sorbentining DTA tahlilida uch bosqichda massa yo'qotish yuz bergan va bitta ekzotermik hamda bitta endotermik jarayon yuz bergan. Birinchi bosqichda 6,157% massa yo'qotilish 25,85-136,7°C da kuzatildi (8-rasm).

Olingan sorbentlarning termogravimetrik tahlili

Namuna	Harorat (C°)	Massa yo‘qotilishi (%)	Umumiy massa yo‘qotilishi
VM/GP/MEA	25.85-136.70	6.157	37.125%
	136.70-502.52	24.484	
	502.52-801.13	6.484	
VM/GP/M	28.46-262.25	21.164	72.579%
	262.25-490.83	25.825	
	490.83-801.73	25.590	
VM/GP/U	21.82-267.76	22.46	69.75%
	267.76-497.59	27.768	
	497.59-801.68	19.522	
VM/GP/DEA	35.10-279.26	25.764	81.21%
	279.26-801.68	55.446	
VM/GP/TEA	17.70-199.21	22.830	46.14%
	199.21-597.27	14.958	
	597.27-901.78	8.352	

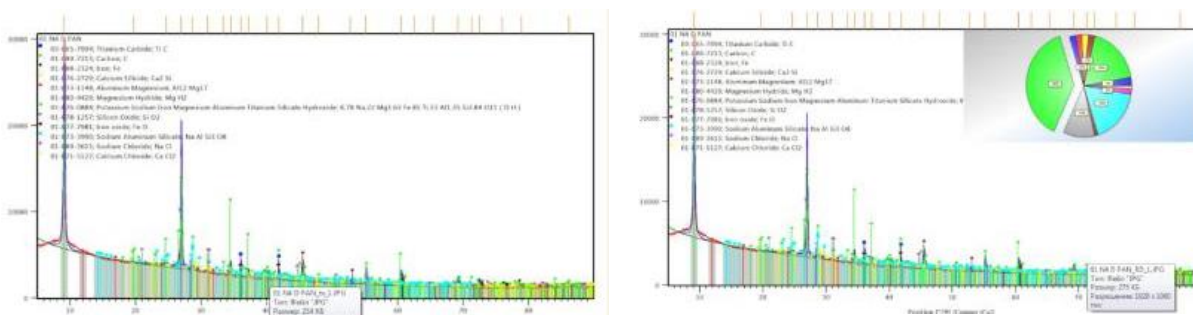
VM/GP/DEA sorbentining SEM tahlili. Skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) va element analizi yordamida VM/GP/DEA sorbentining 10 μ m, 50 μ m, 100 μ m kattalikdagi sirt morfologiyasi va element tarkibi tahlil qilindi.



13-rasm. VM/GP/DEA sorbentining SEM tahlili: 100 μ m tasvirlari

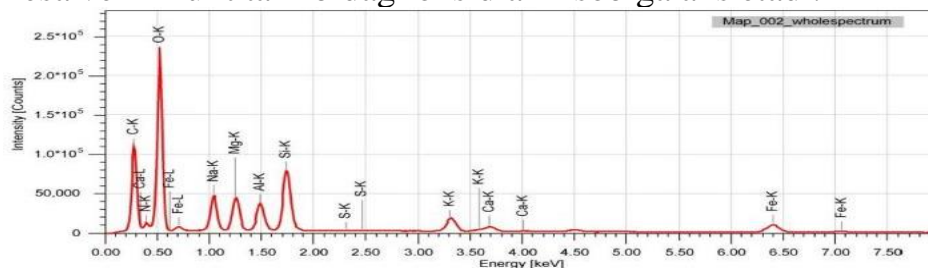
Sorbentning sirt morfologiyasi tahlilining 100 μ m kattalashtirilgan va to‘rt xil fokusdan olingan tasvirlarida qatlamlar sirti va oralig‘idagi g‘ovaklar yaqqol ko‘rinadi. SEM tasvirlarida vermikulitning qatlamlari va unga birikkan GIPAN va DEA zarralari aks etgan.

VM/GP/DEA sorbentining rentgen fazaviy tahlili. VM/GP/DEA sorbentining rentgen fazaviy tahlilidagi X-nurlarining diffraksiyasidan (XRD) hosil bo‘lgan birikmalarning tebranish cho‘qqilari bir chiziq bo‘ylab harakatlanganini va aniq cho‘qqilar berganini kuzatishimiz mumkin.



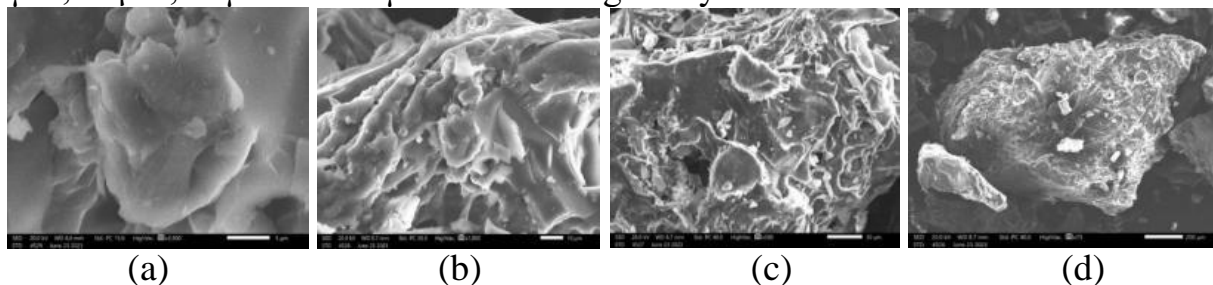
14-rasm. VM/GP/DEA sorbentining rentgen fazaviy tahlili: asosiy grafik va donut diagramma tahlil ko‘rinishida

VM/GP/M sorbentining energiya dispers spektroskopiya tahlili. VM/GP/M sorbentining element tahlilida kislorod intensiv cho‘qqi namoyon qilgan, uglerod spektri tarkibdagi organik moddalar hisobiga, N esa GIPAN tarkidagi sian va amid guruh hamda melamin tarkibidagi amin guruhidagi azot hisobiga ko‘ringan. Kremkiy va metallar esa vermikulit tarkibidagi oksidlar hisobiga aks etadi.



15-rasm. VM/GP/M sorbentining energodispersion spektroskopiya tahlili.

VM/GP/U sorbenti SEM tahlili. SEM va element tahlili yordamida urotropin va gidrolizlangan poliakrilonitril bilan modifikatsiyalangan vermikulit kompozitini 5 μ m, 10 μ m, 50 μ m va 200 μ m o‘lchamdagi sirt yuza tasvirlari olindi.



16-rasm. VM/GP/U sorbentining SEM tahlillari: a) 5 μ m b) 10 μ m; c) 50 μ m va d) 200 μ m o‘lchamdagi tasviri

VM/GP/U kompozit sorbentining SEM tahlillarida asosan sorbentning g‘ovaksimon bo‘rtiq ustidagi mikrog‘ovaklari qatlamsimon ko‘rinishhda joylashgan tasvirlar ko‘ringan.

Suv bug‘i va benzol bug‘i yordamida adsorbsiya izotermalari va g‘ovaklik o‘lchamlari tahlili. VM/GP/U va VM/GP/M sorbentlarining adsorbsiyaviy va desorbsiyaviy xususiyatlarini o‘rganish uchun Mak-Benn-Bakra qurilmasida suv bug‘i bosimi yordamida hisoblashlar amalga oshirildi. Shuningdek, BET (Brunauer-Emmett-Teller) usuli asosida sorbentlarning o‘ziga xos sirt maydoni aniqlash uchun izotermalar tayyorlandi. Natijada, sorbentlarning sirt-yuza kattaligi va g‘ovaklik xususiyatlari bo‘yicha tahlillar o‘tkazildi.

5-jadval

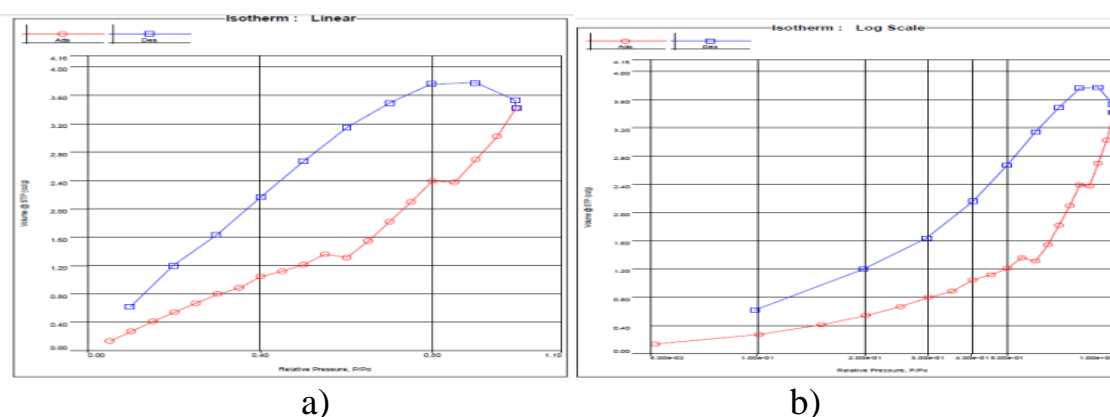
Olingan sorbentlarning BET usulida hisoblab topilgan kattaliklari

Sorbent	Monoqavat sig‘imi, mol/kg	S, solishtirma yuza, m ² /g	Mikro-g‘ovak, W0	To‘yinish hajmi, Vs	Mezo-g‘ovak, Wme	G‘ovak radiusi, Å
						nm
VM/GP/M	0,122	7,90	0,014855	0,04608	0,03	116,6
						11,66
VM/GP/U	1,304	84,79	0,0913214	0,174312	0,08	41,1
						4,11
VM/GP/DEA	0,193	46,59	0,037507	0,0471545	0,01	20,2
						2,02

VM/GP/M sorbentining N₂ yordamida sovuq adsorbsiya va haroratli desorbsiya izotermalari hamda g‘ovaklik o‘lchamlari tahlili. VM/GP/M sorbentining o‘ziga xos sirt maydonini tahlil qilish uchun gaz turi azot bo‘lgan qurilma (Quantachrome Autosorb iQ AG, AQSH) dan foydalanildi. Tahlil shartlari: namuna og‘irligi - 0,1078 g, gazni berish vaqti – 1,2 soat, davomiyligi - 3 soat 0,1 daqiqa.

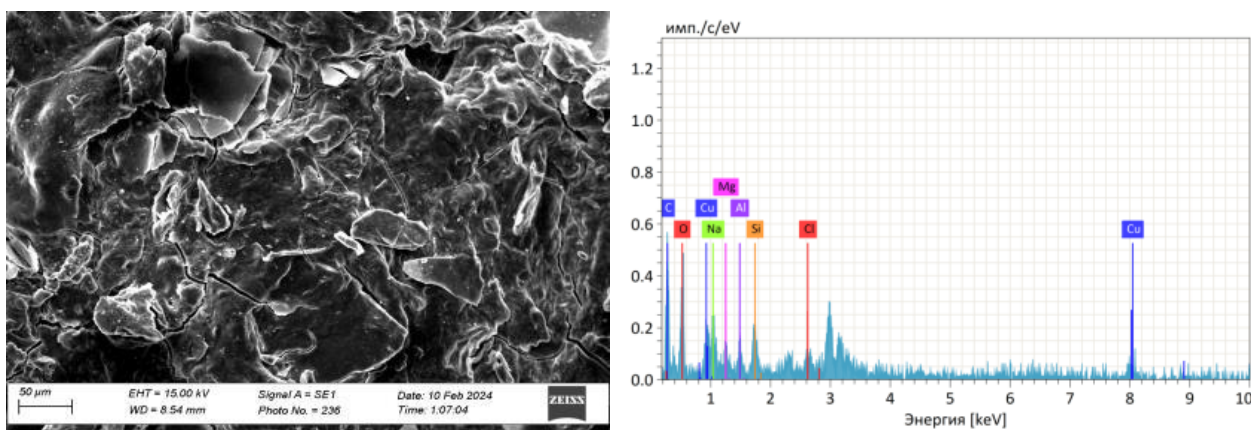
Sintez qilingan sorbentning nisbiy sirt maydoni monoqatlamda adsorbsiyalangan gazning massasi va hajmi yordamida aniqlangan bo‘lib, u 3,05 m²/g ni tashkil etdi.

VM/GP/M sorbentining g‘ovak hajmi, yarim g‘ovak kengligini aniqlash uchun DFTmetodi bo‘yicha hisoblari olindi.



17-rasm. BET tenglamasining chiziqli koordinatalaridagi VM/GP/M sorbentiga yutilgan N₂ gazining adsorbsiya izotermasi

Cu(II) ionini yutgan VM/GP/DEA sorbentining SEM va element tahlili. Kengaytirib, faollantirilgan vermikulitni GIPAN va DEA bilan modifikatsiyalash orqali olingan sorbentda mis sulfat tuzi sorbsiyalandi. Cu(II) ionlarini yutgan sorbent quritildi va SEM, element tahlili, energiya dispersion va raman spektroskopiya tahlillari o‘tkazildi.

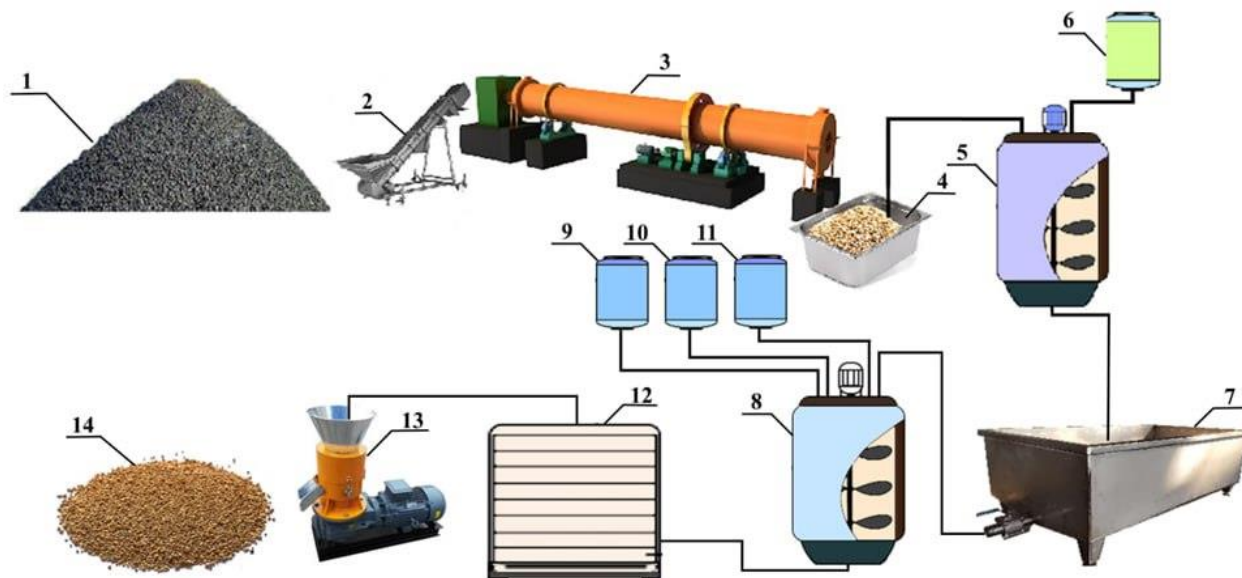


18-rasm. Cu²⁺ ionini yutgan VM/GP/DEA sorbentining SEM va energiya dispersion spektroskopiya tahlili

Dissertatsiyaning “**Modifikatsiyalangan vermikulit asosida sorbentlar olish texnologiyasi va texnik-iqtisodiy asoslash**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida

modifikatsiyalangan vermikulit asosida sorbentlar olish texnologiyasi hamda texnik-iqtisodiy asoslar berilgan.

Modifikatsiyalangan vermikulit asosida sorbentlar olish texnologiyasi. Termiz davlat universiteti va Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot institutida vermikulit asosidagi sorbentlar olish texnologiyasi ishlab chiqildi (19-rasm).



19-rasm. Modifikatsiyalangan vermikulit asosida sorbentlar olish texnologiyasi

1-vermikulit; 2-vermikulitni yuklash uchun shnekli ko‘targich; 3-kuydirish pechi; 4-kuydirilgan vermikulit; 5-vermikulitga kislotali faollashtirish uchun reaktor; 6-xlorid kislota uchun sig‘im; 7-vermikulitni neytrallashtirish va yuvish uchun vanna; 8-faollashtirilgan vermikulitni modifikatsiyalash uchun reaktor; 9-GIPAN uchun sig‘im; 10-aminlar uchun sig‘im; 11-suv uchun sig‘im; 12-quritish pechi; 13-granulyator 14-tayyor sorbent

Modifikatsiyalangan vermikulit asosida sorbentlar olish uchun vermikulit (1) shnekli ko‘targich (2) yordamida kuydirish pechi (3) ga yuklanadi. 900°C da kuydirishdan so‘ng vermikulitning hajmi kengayadi va keyingi bosqichlar uchun tayyorlanadi. Kuydirilgan vermikulit maxsus reaktorda kislotalar (6-xlorid kislota yoki 7-sulfat kislota) yordamida faollashtiriladi. Bu jarayon vermikulitning fizik va kimyoviy xususiyatlarini yaxshilaydi. Kislotali faollashtirishdan so‘ng, vermikulit neytrallashtirish uchun yuvish vannasi (8) da suv bilan yuviladi. Bu bosqichda material kislotalar qoldiqlaridan tozalanadi va zararsizlantiriladi. Faollashtirilgan vermikulit reaktor (9) ga yuklanadi va reaktorda GIPAN (10), turli aminlar (11) va suv (12) bilan aralashiriladi hamda modifikatsiyalash jarayoni amalga oshiriladi. Modifikatsiyalangan vermikulit quritish pechi (13) da quritiladi va granulyator (14) yordamida presslangan granula shakliga keltiriladi.

Modifikatsiyalangan vermikulit asosida sorbentlar olishning texnik-iqtisodiy asoslari. 6-jadvalda modifikatsiyalangan vermikulit asosida sorbentlar ishlab chiqarish uchun sarflanadigan xomashyolarning narxlari keltirilgan.

6-jadval**Modifikatsiyalangan vermikulit asosida VM/GP/DEA markali sorbent ishlab chiqarish uchun xomashyo narxlari**

№	Xomashyo	1 kg xom ashyo narxi, so'm	1 kg sorbent olish uchun xomashyo, kg	Jami summa
1	Vermikulit	4 000,0	650	2 600 000,0
2	Xlorid kislota	30 000,0	20	600 000,0
3	GIPAN	5 000,0	330	1 650 000,0
4	Dietanolamin	25 000,0	15	375 000,0
5	Malein anhidrid	20 000,0	5	100 000,0
6	Suv	200,0	2 000	400 000,0
Jami				5 725 000,0

6-jadvaldan ko'rinadiki, modifikatsiyalangan vermikulit asosida 1 kg VM/GP/DEA markali sorbent ishlab chiqarish uchun 5 725 000,0 so'mlik xomashyo sarflanadi.

7-jadval**Modifikatsiyalangan vermikulit asosida ishlab chiqarilgan 1 kg VM/GP/DEA markali sorbentning tannarxi**

Nomlari	Xarajat, so'mda
Xomashyolar	5 725 000,0
Ish haqi	500 000,0
Yagona ijtimoiy to'lov 15%	75 000,0
Ishlab chiqarish xarajatlari	2 000 000,0
Foyda, 10%	830 000,0
QQS, 15%	1 369 500,0
Jami	10 499 500,0

Modifikatsiyalangan vermikulit asosida ishlab chiqarilgan 1 kg VM/GP/DEA markali sorbentning tannarxi 10 499 500,0 so'mni tashkil etadi (7-jadval).

XULOSALAR

1. Tabiiy vermikulitni suv va vodorod peroksid ning 10%; 20%; 25% li eritmaları bilan to'yintirilib, mikroto'lqinli isitish usulida kengaytirishning maqbul sharoitlari o'rganildi hamda kengaytirilgan vermikulit HCl va H₂SO₄ larda faollantirildi.

2. Faollantirilgan vermikulitni gidrolizlangan poliakrilonitril va azot tutgan moddalar bilan modifikatsiyalash orqali polifunksional VM/GP/DEA, VM/GP/U, VM/GP/M tarkibli organo-noorganik sorbentlari sintez qilindi.

3. Sintez qilingan organo-noorganik tarkibli polifunksional sorbentlar va ularning Cu(II), Ni(II) va Zn(II) ionlari bilan hosilgan kompleks birikmalarning takibi va tuzilishini IQ-, Raman spektroskopiya, Skanerlovchi elektron mikroskop va rentgen fazaviy tahlili yordamida taklif qilindi shuningdek, termik barqarorligi VM/GP/DEA<VM/GP/M<VM/GP/U qatorida ortib borishi termogravimetrik tahlil va differensial termik tahlillari orqali o'rganildi.

4. Sintez qilingan organo-noorganik tarkibli polifunksional sorbentlarning sorbsion xossalari: statik almashinish sig'imi VM/GP/U<VM/GP/DEA<VM/GP/M

ketma-ketligida oshib borishi va metallarni sorbsiyalash tanlovchanligi $Zn(II) < Ni(II) < Cu(II)$ qatorida ortib borishi aniqlandi shuningdek, izotermalari hamda g'ovaklik o'lchamlari BET (Brunauer-Emmett-Teller) usulida hisoblandi unga ko'ra VM/GP/M sorbenti g'ovak hajmi, $0,006 \text{ sm}^3/\text{g}$, sirt yuzasi $2,958 \text{ ml/g}$ ga teng ekanligi aniqlandi.

5. Olingan sorbentlarning sintez qilish jarayonlarining texnologiyasini ishlab chiqildi hamda ularni texnik-iqtisodiy samaradorligini hisoblandi.

6. Tarkibida azot tutgan organik moddalar bilan modifikatsiyalangan vermikulit asosida olingan VM/GP/DEA; VM/GP/U; VM/GP/M sorbentlari "Muborak gazni qayta ishlash zavodi" AJ, markaziy laboratoriyasida sinovdan o'tkazildi va tabiiy gazni nordon komponentlardan tozalash jarayonida hamda oqova suvlar tarkibidagi og'ir metall ionlarini ajratish bo'yicha ijobiy xulosalar olindi va ishlab chiqarishga joriy etildi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА БАЗЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.03/31.01.2023.К/Т.78.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ПРИ ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХОЛМУРОДОВА САБОХАТ АЛМАХМАТОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНО-
НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛИТА,
МОДИФИЦИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ,
СОДЕРЖАЩИМИ АМИНОГРУППЫ**

**02.00.13-Технология неорганических веществ и материалы на их основе
02.00.14-Технология органических веществ и материалы на их основе**

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

Термез–2025

Тема докторской диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.3.PhD/T4837.

Диссертационная работа выполнена в Термезском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета www.tersu.uz и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziynet.uz.

Научные руководители:

Тураев Хаит Худайназарович
доктор химических наук, профессор

Аликулов Рустам Валиевич
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Тураев Закиржон
доктор технических наук, профессор

Шукуров Дилмурод Хурсанович
доктор философии технических наук

Ведущая организация

Каршинский государственный университет

Защита диссертации состоится "18" 04 2025 г. в "10⁰⁰" часов на заседании Ученого совета DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 при Термезском государственном университете по адресу: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43, Тел.: (+99876)221-74-55, факс: (+99876)221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре в Термезском государственном университете за № 282 с которой можно ознакомиться в ИРЦ (190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43, Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876)221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Автореферат диссертации разослан "18" 03 2025 года.
(Протокол рассылки № 1 от "18" 03 2025 года).



И.А.Умбаров
Председатель научного совета
по присуждению ученой степени,
д.т.н., проф.

Ш.А.Касимов
Секретарь ученого совета
по присуждению учёных
степеней, д.х.н., проф.

Л.С.Камолов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.х.н., проф.

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. Сегодня в мире стремительно развивается химическая промышленность, а загрязнение сточных вод и региональных почв вследствие попадания в окружающую среду отходов, образующихся в результате производственных процессов, в частности тяжелых металлов, признано актуальной экологической проблемой. Поэтому создание многофункциональных сорбентов на основе органических и неорганических материалов для удаления тяжелых металлов из сточных вод и технологических растворов является одним из актуальных научных направлений. Технологии производства и виды сорбентов, поглощающих ионы металлов, существенно расширяются. Однако в связи с ростом объемов производства и развитием отраслей промышленности растет и спрос на такие сорбенты. В этих условиях производство высокоэффективных, экологически чистых и экономически выгодных сорбентов приобретает большое значение.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, направленные на создание селективных и высокоэффективных сорбентов на основе иммобилизации органических соединений, содержащих аминогруппу, на минеральных матрицах. В данном направлении особое внимание уделяется получению органо-неорганических полифункциональных сорбентов на основе минеральных и органических компонентов, а также разделению переходных металлов из растворов с использованием сорбционных методов комплексообразования. Проводится систематический анализ эффективности синтезированных сорбентов в извлечении металлов из растворов, возможностей применения полученных металл-сорбентных соединений в качестве покрытий, строительных материалов и в других промышленных отраслях. Особое внимание уделяется исследованию устойчивости данных материалов в растворах, их термической стабильности, а также расширению сфер их практического применения.

В нашей стране достигнуты значительные результаты в области разработки новых материалов в химической промышленности. В частности, реализуются масштабные меры по обеспечению внутреннего рынка химическими реагентами, заменяющими импорт. Внедрение инновационных технологий позволяет создать научно обоснованную систему эффективного управления промышленными объектами и реализовать комплексные программы по охране окружающей среды. В «Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»¹ определены приоритетные направления экономического развития, включая ускорение производства продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местного сырья, создание качественно новых видов продукции и инновационных технологий. В этой связи важное стратегическое значение приобретает развитие химической промышленности, включая создание селективных органо-неорганических полифункциональных сорбентов на основе

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

органических веществ и минеральных матриц, а также их использование для выделения и исследования металлов.

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», постановлении № ПП-3264 от 29 августа 2017 года «О мерах по совершенствованию экспортно-импортных деятельности организаций химической промышленности» и № PQ-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности науки в химической и биологической отраслях», а также других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. За рубежом активно ведутся исследования по синтезу органо-неорганических и композитных сорбентов, а также их способности к сорбции тяжелых металлов. В частности, российские ученые А.А.Мельников, Н.Е.Гордина, А.П.Синицын, Г.И.Гусев, А.А.Гущин и Р.Н.Румянцев изучали механохимическую обработку вермикулита, изменения водных фаз в его структуре и сорбционную способность. Группа ученых под руководством Лия Чен из Южно-Китайского технологического университета, а также исследователи из Саудовской Аравии А.Салех, А.Сари и М.Тузэн синтезировали новый тип биокompозита на основе хитозан/вермикулита и изучили его эффективность в извлечении свинца и кадмия. Кроме того, ученые Яловского университета (Турция) Нергиз Канман и Пелир Демирчи провели исследования по синтезу композита на основе вермикулита и металл-органической рамки Cu для удаления растворимого в воде органического красителя – малахитового зеленого. Аналогичные научные исследования проводятся и в других странах мира.

В нашей республике проведен ряд научных исследований по изучению минерала вермикулита и созданию на его основе различных химических композитов. В частности, А.Т.Джалилов изучал общие свойства и состав вермикулита, Б.Г.Махкамов и Д.А.Гафурова исследовали методы органической модификации вермикулита и его сорбционные свойства. Х.Х.Тураев и П.Д.Тоджиев занимались разработкой применения вермикулита в органических соединениях, а Х.С.Бекназаров проводил исследования по созданию антикоррозионных материалов на основе вермикулита. Кроме того, Ф.Н.Нуркулов изучал возможности использования вермикулита для синтеза термоизоляционных строительных композитов и антипиренов, а Ш.Д.Ширинов исследовал свойства гидролизованного полиакрилонитрила. Однако в нашей стране научные разработки по органической модификации вермикулита и его сорбционным свойствам в отношении ионов металлов остаются ограниченными. Проведение системных исследований в данной области является одной из актуальных научных задач.

Связь диссертационного исследования с научными планами высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских планов Термезского государственного университета по фундаментальным проектам ITD-12 «Синтез комплексообразующих полифункциональных ионитов и теоретические основы разделения некоторых d-металлов с их использованием» (2017-2020 гг.).

Целью исследования является разработка технологии получения органо-неорганических сорбентов на основе вермикулита, модифицированного органическими соединениями, содержащими аминогруппу, а также определение свойств полученных сорбентов и их применение в природных условиях.

Задачи исследования:

расширение вермикулита термическим и микроволновым методами, удаление химически связанной воды и химическая активация расширенного вермикулита с использованием сильных кислот (HCl и H₂SO₄);

модификация активированного вермикулита гидролизированным полиакрилонитрилом.

получение полифункциональных сорбентов на основе вермикулита, модифицированного гидролизированным полиакрилонитрилом, и веществ, содержащих аминогруппы.

определение химической и термической устойчивости полученных полифункциональных сорбентов органо-неорганического состава.

извлечение ионов меди (II) из водных растворов с использованием полученных полифункциональных сорбентов органо-неорганического состава и исследование процесса сорбции.

разработка технологии получения полифункциональных сорбентов на основе вермикулита, содержащих аминогруппу, и обоснование их технико-экономической эффективности.

Объектом исследования являются вермикулит месторождения Тебинбулок и сорбенты на основе вермикулита, модифицированного органическими веществами, содержащими аминогруппы.

Предметом исследования являются расширение вермикулита термическим и микроволновым методами, его активация в сильных кислотах, модификация органическими соединениями, содержащими аминогруппы, для получения органо-неорганических сорбентов, а также изучение состава, структуры и физико-химических свойств сорбентов, поглотивших металлы из растворов.

Методы исследования. В исследовании использованы современные теоретические и экспериментальные методы исследования, такие как ИК-спектроскопия, Раман-спектроскопия, ТГА и ДТА анализы, сканирующая электронная микроскопия (изображение, элементный анализ), а также анализ адсорбции-десорбции (вода, пар бензола) на вакуумной установке Мак-Бен-Бакра.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены оптимальные условия термического и микроволнового расширения вермикулита, доказано, что степень удаления воды из структуры вермикулита при микроволновом расширении зависит от обработки растворами воды и перекиси водорода и возрастает в следующем порядке: природный вермикулит < вода < 10% H₂O₂ < 20% H₂O₂ ≤ 25% H₂O₂;

установлено, что увеличение площади поверхности вермикулита при активации сильными кислотами возрастает с увеличением концентрации кислоты, что подтверждено физико-химическими методами;

определены оптимальные условия получения сорбентов на основе вермикулита, гидролизованного полиакрилонитрила и веществ, содержащих аминогруппы, синтезированы новые полифункциональные сорбенты: VM/ГП/ДЕА, VM/ГП/У, VM/ГП/М;

выявлены статическая и динамическая обменная емкость новых полифункциональных сорбентов на основе вермикулита и органических веществ, содержащих аминогруппы, в отношении ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) а также определена их избирательность к металлам;

на основе данных спектроскопии комбинационного рассеяния (Raman), элементного анализа и СЭМ-анализа показаны химические связи сорбента VM/ГП/ДЕА, использованного для извлечения ионов Cu(II) из состава промышленных сточных вод.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

На основе местного минерального сырья – вермикулита, путем органической модификации получены новые полифункциональные сорбенты.

Разработана технологическая схема получения новых полифункциональных сорбентов путем расширения вермикулита и его модификации органическими соединениями, а также обоснована их технико-экономическая эффективность.

Установлено, что полученные органо-неорганические полифункциональные сорбенты способны поглощать ионы меди(II) и цинка(II) из растворов при различных значениях pH.

Показано, что синтезированные сорбенты могут быть использованы для подготовки промышленных вод, а также для извлечения ионов меди(II) из объектов окружающей среды и технологических растворов.

Достоверность результатов исследования обоснована экспериментальными данными, полученными с использованием современных методов, таких как ИК-спектроскопия, Раман-спектроскопия, определение оптической плотности в УФ-диапазоне, термогравиметрический анализ, дифференциальный термический анализ, сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсионный анализ, адсорбция-десорбция паров воды и бензола на вакуумной установке Мак-Бен-Бакра, низкотемпературная адсорбция и термодесорбция азота, а также анализ изотерм и распределения пор по размеру. Кроме того, результаты экспериментов подтверждаются публикацией в авторитетных научных журналах, включенных в международные базы данных.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в определении эффективных методов и оптимальных условий термического и микроволнового расширения местного минерального сырья – вермикулита, его активации сильными кислотами, а также в изучении сорбционных свойств ионнообменных полифункциональных органо-неорганических сорбентов, полученных на основе вермикулита и органических соединений, содержащих аминогруппы.

Практическая значимость результатов исследования послужит в расширении возможностей использования полученных органо-неорганических сорбентов для эффективного извлечения ценных металлов из сточных растворов гидрометаллургических предприятий республики, а также для очистки промышленных сточных вод.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных в ходе исследований по созданию полифункциональных сорбентов на основе вермикулита, модифицированного гидролизированным полиакрилонитрилом и различными веществами, содержащими аминогруппы, а также изучения их физико-химических и сорбционных свойств:

новые сорбенты, полученные путем модификации активированного вермикулита органическими веществами, содержащими аминогруппы, внедрены в практику ООО «Мубаракский газоперерабатывающий завод» (Справка № 840/ГК-09 от 4 сентября 2024 года ООО «Мубаракский ГПЗ»). В результате была обеспечена возможность удаления тяжелых металлов из состава сточных вод производства;

высокосорбционные сорбенты внедрены в производство на ООО «Мубаракский газоперерабатывающий завод» (Справка № 840/ГК-09 от 4 сентября 2024 года ООО «Мубаракский ГПЗ»). На основе лабораторно-испытательных данных была подтверждена эффективность удаления тяжелых металлов из состава производственных сточных вод.

Аппробация результатов исследования. Результаты исследований были представлены и обсуждены на 17, в том числе 7 международных и 10 научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 26 научных работ, из них 9 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание степени доктора философии (PhD), включая 4 статьи в республиканских и 5 статьи в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Состав диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 107 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость темы диссертации, изложены цель и задачи исследования, описаны объекты и

предметы исследования, а также указано соответствие работы приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан. Приведены научная новизна и практические результаты, обоснована достоверность полученных данных, раскрыты теоретическая и практическая значимость исследования, даны выводы о перспективах внедрения результатов в практику, а также представлены сведения о опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертационной работы, названной «**Современное состояние получения и применения сорбентов на основе модифицированного вермикулита**», проводится анализ литературы по получению и применению сорбентов на основе вермикулита, органо-неорганических и композитных сорбентов, а также сорбентов с азотсодержащими соединениями для сорбции металлов. В работе акцентировано внимание на структурных характеристиках вермикулита, его свойствах, поверхностной модификации, интеркаляции/экслокации, структурной организации и функциональных применениях.

Во второй главе диссертационной работы, озаглавленной «**Получение полифункциональных сорбентов на основе модифицированного вермикулита гидролизированным полиакрилонитрилом и различными веществами, содержащими аминогруппы**», рассматриваются выбранные объекты исследования, методы исследования и использованное оборудование и инструменты. Описываются эксперименты по термическому расширению вермикулита месторождения Тебинбулок, активации расширенного вермикулита сильными кислотами, модификации активированного вермикулита гидролизированным полиакрилонитрилом, а также получению сорбентов путем изменения модифицированного вермикулита с органическими мономерами, содержащими азот и кислород.

Термическое расширение вермикулита. При термической обработке вермикулита для его расширения, потеря массы происходила в температурном диапазоне от 100 до 900°C. Эксперименты проводились с измельченными образцами вермикулита, промытыми и очищенными в дистиллированной воде, а затем высушенными. Физические и химические изменения, происходящие при термическом расширении, показаны на инфракрасных спектрах исходного вермикулита и расширенного вермикулита, приведенных на рисунке 1.

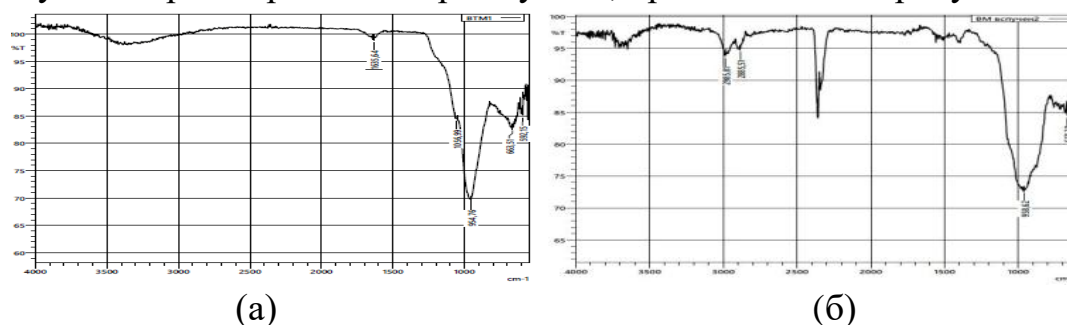


Рис. 1. ИК-спектры вермикулита месторождения Тебинбулок в природном (а) и пористом (б) состоянии

В образце природного вермикулита (а) были обнаружены колебания, соответствующие связям Si-O и группам гидроксила, на пиках около 1056,99 см⁻¹. В образце термически расширенного вермикулита наблюдаются сдвинутые колебания в областях около 2985,81 и 2885,51 см⁻¹,

соответствующие образованию водородных связей и более широким, интенсивным пиком, связанным с валентными группами О-Н.

Расширение вермикулита при микроволновом нагреве. Расширение вермикулита с использованием микроволнового излучения проводилось в течение 5 минут при мощности 700 Вт. Результаты показали, что микроволновая система позволяет сэкономить примерно 80% и 75% энергии по сравнению с термическими эксфолиаторами.

При микроволновой модификации природного вермикулита предварительная обработка растворами воды и перекиси водорода влияет на удаление связанной воды в различных состояниях. Эффект удаления воды возрастает в следующем порядке: природный вермикулит < вода < 10% H₂O₂ < 20% H₂O₂ ≤ 25% H₂O₂.

Кислотная обработка вспученного вермикулита. В данной работе были рассмотрены два различных способа активации вермикулита соляной кислотой: при комнатной температуре и при температуре выше 60°C (механической обработкой).

Активация вспученного вермикулита соляной кислотой при комнатной температуре. Вермикулит замачивали в 10%, 17% и 36% растворе соляной кислоты и выдерживали в течение 48 часов. Вермикулит фильтровали и нейтрализовали содовой водой.

Термокислотная активация соляной кислотой. Обработку соляной кислотой проводили в течение разного времени (2, 6, 10, 12, 14 часов) и при разных концентрациях кислоты (1%, 7%, 12%, 20% и 36%). В результате в качестве оптимальных условий была выбрана активация в 7% растворе в течение 6 часов при температуре 70°C и перемешивании со скоростью 550 об/мин.

Термокислотная обработка серной кислотой.

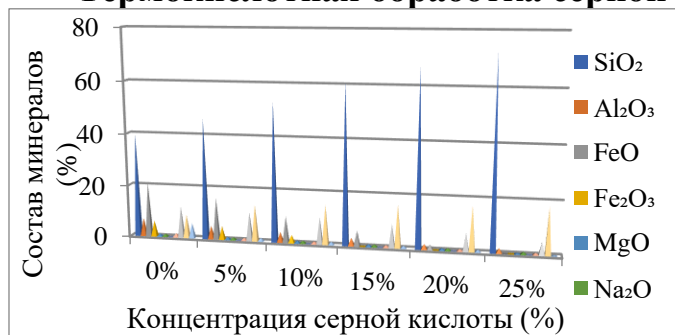


Рис. 2. Изменение содержания вермикулита в зависимости от концентрации активирующей кислоты (%)

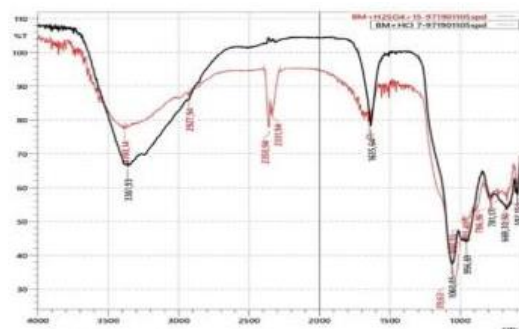


Рис. 3. Термокислотная обработка 15% серной кислотой (красные линии) и 7% соляной кислотой (черные линии)

При активации вермикулита серной кислотой, если концентрация горячей серной кислоты превышает 20-25%, силикатная решетка будет повреждена. В результате этого процесса образуется аморфный диоксид кремния. Реакцию

проводили при температуре 95°C в течение 5, 6, 7, 8 часов в растворах кислот 5%, 10%, 15%, 20% концентрации (рис. 3).

Установлено, что выход реакции выше для образца с массовым соотношением сорбента ВМ/ГП/ДЭА 1:2:0,5 и временем реакции 2 часа. При исследовании сорбционной емкости образцов установлено, что ПАВ пробы, взятой в массовом соотношении 1:2:0,5, составила 7,8 мг-экв/г. На основании анализа образца по ИК- и новым спектрам было выведено экспериментальное уравнение реакции (рис. 4).

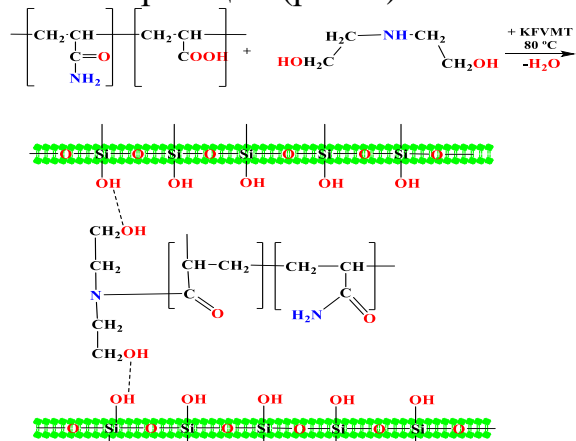


Рис. 4. Реакция образования органо-неорганического сорбента ВМ/ГП/ДЭА

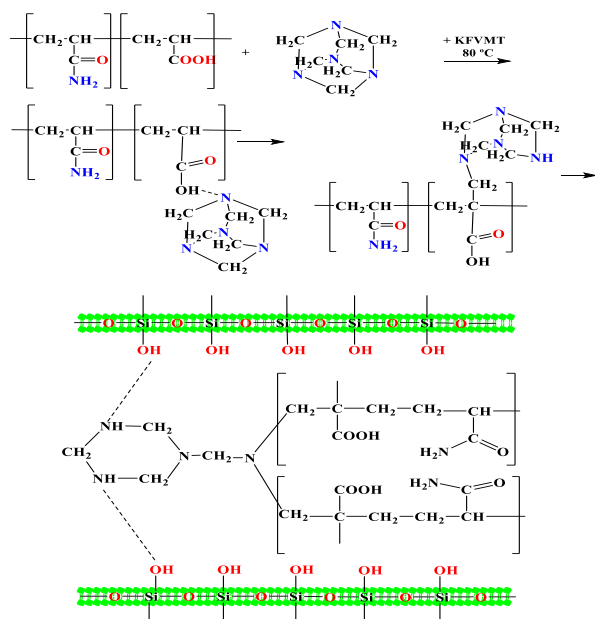


Рисунок 5. Реакция образования органо-неорганического сорбента ВМ/ГП/У

Установлено, что выход реакции выше в образце, полученном при массовом соотношении сорбента ВМ/ГП/У 1:0,3, рН среды 7,5 и температуре 75°C. Установлено, что наибольшую статическую обменную емкость (Cu²⁺) имел образец сорбента, полученный при массовом соотношении исходных материалов 1:0,3, – 15,7 мг-экв/г. На основании анализа полученного сорбента построено уравнение реакции.

**Таблица 1
Зависимость статической обменной емкости ВМ/ГП/ДЭА от времени и соотношения исходных веществ (Т-80°C, рН-7,5, (Cu²⁺))**

КФВМ/ГП/ДЭА (в массовом соотношении)	Время (часы)			
	1	1,5	2	2,5
1:2:0,1	6,8	7,0	7,3	7,2
1:2:0,5	7,0	7,1	7,8	7,6
1:1:1	6,9	7,0	7,3	7,2
1:1:0,5	6,5	6,1	6,7	6,0
1,5:1:2	6,3	6,3	6,7	6,3

**Таблица 2
Зависимость статической обменной емкости сорбента КФВМ/ГП/У от времени и соотношения исходных материалов (Cu²⁺, Т=80°C)**

КФВМ/ГП/У (в массовом соотношении)	Время (часы)				
	1	1,5	2	2,5	3
1:1:0,1	7,8	8,1	8,9	8,1	8,0
1:2:0,3	8,8	8,9	9,2	9,0	8,8
2:2:0,5	8,5	8,8	9,0	8,4	8,5
2,5:1:1	5,5	5,8	5,9	5,4	5,6
2,5:2:1	4,2	4,5	4,8	4,8	4,9

Образцы органо-неорганического сорбента ВМ/ГП/М были получены путем варьирования нескольких массовых соотношений. Изучены временные и температурные зависимости выхода реакции полученных образцов и статических обменных емкостей (табл. 3).

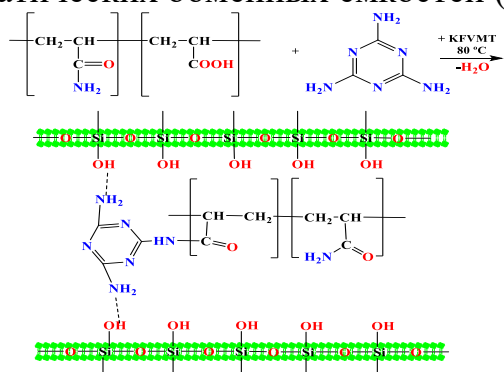


Рис. 6. Реакция образования органо-неорганического сорбента ВМ/ГП/М

Таблица 3
Зависимость статической обменной емкости сорбента ВМ/ГП/М от температуры и массового соотношения исходных веществ (Cu²⁺, τ = 2 часа)

КФВМ:ГП:М (в массовом соотношении)	Температура (°С)				
	50	60	70	80	85
1:0,1:0,1	4,3	5	6,5	7,5	7,2
1:2:0,5	4,8	5,1	7,2	8,2	7,8
1:2:0,8	4,0	5,3	6,7	7,8	7,3
2:2,5:1	3,3	4,8	7,1	7,2	6,8
1:2:1,5	3,1	4,6	6,8	7,1	6,9

Установлено, что выход реакции выше в образце, полученном при 80°С с массовым соотношением сорбента ВМ/ГП/М 1:2:0,5. При исследовании сорбционной емкости образцов по катионам Cu²⁺, Ni²⁺ и Zn²⁺ было установлено, что она высока (8,2 мг-экв/г) в растворе CuCl₂. На основании анализа полученного сорбента построено уравнение реакции.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Исследование термических, физико-химических и сорбционных свойств сорбентов на основе модифицированного вермикулита», представлены результаты изучения термических характеристик сорбентов, полученных на основе модифицированного вермикулита, исследования их физико-химических свойств, а также анализа поверхности, площади и сорбционных характеристик полученных сорбентов.

Квантово-химический анализ синтезированных сорбентов. Изучая систему «состав-структура-свойство» в химических соединениях, можно теоретически предсказать свойства, состав и молекулярную структуру сложных соединений в ходе исследований. Такая информация помогает синтезировать сложные соединения с заданными свойствами, составом и структурой.

Геометрическая оптимизация сорбентов ВМ/ГП/ДЭА, ВМ/ГП/У и ВМ/ГП/М с использованием выходного файла, созданного с помощью программного пакета Avogadro с использованием программного обеспечения GaussView 6.0.16 с использованием базисного набора Popl - RHF/6 Полностью оптимизировано с использованием -311Г(д, 2п). Были использованы результаты расчетов GaussView 6.0.16 с использованием метода DFT (B3LYP), метода Малликена и приближения граничных молекулярных орбиталей (ChegMO) для расчета зарядов на всех атомах.

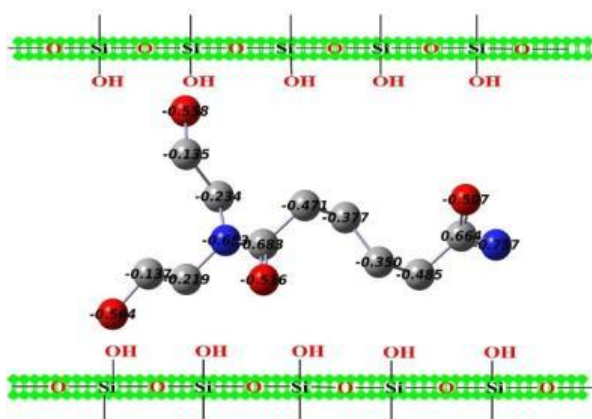


Рис. 7. Распределение заряда по Малликену сорбента VM/ГП/ДЭА

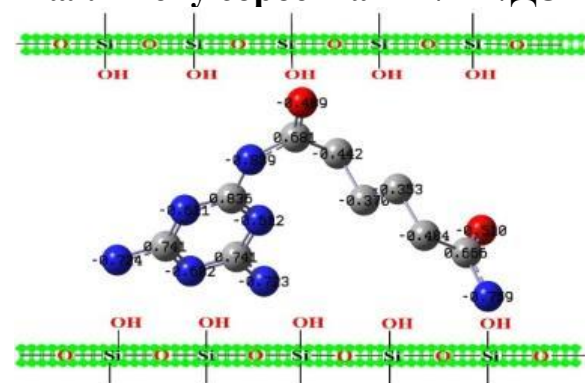


Рис. 9. Распределение заряда по Малликену сорбента VM/ГП/М

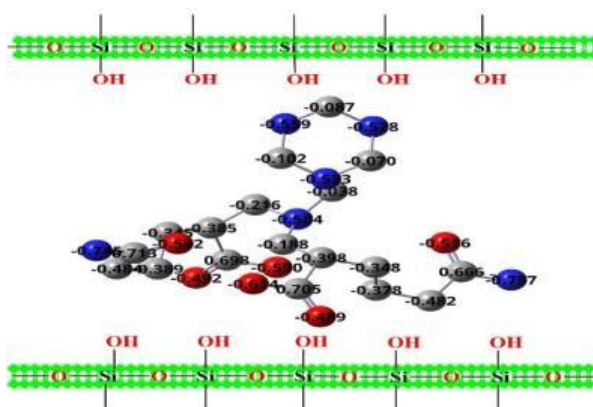


Рис. 8. Распределение заряда по Малликену сорбента VM/ГП/У

Распределение заряда на атомах молекулы имеет важное значение для реакционной способности, то есть оно играет важную роль в прогнозировании электрофильных и нуклеофильных центров молекулы. Учитывая это, суммарные заряды атомов молекул VM/ГП/ДЭА, VM/ГП/У и VM/ГП/М были рассчитаны с использованием общепринятого метода расчета зарядов – метода Малликена.

Одним из основных показателей, используемых для оценки реакционной способности органических соединений, является электронная плотность на граничных МО (ChegMO). Верхняя граничная молекулярная орбиталь (УВМО) и нижняя граничная молекулярная орбиталь (КВМО) считаются граничными молекулярными орбиталями. В УВМО атом с наибольшей электронной плотностью является атомом-донором электронов и электрофильным реакционным центром. В КВМО атом с наибольшей электронной плотностью является атомом-акцептором электронов и нуклеофильным реакционным центром.

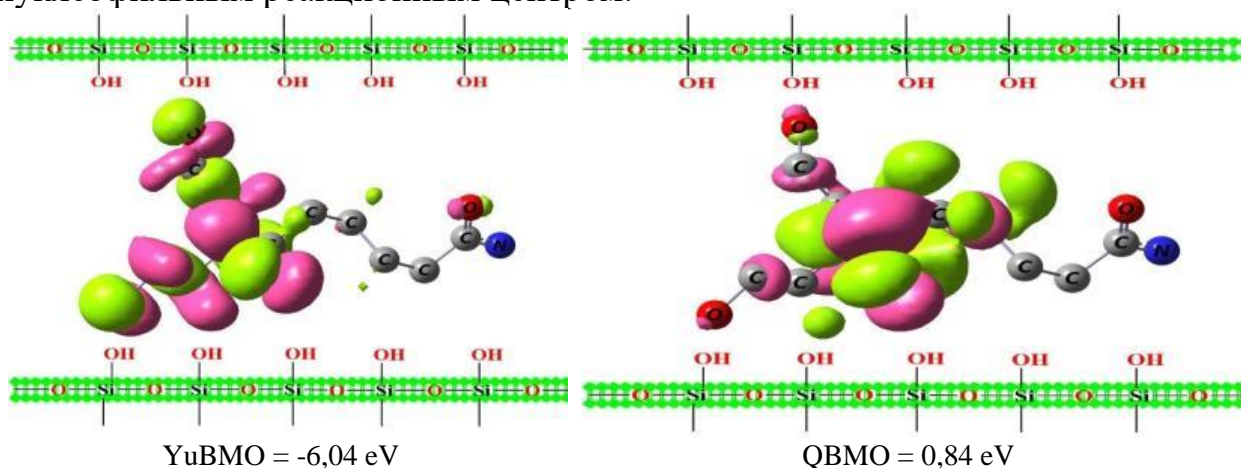


Рис. 10. Сорбент VM/ГП/ДЭА ЮВМО и КВМО.

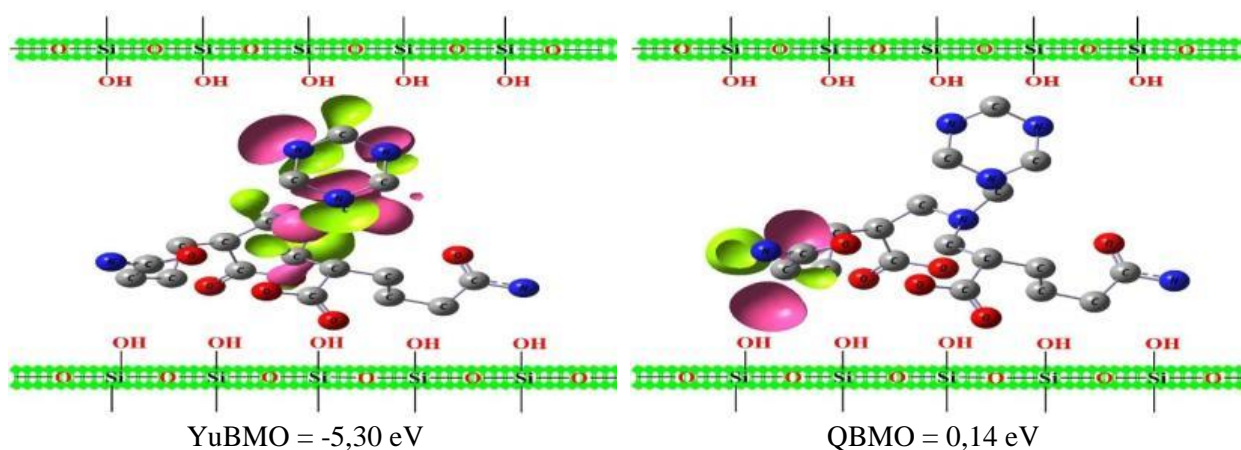


Рис. 11. Сорбент VM/ГП/У ЮБМО и КБМО.

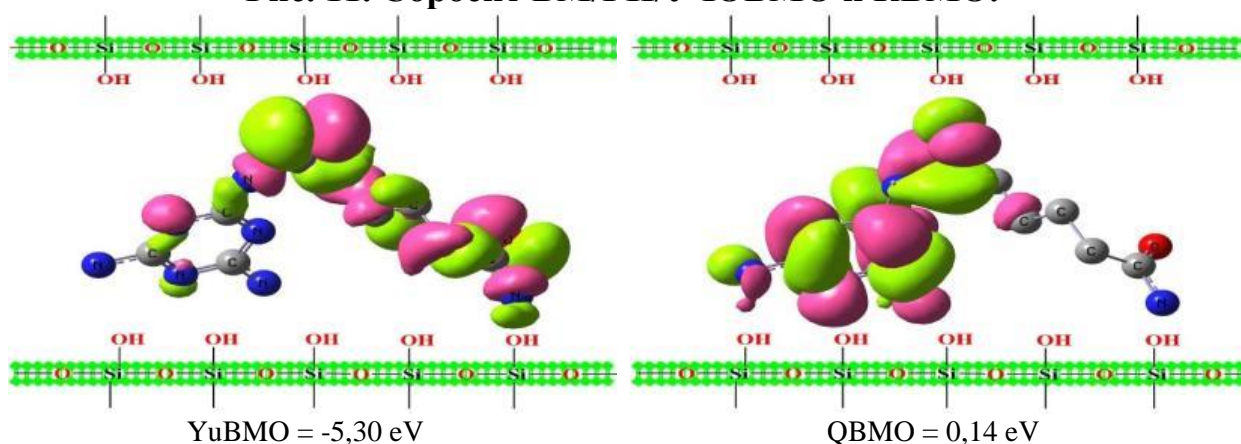


Рис. 12. Сорбент VM/ГП/М ЮБМО и КБМО.

Термический анализ сорбента VM/ГП/ДЕА. В результате дифференциального термического анализа (ДТА) сорбента VM/ГП/ДЕА наблюдается потеря массы в три этапа, а также один экзотермический и один эндотермический процесс. На первом этапе потеря массы составила 6,157% в диапазоне температур от 25,85 до 136,7°C (рис. 8).

Таблица 3

Термогравиметрический анализ полученных сорбентов

Образец	Температура (°C)	Потеря массы (%)	Общая потеря массы
VM/ГП/МЕА	25.85-136.70	6.157	37,125%
	136.70-502.52	24 484	
	502.52-801.13	6.484	
VM/ГП/М	28.46-262.25	21.164	72,579%
	262,25-490,83	25 825	
	490,83-801,73	25 590	
VM/ГП/У	21,82-267,76	22.46	69,75%
	267,76-497,59	27 768	
	497.59-801.68	19 522	
VM/ГП/ДЭА	35.10-279.26	25 764	81,21%
	279.26-801.68	55 446	
VM/ГП/ТЕА	17.70-199.21	22 830	46,14%
	199.21-597.27	14 958	
	597.27-901.78	8.352	

СЭМ-анализ сорбента М/ГП/ДЭА. С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) и элементного анализа анализировали морфологию поверхности и элементный состав сорбента М/ГП/ДЭА размером 10 мкм, 50 мкм, 100 мкм.

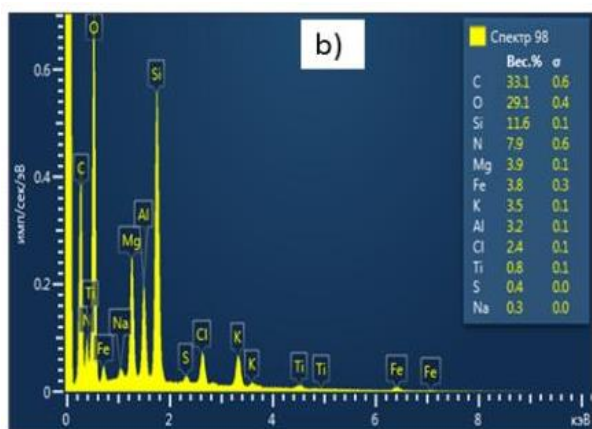


Рис. 9. СЭМ-анализ сорбента М/ГП/ДЭА: 100 мкм изображения

На изображениях анализа морфологии поверхности сорбента, увеличенных при 100 мкм и полученных от четырех разных фокусных точек, четко видны поры между слоями и поверхностью. СЭМ-изображения показывают слои вермикулита и прикрепленные к нему частицы ГИПАН и ДЭА.

Элементный анализ сорбента М/ГП/ДЭА. Элементный анализ сорбента М/ГП/ДЭА приведен в табл. 4.

Таблица 4

Элементный анализ сорбента М/ГП/ДЭА

Элементы	C	O	Si	N	Mg	Fe	K	Al	Cl	Ti	S	Na
Масса. %	33,1	29,14	11,63	7,85	3,95	3,81	3,45	3,19	2,38	0,81	0,42	0,32
Сигма Масс. %	0,56	0,36	0,15	0,63	0,07	0,30	0,09	0,06	0,07	0,10	0,04	0,03

Рентгенофазовый анализ сорбента М/ГП/ДЭА. По данным рентгенофазового анализа (РФА) рентгенофазового анализа сорбента М/ГП/ДЭА можно наблюдать, что колебательные пики соединений перемещались вдоль линии и давали четкие пики.

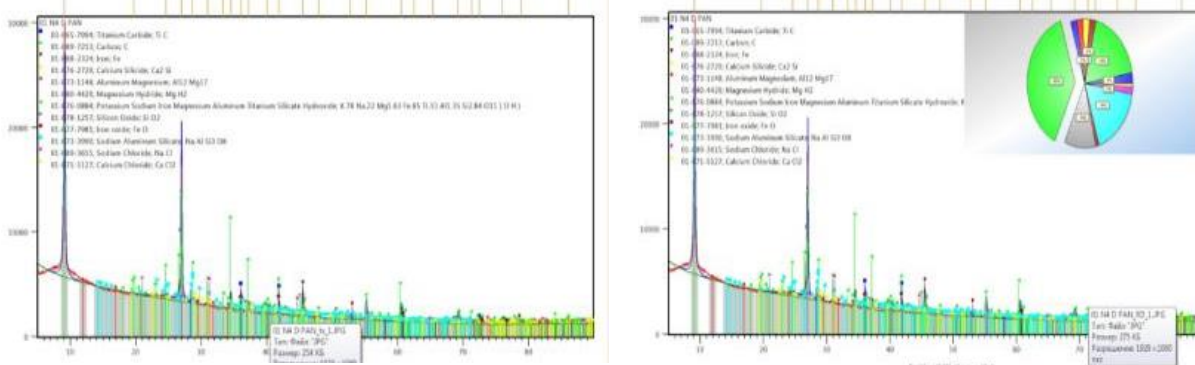


Рис. 10. Рентгенофазовый анализ сорбента М/ГП/ДЭА: вид анализа основного графика и кольцевой диаграммы

Энергодисперсионный спектроскопический анализ сорбента М/ГП/М. В элементном анализе сорбента М/ГП/М интенсивный пик кислорода проявляется за счет содержания оксидов. Спектр углерода

объясняется наличием органических веществ в составе, азот (N) наблюдается благодаря циан- и амидным группам в составе гидролизованного полиакрилонитрила (ГИПАН), а также аминогруппам меламина. Кремний и металлы представлены за счет оксидов, входящих в состав вермикулита.

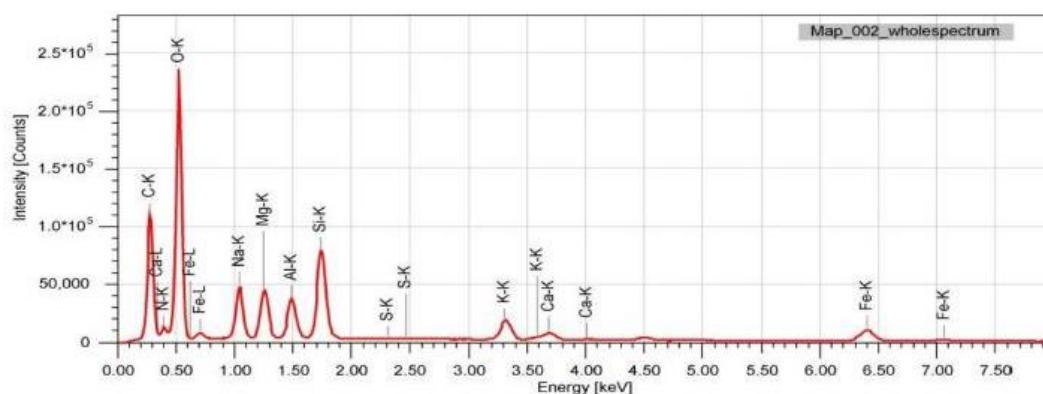
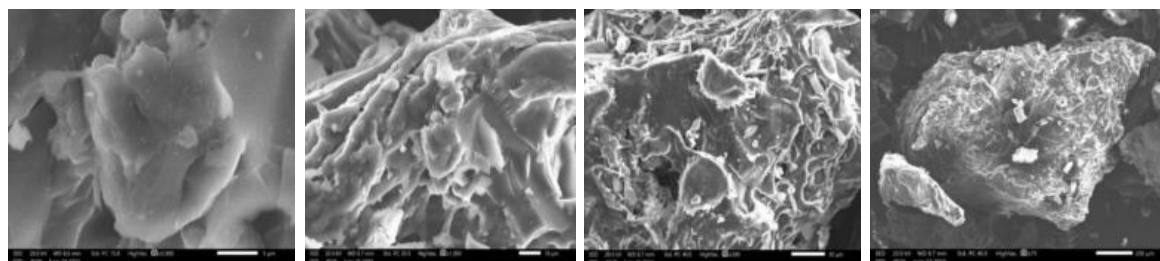


Рис. 11. Энергодисперсионный спектроскопический анализ сорбента VM/ГП/М.

СЭМ-анализ сорбента VM/ГП/У. С помощью СЭМ и элементного анализа были получены изображения поверхности вермикулитового композита, модифицированного уротропином и гидролизованным полиакрилонитрилом, с размерами 5 мкм, 10 мкм, 50 мкм и 200 мкм.



(а)

(б)

(в)

(г)

Рис. 12. СЭМ-анализ сорбента VM/ГП/У: а) 5 мкм; б) 10 мкм; в) 50 мкм и г) изображение 200 мкм

При СЭМ-анализе сорбента VM/ГП/У микропоры на пористом утолщении сорбента наблюдались в слоистой форме.

Анализ изотерм адсорбции и размеров пор с использованием паров воды и бензола. Для изучения адсорбционных и десорбционных свойств сорбентов VM/ГП/У и VM/ГП/М были проведены расчеты с использованием устройства Мак-Бен-Бакра при давлении пара воды. Также с использованием метода ВЕТ (Брунауэра-Эмметта-Теллера) были подготовлены изотермы для определения специфической поверхности сорбентов. В результате были проведены расчеты по определению площади поверхности и пористости сорбентов.

Таблица 5

Значения, рассчитанные для полученных сорбентов с использованием метода ВЕТ.

Сорбент	Вместимость одного слоя, моль/кг	S, удельная поверхность, м ² /г	Микропоры, W0	Объем насыщения, Vs	Мезопоры, Wme	Радиус пор, А
						нм
ВМ/ГП/М	0,122	7,90	0,014855	0,04608	0,03	116,6
						11,66
ВМ/ГП/У	1304	84,79	0,0913214	0,174312	0,08	41,1
						4,11
ВМ/ГП/ДЭА	0,193	46,59	0,037507	0,0471545	0,01	20,2
						2,02

Изотермы холодной адсорбции и температурной десорбции и анализ размеров пор сорбента ВМ/ГП/М с использованием N₂. Для анализа удельной поверхности сорбента ВМ/ГП/М использовали прибор с газообразным азотом (Quantachrome Autosorb iQ AG, США). Условия анализа: масса образца - 0,1078 г, время подачи газа - 1,2 часа, продолжительность - 3 часа 0,1 минуты.

Относительная поверхность синтезированного сорбента была определена с помощью массы и объема адсорбированного газа в монослое и составила 3,05 м²/г.

Для определения объема пор и полуширины пор ВМ/ГП/М сорбента были проведены расчеты с использованием метода DFT.

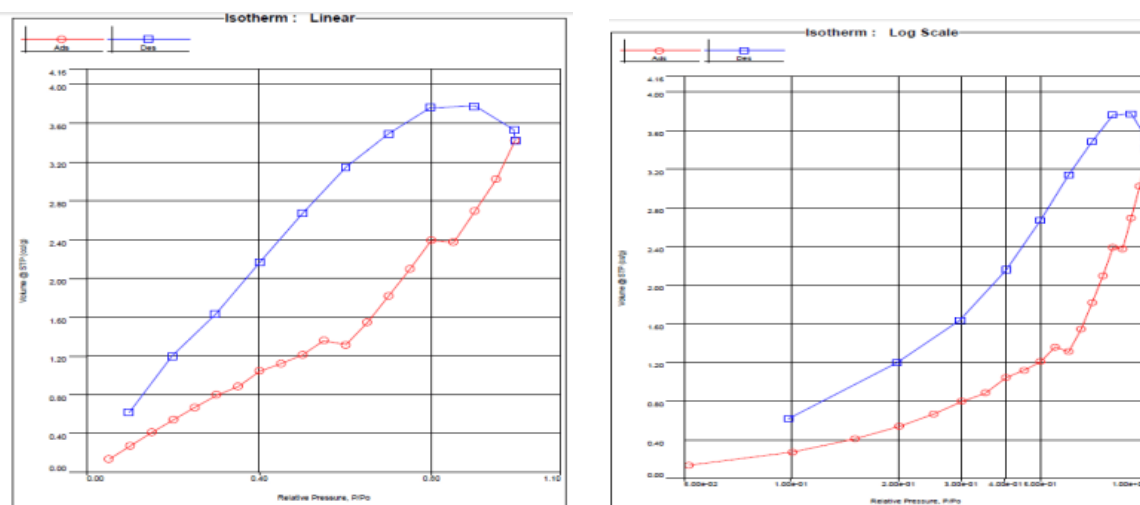


Рис. 13. Изотерма адсорбции газа N₂, адсорбированного на сорбенте ВМ/ГП/М в линейных координатах уравнения БЭТ

СЭМ и элементный анализ сорбента ВМ/ГП/ДЭА, поглощающего ионы Cu(II). Используя выпущенный и активированный вермикулит, модифицированный ГИПАН и ДЭА, был получен сорбент, на который адсорбировался раствор сульфата меди. Сорбент, поглотивший ионы Cu(II), был высушен, после чего проведены анализы с использованием СЭМ, элементного анализа, энергодисперсионного анализа и Раман-спектроскопии.

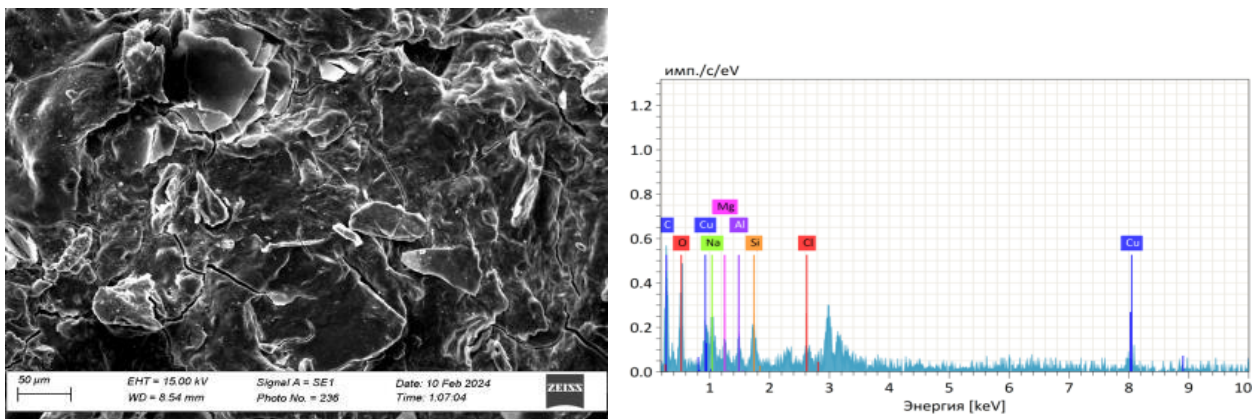


Рис. 14. СЭМ и энергодисперсионный спектроскопический анализ сорбента ВМ/ГП/ДЭА, поглощающего ион Cu^{2+}

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Технология получения сорбентов на основе модифицированного вермикулита и технико-экономическое обоснование», представлены технологии получения сорбентов на основе модифицированного вермикулита, а также технико-экономические обоснования.

Технология получения сорбентов на основе модифицированного вермикулита. Технология получения сорбентов на основе вермикулита разработана в Термезском государственном университете и Ташкентском научно-исследовательском институте химических технологий (рис. 15).

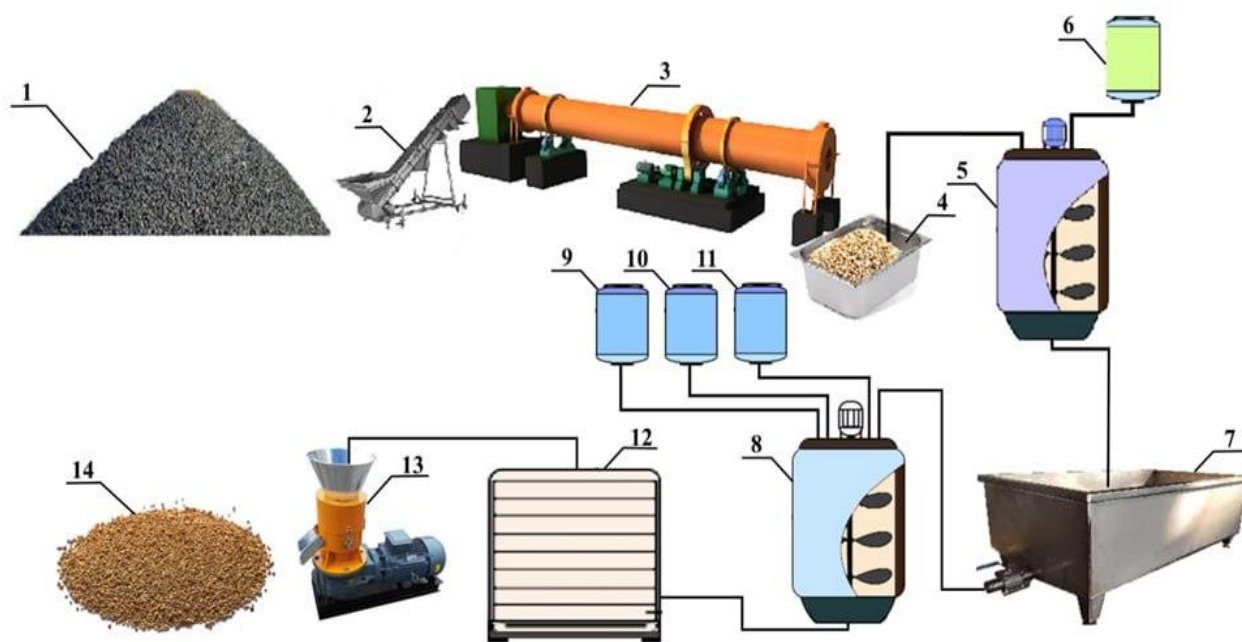


Рис. 15. Технология получения сорбентов на основе модифицированного вермикулита

1 - вермикулит; 2 - шнековый элеватор для загрузки вермикулита; 3 - обжиговая печь; 4 - обожженный вермикулит; 5 - реактор кислотной активации для вермикулита; 6 - емкость для соляной кислоты; 7 - ванна нейтрализации и промывки вермикулита; 8 - реактор модификации

активированного вермикулита; 9 - емкость для ГИПАН; 10 - емкость для аминов; 11 - емкость для воды; 12 - сушильная печь; 13 - гранулятор; 14 - готовый сорбент.

Для получения сорбентов на основе модифицированного вермикулита, вермикулит (1) загружается в печь для обжига (3) с помощью шнекового подъемника (2). После обжига при 900°C объем вермикулита увеличивается, и он подготавливается для последующих этапов. Обожженный вермикулит активируется в специальном реакторе с помощью кислот (соляная кислота или серная кислота из ёмкостей 6 и 7, соответственно). Этот процесс улучшает физико-химические свойства вермикулита. После кислотной активации, вермикулит промывается водой в ванне нейтрализации (8). На этом этапе материал очищается от кислотных остатков и нейтрализуется. Активированный вермикулит загружается в реактор (9), где смешивается с ГИПАНОм из ёмкости (10), различными аминами из ёмкости (11) и водой из ёмкости (12), и проходит процесс модификации. Модифицированный вермикулит сушится в сушильной печи (13) и прессуется в гранулы с помощью гранулятора (14).

Технико-экономические основы производства сорбентов на основе модифицированного вермикулита. В таблице 6 приведены цены на сырье, используемое для производства сорбентов на основе модифицированного вермикулита.

Таблица 6

Цены на сырье для производства сорбента марки ВМ/ГП/ДЭА на основе модифицированного вермикулита

№	Сырье	Цена 1 кг сырья, сум	Количество сырья для получения 1 кг сорбента, кг	Общая сумма, сум
1	Вермикулит	4 000,0	650	2 600 000,0
2	Соляная кислота	30 000,0	20	600 000,0
3	ГИПАН	5 000,0	330	1 650 000,0
4	Диэтаноламин	25 000,0	15	375 000,0
5	Малеиновый ангидрид	20 000,0	5	100 000,0
6	Вода	200,0	2 000	400 000,0
Итого:				5 725 000,0

Из таблицы 6 видно, что на производство 1 кг сорбента марки ВМ/ГП/ДЭА на основе модифицированного вермикулита затрачено сырья на сумму 5 725 000,0 сум.

Таблица 7

Стоимость 1 кг сорбента VM/ГП/ДЭА на основе модифицированного вермикулита

Обозначение	Расходы, в сумах
Сырье	5 725 000,0
Зарплата	500 000,0
Единый социальный взнос 15%	75 000,0
Работа выпускать затраты	2 000 000,0
Рентабельность, 10%	830 000,0
НДС, 15%	1 369 500,0
Итого	10 499 500,0

Стоимость 1 кг сорбента марки VM/ГП/ДЭА, произведенного на основе модифицированного вермикулита, составляет 10 499 500,0 сум (таблица 7).

ВЫВОДЫ

1. Оптимальные условия расширения природного вермикулита методом микроволнового нагрева после насыщения растворами пероксида водорода с концентрацией 10%, 20% и 25% были изучены, а также проведена активация расширенного вермикулита в HCl и H₂SO₄.

2. Синтезированы полифункциональные органо-неорганические сорбенты состава VM/GP/DEA, VM/GP/U, VM/GP/M путем модификации активированного вермикулита гидролизированным полиакрилонитрилом и азотсодержащими соединениями.

3. Состав и структура синтезированных органо-неорганических полифункциональных сорбентов, а также их комплексных соединений с ионами Cu(II), Ni(II) и Zn(II) были изучены методами ИК- и Raman-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа. Термическая стабильность сорбентов увеличивается в ряду VM/GP/DEA < VM/GP/M < VM/GP/U, что подтверждено термогравиметрическим и дифференциально-термическим анализами.

4. Изучены сорбционные свойства синтезированных полифункциональных органо-неорганических сорбентов: установлено, что их статическая обменная емкость возрастает в ряду VM/GP/U < VM/GP/DEA < VM/GP/M, а селективность сорбции металлов увеличивается в ряду Zn(II) < Ni(II) < Cu(II). Рассчитаны изотермы сорбции и пористость методом BET (Брунауэра–Эммета–Теллера), согласно которому объем пор сорбента VM/GP/M составляет 0,006 см³/г, а удельная поверхность – 2,958 м²/г.

5. Разработана технология синтеза полученных сорбентов, а также проведен технико-экономический анализ их эффективности.

6. Сорбенты VM/GP/DEA, VM/GP/U, VM/GP/M, полученные на основе модифицированного вермикулита с азотсодержащими органическими соединениями, прошли испытания в центральной лаборатории АО «Мубарекский газоперерабатывающий завод». Получены положительные заключения об их эффективности для очистки природного газа от кислых компонентов и удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод, после чего они были внедрены в производство.

**ONE-TIME SCIENTIFIC ADVICE BASED ON THE SCIENTIFIC
COUNCIL DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 FOR THE AWARD OF AN
ACADEMIC DEGREE AT TERMIZ STATE UNIVERSITY**

TERMEZ STATE UNIVERSITY

XOLMURODOVA SABOXAT ALMAXMATOVNA

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING ORGANO-
INORGANIC SORBENTS BASED ON VERMICULITE MODIFIED WITH
ORGANIC COMPOUNDS CONTAINING AMINO GROUPS**

02.00.13 – Technology of anorganic substances and materials based on them

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

The dissertation topic of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation with registration numbers of B2024.3.PhD/T4837.

The dissertation has been prepared at the Termez State University.

The abstract of dissertation in three (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online www.terstu.uz and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal www.ziyo.net.

Scientific adviser:

Turayev Xayit Xudaynazarovich
Doctor of chemistry, professor

Aliqulov Rustam Valiyevich
Doctor of chemistry, professor

Official opponents:

Turayev Zokirjon
doctor of technical sciences, professor

Shukurov Dilmurod Khursandovich
doctor of philosophy of technical sciences

Leading organization:

Karshi State University

The defense of the thesis will take place "01" 04 2025 at "10⁰⁰" hours at a meeting of the Scientific Council No. DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 at Termez State University at the address: 190111, Surkhandarya region, Termez, st. Barkamol Avlod, 43. Tel.: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz.

The thesis is registered at the Information Resource Center of Termez State University under No. 282, which can be found at the IRC (190111, Surkhandarya region, Termez, Barkamol Avlod St., 43. Tel.: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

The abstract of the dissertation was sent out "18" 03 2025.
(Protokol at the register No. 1 dated "18" 03 2025).



I.A.Umbarov
Chairman of the scientific seminar at scientific council for the awarding of academic degrees, doctor of technical sciences, professor

Sh.A.Kasimov
Scientific secretary of the scientific council to award degrees, doctor of chemical sciences, professor

L.S.Kamolov
Chairman of the scientific seminar at scientific council for the awarding of academic degrees, doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD))

The aim of the research is to synthesize organo-inorganic composite sorbents based on vermiculite modified with organic substances containing amino groups, to separate certain metals using the sorption method, to determine the composition, structure, and properties of the obtained compounds, and to apply the synthesized sorbents in natural conditions.

The objects of the research are vermiculite from the Tebinbuloq deposit and sorbents based on vermiculite modified with organic substances containing amino groups.

The scientific novelty of the work is as follows:

Optimal conditions for thermal and microwave expansion of vermiculite were determined, it was proven that the degree of water removal from the vermiculite structure during microwave expansion depends on treatment with water and hydrogen peroxide solutions and increases in the following order: natural vermiculite < water < 10% H₂O₂ < 20% H₂O₂ ≤ 25% H₂O₂;

It was established that the increase in the surface area of vermiculite during activation with strong acids increases with increasing acid concentration, which is confirmed by physicochemical methods;

Optimal conditions for obtaining sorbents based on vermiculite, hydrolyzed polyacrylonitrile and substances containing amino groups were determined, new polyfunctional sorbents were synthesized: VM/GP/DEA, VM/GP/U, VM/GP/M;

The static and dynamic exchange capacity of new polyfunctional sorbents based on vermiculite and organic substances containing amino groups with respect to Cu(II), Zn(II) and Ni(II) ions was determined, and their selectivity to metals was determined; chemical bonds of the VM/GP/DEA sorbent used to extract Cu(II) ions from industrial wastewater were shown based on Raman spectroscopy data, elemental analysis and SEM analysis.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained in the course of research on the creation of polyfunctional sorbents based on vermiculite modified with hydrolyzed polyacrylonitrile and various substances containing amino groups, as well as the study of their physicochemical and sorption properties:

new sorbents obtained by modifying activated vermiculite with organic substances containing amino groups have been implemented in the practice of Muborak Gas Processing Plant LLC (Certificate No. 840/GK-09 dated September 4, 2024 LLC “Mubarak Gas Processing Plant”). As a result, it was possible to remove heavy metals from the composition of industrial wastewater.

highly sorption sorbents have been implemented in production at Muborak Gas Processing Plant LLC (Certificate No. 840/GK-09 dated September 4, 2024 LLC “Mubarak Gas Processing Plant”). Based on laboratory test data, the effectiveness of removing heavy metals from industrial wastewater was confirmed.

The structure and scope of the dissertation. The composition of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and appendices. The length of the dissertation was 107 pages.

E'lon qilingan ilmiy ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works

I bo'lim (I часть; I part)

1. Xolmurodova S.A., Jalilov A.T., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Beknazarov X.S. G'ovaklashtirilgan vermikulitning metilmetakrilat bilan modifikatsiyasi // Kompozitsion materiallar, ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. -Tashkent, -2022- №4.- 26-29-b. (02.00.00., №4)
2. Холмуродова С.А., Джалилов А.Т., Тураев Х.Х., Аликулов Р.В., Бекназаров Х.С. Активация вермикулита в сильных кислотах и модификация его различными мономерами // Academic Research in Educational Sciences, Multidisciplinary Scientific Journal, -2022. -№12(3),-p.601-611.SJIF.5,7. (ResearchBib, Index Copernicus)
3. Холмуродова С.А., Тураев Х.Х., Аликулов Р.В., Бекназаров Х.С. Исследование свойств вспученного вермикулита модифицированного // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2023. № 4(109). [URL:https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15258](https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15258) (02.00.00, №1)
4. Xolmurodova S.A., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Beknazarov X.S., Eshmurodov X.E. Faollantirilgan vermikulit va organik monomerlar asosida olingan organo-noorganik ionit sintezi // QarDU xabarlaril ilmiy-nazariy, uslubiy jurnal.-Qarshi,-2023-№5(1).-58-63 b. OAK Rayosatining 2022-yil 31-martdagi 314/9.2-son qarori.
5. Холмуродова С.А., Тураев Х.Х., Аликулов Р.В., Эшмуродов Х.Э., Хайитов Б.Т. Получение органо-неорганических сорбентов путем модификации местного тебинбулокского вермикулита // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 202. № 4(121). [URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17197](https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17197) (02.00.00, №1)
6. Xolmurodova S.A., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Eshmurodov X.E., Hayitov B.T. Modifikatsiyalangan vermikulit asosli sorbentlarda Cu(II) ionlarini sorbsiyasi tahlili.// NamDU ilmiy axborotnomasi. Namangan, 2024. №9.-67-71-b.
7. Kholmurodova S., Turayev Kh., Alikulov R., Toshkulov Kh., Kolbosheva Kh., Toshev M. // Obtaining of organo-inorganic sorbent by modification of vermiculite and hydrolyzed polyacrylonitrile composite with melamine // IJETT, International Journal of Engineering Trends and Technology, Volume 72 Issue 9, 252-264, September 2024 ISSN: 2231–5381 / <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V72I9P120> (**scopus**).
8. Kholmurodova Sabokhat, Turaev Khayit, Alikulov Rustam, Beknazarov Khasan, Nomozov Abror, Eshmurodov Khurshid // Obtaining an organic-inorganic sorbent based on vermiculite modified with urotropine and hydrolyzed polyacrylonitrile // Chemical Review and Letters. ISSN (online): 2645-4947 (print) 2676-7279. 8 (2025) 267-279 / <https://doi.org/10.22034/crl.2025.481061.1435> (**scopus**).
9. Kholmurodova S., Turayev Kh., Alikulov R., Toshkulov Kh., Kholnazarov B., Yuldasheva S., Eshmuradov Kh. Preparation of vermiculite and polypolyacrylonitrile composite and its modification with diethanolamine // Chemical problems. -2024. -Vol. 23(1). -P. 1-17 (**scopus**).

II бўлим (II часть; II part)

10. Xolmurodova S.A. Turayev X.X. Aliqulov R.V. Tebinbuloq koni vermikuliti asosida monomerlar bilan hosil qilgan organo- noorganik polimer kompozitlarini o'rganish. //“Инновационные технологии переработки минерального и техногенного скря химической, металлургической и нефтехимической отраслей и производства строительных материалов”, Республиканской научно-практической конференции. Рупублика Узбукистан, Ташкент. -2022, 12-14 май ст. 62-64
11. Xolmurodova S.A. Turayev X.X. Aliqulov R.V. Olovbardosh g'isht va termoizolyatsion g'ishtlar ishlab chiqarishda vermikulit mineralidan foydalanish.// //Инновационные технологии переработки минерального и техногенного скря химической, металлургической и нефтехимической отраслей и производства строительных материалов, Республиканской научно-практической конференции. Рупублика Узбукистан, Ташкент.-2022, 12-14 май ст. 630-632
12. Xolmurodova S.A.Aliqulov R.V. Vermikulitni 7% li xlorid va 15% li sulfat kislota bilan aktivlashtirish va xossalarini o'rganish // Akademik A.G'.G'aniyev va N.A.Parpiyev хотirasiga bag'ishlangan “Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. Toshkent. -2022, 19-21 may, 337-338 betlar.
13. Xolmurodova S.A., Turayev X.X., Aliqulov R.V. 15% li sulfat kislota va 7% li xlorid kislota bilan ishlov berilgan vermikulitning stiroil bilan hosil qilgan kompoziti tahlili // “Kimyo va kimyo ta'limi muammolari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani.Qo'qon.- 2022, 20 sentabr, 55-57 betlar.
14. Kholmurodova S. Turayev Kh., Alikulov R. Infrared spectra analysis of organo-inorganic polymercomposites formed with monomers of Tebinbuloq mine vermiculite.// Abdushukurov Anvar Kabirovich tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan “Kimyoning rivojida fundamental, amaliy tadqiqotlar va ularning istiqbollari” Respublika ilmiy-amaliy anjumani. Toshkent.- 2022, 23-24 sentyabr, 231-233 betlar.
15. Xolmurodova S.A. Turayev X.X. Aliqulov R.V. Xasanova X.X. Mahalliy Tebinbuloq koni vermikulitini turli xil monomerlar bilan modifikatsiyalash.// «Science and innovation 2022» yosh olimlarning xalqaro-ilmiy konferensiyasi. Toshkent.- 2022, 20 oktyabr, 299-301 betlar.
16. Xolmurodova S.A., Turayev X.X., Aliqulov R.V. Xlorid kislota bilan ishlov berilgan tabiiy va kuudirilgan vermikulitning infraqizil tahlili.// Республиканская научно-техническая конференция “Новые композиционные материалы: получение и применение в различных отраслях промышленности” Ташкент.- 2022 года, 15-16 сентября, ст. 92-93.
17. Xolmurodova S.A., Jalilov A.T., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Beknazarov X.S. Metilmetakrilat bilan modifikatsiyalangan vermikulitning IQ spektroskopiya tahlili.// The Uzbekistan-Japan International Conference «Energy-Earth-Environment-Engineering» Uzbekistan Japan Innovation Center of Youth.Tashkent. Uzbekistan. -2022 y,17-18 November., 17-18., pp.59.

18. Xolmurodova S.A., Jalilov A.T., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Beknazarov X.S. Metilmetakrilat bilan modifikatsiyalangan kuydirilgan vermikulitning xossalari tahlil qilish.// “Kimyo texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sanoatidagi muammolar hamda ularni bartaraf etish yo‘llari” mavzusidagi xalqaro-ilmiy amaliy anjumani. NamMTI, Namangan.-2022 y,18-19 noyabr 114-116 betlar.
19. Холмуродова С.А., Тураев Х.Х., Аликулов Р.В., Эшмурадов Х.Э. Модификация вспученного вермикулита, активированного в соляной кислоте, акрилонитрильным мономером.// “Kimyo va kimyoviy texnologiyasohasidagi innovatsion ishlanmalarni amalda joriy etish muammolari, yechimlari va istiqbollari” mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani. Qarshi. -2023.-26-27-aprel 210-213 betlar.
20. Xolmurodova S.A., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Saidov D.Poliakrilonitril bilan modifikatsiyalangan vermikulitning kimyoviy tarkibi element tahlillari.// “Iqtidorli talabalar, magistrantlar, doktorantlar va mustaqil izlanuvchilar” mavzusidagi institut miqyosida ilmiy-amaliy anjumani. Farg‘ona. -2023., 23-24 iyun, 298-299 betlar.
21. Xolmurodova S.A.,Jalilov A.T., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Beknazarov X.S., Qosimova N.F., Vermikulit asosida olingan kompozit sorbentlardan oqova suvlar tarkibidagi og‘ir metallarni ajratish // Oziq-ovqat xavfsizligi: global va milliy muammolar. V xalqaro miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani. Samarqand. - 2023, 13-14 oktyabr., 568-569 betlar.
22. Xolmurodova S.A., Jalilov A.T., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Beknazarov X.S. Qosimova N.F. Hidrolizlangan poliakrilonitril bilan modifikatsiyalangan vermikulit asosli organo-noorganik polimer kompozitlar olish.// “Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана” международной научно-технической конференции. Ташкент.- 2023, 16-17 ноября. ст. 257-258
23. Xolmurodova S.A., Jalilov A.T., Turayev X.X., Aliqulov R.V., Toirova G.X., Haitov B.E., Eshdavlatov E.A. Melaminning faollantirilgan vermikulit bilan hosil qilgan kompozitining sorbentlik xossalari o‘rganish.// “Termoreaktiv oligomerlar, polimerlar saqlovchi chiqindilar, polifunksional birikmalar va ular asosida polimer materiallar yaratishning istiqbollari” mavzusidagi k.f.d., prof. F.A.Mag‘rupovning 80-yillik xotirasiga bag‘ishlangan Respublika ilmiy-amaliy anjuman. Toshkent. -2024, 18-19 yanvar 241-242 betlar.
24. Xolmurodova S.A. Dietanolamin va gidrolizlangan poliakrilonitril bilan modifikatsiyalangan vermikulitning termogravimetrik va differensial termik tahlili // Маводи конференсияи илмии байналмилалӣ “муаммоҳои илму фан аз нигоҳи муҳаққиқон” масъалаҳои мубрами фанҳои дақиқ ва табиӣ. Хожанд.- 2024, 15 феввали, Сахифаҳои-164-166.
25. Xolmurodova S.A., Turayev X.X., Aliqulov R.V. Modifikatsiyalangan vermikulit asosli sorbentlarda Cu(II) ionlarini sorbsiyalash // “Kimyo va biokimyoning dolzarb muammolari” xalqaro ishtirok bilan Respublika ilmiy-amaliy konferensiya. Termiz. -2024, 10 oktabr, 63-66 betlar.
26. Холмуродова С.А., Тураев Х.Х., Аликулов Р.В. Исследование сорбентов на основе модифицированного вермикулита // “Роль коллоидной химии в сфере

нефтегазопереработки, химической технологии и экологии” I-
международной, научно-технической конференция. Ташкент, - 2024, 10-11
октября, ст.441-444.

Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz (rezyume) tillaridagi nusxalari “Surxondaryo ilm va fan” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi.

Bosishga ruxsat etildi: __.__.2025 yil.
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60x84 1/16
“Times New Roman” garniturasini. Ofset bosma usuli.
Shartli b.t. 3. Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 30.

Termiz davlat universiteti nashr-matbaa markazida chop etildi.
Manzil: Termiz shahri, Barkamol avlod ko‘chasi, 43-uy.

