

**CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.09.2020.K.82.02**

**RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

**MIRZAKULOV UMIDJON JURABAYEVICH**

**POLIAKRIL KISLOTASI VA MAHALLIY BENTONIT GILMOYALARI  
ASOSIDAGI POLIMER KOMPOZITSIYALAR**

**02.00.06 – Yuqori molekulyar birikmalar**

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

**Kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati  
mundariyasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
химическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on  
chemical sciences**

**Mirzakulov Umidjon Jurabayevich**

Poliakril kislotasi va mahalliy bentonit gilmoyalari asosidagi polimer  
kompozitsiyalar ..... 3

**Мирзакулов Умиджон Журабаевич**

Полимерные композиции на основе полиакриловой кислоты и местных  
бентонитовых глин..... 21

**Mirzakulov Umid**

Polymer compositions based on polyacrylic acid and local bentonite  
clays ..... 39

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

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

**CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.09.2020.K.82.02  
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

**MIRZAKULOV UMIDJON JURABAYEVICH**

**POLIAKRIL KISLOTASI VA MAHALLIY BENTONIT GILMOYALARI  
ASOSIDAGI POLIMER KOMPOZITSIYALAR**

**02.00.06 – Yuqori molekulyar birikmalar**

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

**Chirchiq – 2024**

**Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2021.4.PhD/K436 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya O'zbekiston Milliy universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi ([www.cspi.uz.ilmiy-kengash](http://www.cspi.uz.ilmiy-kengash)) va "Ziyonet" Axborot-ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** **Mahkamov Muzaffar Abdug'aprovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:** **Karimov Maxmud Muratovich**  
kimyo fanlari doktori, dotsent

**Rafikov Adham Salimovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:** **Toshkent kimyo texnologiya instituti**

Dissertatsiya himoyasi Chirchiq davlat pedagogika universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/30.09.2020.K.82.02 raqamli Ilmiy kengashning 2024-yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ soat \_\_00 dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 111720, Toshkent viloyati Chirchiq shahri, Amir Temur ko'chasi, 104-uy. Tel.: (+99870) 716-68-05, faks: (0370) 716-68-11; e-mail: [tvchdpi\\_k.kehgash@umail.uz](mailto:tvchdpi_k.kehgash@umail.uz)).

Dissertatsiya bilan Chirchiq davlat pedagogika universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (\_\_\_ raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 111720, Toshkent viloyati Chirchiq shahri, Amir Temur ko'chasi, 104-uy. Tel.: (+99870) 716-68-05, faks: (0370) 716-68-11; e-mail: [tvchdpi\\_k.kehgash@umail.uz](mailto:tvchdpi_k.kehgash@umail.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ kuni tarqatildi.

(2024-yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ dagi \_\_\_-raqamli reyestr bayonnomasi).

**O.E.Ziyadullayev**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash raisi,  
k.f.d., professor

**G.Q.Otamuxamedova**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
k.f.f.d. (PhD)

**A.S.Rafikov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash  
qoshidagi ilmiy seminar raisi,  
k.f.d., professor

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Bugungi kunda dunyoda polimer kompozitsion materiallar xalq xo‘jaligining deyarli barcha tarmoqlarida keng qo‘llanilmoqda. Ularga elektrotexnika, tibbiyot, farmatsevtika, qurilish, aviasozlik, mashinasozlik, qishloq xo‘jaligi va boshqa sohalarni misol sifatida keltirish mumkin. Buning sababi polimerlar tarkibiga turli to‘ldiruvchilar kiritish nafaqat materialning ekspluatatsion xossalarining yaxshilanishiga, shuningdek, uning tannarxini ham kamaytirish imkonini beradi. Shuning uchun ham hozirda polimerlar tarkibiga tabiiy, bezarar va ko‘p tonnajli to‘ldiruvchilar kiritish orqali kompozitsiyalar olish hamda ularni amaliyotga kengroq joriy etishga qaratilgan tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Jahonda polimer kompozitsiyalar olish, xossalarini tadqiq qilish, ularni ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish va qo‘llanish sohasini aniqlash yuzasidan keng qamrovli tadqiqotlar bajarilmoqda. Bu borada polimerlar hamda turli tabiiy minerallar, jumladan, bentonit gilmoyalari asosida kompozitsion materiallar olish, ularning tarkibi va tuzilishini aniqlash, ularga biologik faol birikmalarni immobilizatsiyalash, nanokompozitlar, sorbentlar va boshqa maxsus xossaga ega materiallar yaratish hamda fizik-kimyoviy xossalarini aniqlashga alohida e‘tibor berilmoqda.

Mamlakatimizda dunyo bozorida raqobatbardosh yangi turdagi polimer kompozitsion materiallar olish va joriy etishda mahalliy xomashyo bazasidan samarali foydalanish, ishlab chiqarishda mahalliyashtirish dasturini amalga oshirish, import o‘rnini bosuvchi polimer materiallar olish usullarini yaratishga qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlariga katta e‘tibor qaratilmoqda. Mazkur yo‘nalishda polimerlar tarkibiga turli komponentlar kiritish orqali yangi funksional polimer materiallarni olinishi va qo‘llanilish sohasini aniqlash bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. “Yangi O‘zbekistonning 2022-2026-yillardagi taraqqiyot strategiyasi”<sup>1</sup>da “Kimyo va gaz-kimyosi sohasini rivojlantirish, iqtisodiyot uchun zarur mineral xomashyo bazasini kengaytirish, sanoat tarmoqlarida yo‘qotishlarni kamaytirish va resurslarni ishlatish samaradorligini oshirish, mavjud imkoniyatlarni to‘liq ishga solgan holda mahalliy sanoat tarmoqlari eksport salohiyatini yanada rivojlantirish, Markaziy Osiyoda ekologiya, atrof-muhitning ifloslanishini oldini olish” masalalari alohida belgilab qo‘yilgan. Bu borada mamlakatimizda katta zahiralari mavjud bo‘lgan mahalliy xom ashyolardan biri bentonit gilmoyalariidan foydalangan holda yangi polimer kompozitsiyalar olish hamda ularni turli sohalarga amaliyotga joriy qilish alohida ahamiyatga ega hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 10-oktyabrdagi PQ-388-sonli “Kimyo va gaz-kimyo sanoatini strategik rivojlantirishning maqsadli dasturini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori, 2023-yil 12-oktyabrdagi PF-169-sonli “Sanoat va uning bazaviy tarmoqlarini jadal rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar

---

<sup>1</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.

to'g'risida" va 2019-yil 3-apreldagi PQ-4265-sonli "Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqot natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiyalari ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Hozirda dunyoning ko'plab mamlakatlarida turli gilmoyalar va polimerlar asosida polimer-gilmoyali kompozitsiyalarning yangi turlarini olish hamda ularning xossalarini o'rganish ustida ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Qatlamli gilmoyalar asosidagi polimer kompozitsiyalar olish hamda ularning fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish borasidagi dastlabki tadqiqotlar Y.Kojima, K.Yano (Yaponiya), R.A.Vaia (AQSh) kabi olimlar tomonidan amalga oshirilgan. S.G.Starodubsev, A.R.Xoxlov, S.N.Chvalun (Rossiya), K.Haraguchi (Yaponiya), Ch.Zhou (Xitoy) kabi olimlar tarkibida qatlamli gilmoyalar tutgan gidrogellar olish va ularni turli sohalar, jumladan, tibbiyot hamda farmatsevtika sohalarida qo'llash borasida tadqiqotlarni amalga oshirganlar. Polimer-gilmoyali kompozitsiyalarning tuzilishini tadqiq qilishda Z.Wang, T.Lan, T.J.Pinnavaia (AQSH) kabi olimlar izlanishlar olib borgan. Bentonit va seolit kabi gilmoyalar asosidagi kompozitsiyalarning xossalarini o'rganishda M.K.Beysebekovning (Qozog'iston) hissi katta.

Mamlakatimizda polimer kompozitsiyalar olish va ularning xossalarini o'rganish borasida akademiklar X.U.Usmonov, S.Sh.Rashidova, M.A.Asqarov, S.S.Negmatov, A.T.Djalilov, G.R.Raxmonberdiyev, professorlar U.N.Musayev, F.A.Magrupov, T.M.Babayev, A.A.Sarimsoqov, M.G.Muxamediyev, A.S.Rafikov, V.O.Kudishkin, G.A.Ixtiyarova, M.A.Mahkamov va boshqa olimlar tadqiqotlar olib borishgan.

Polimer-bentonit gilmoyali kompozitsiyalar olish va xossalarini tadqiq qilish ko'p yillardan beri o'rganilayotgan bo'lsa ham, bu sohada hanuzgacha yechimi topilmagan muammolar ko'p. Jumladan, turli bentonit gilmoyalar asosida olingan polimer kompozitsiyaning fizik-kimyoviy xossalariga bentonit turining ta'siri to'liq o'rganilmagan. Shuningdek, sanoat miqyosida qazib olinadigan ishqoriy-yer, poligorskit karbonatli bentonit gilmoyalari asosida choklangan tuzilishga ega kompozitsiyalar olish va ularning xossalarini tadqiq qilish bo'yicha ilmiy izlanishlar amalga oshirilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim yoki ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Milliy universiteti ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq PZ-20170925290 "Mahalliy xomashyolar asosida ionitlar olish va ularni sanoat chiqindilaridan rangli hamda kamyob metallarni sorbsiyalashda qo'llash" (2018-2020-yy.) mavzusidagi amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** poliakril kislotalari va turli xil mahalliy bentonit gilmoyalari asosida choklangan tuzilishga ega polimer kompozitsiyalar olish hamda ularning fizik-kimyoviy xossalari aniqlashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:** poliakril kislotalari va turli xil mahalliy bentonit gilmoyalari ishtirokida interkalyatsion polimerlash usuli bilan choklangan tuzilishga ega polimer kompozitsiyalar olish;

olingan kompozitsiyalarning tuzilishini zamonaviy fizikaviy hamda fizik-kimyoviy tadqiqot usullari yordamida tahlil qilish;

polimer kompozitsiyalarning morfologiyasi, termik xususiyatlari, suvli eritmalarda bo'kishi va boshqa xossalari o'rganish;

polimer kompozitsiyalarning suvli eritmalaridan organik bo'yoq va ba'zi bir rangli metall ionlarini sorbsiya qilishini tadqiq qilish;

olingan polimer kompozitsiyalarning amaliyotda foydalanish sohalarini aniqlash.

**Tadqiqotning obyekti** poliakril kislotalari va turli xil mahalliy bentonit gilmoyalari asosida olingan choklangan tuzilishga ega polimer-bentonitli kompozitsiyalar hisoblanadi.

**Tadqiqotning predmeti** poliakril kislotalari va mahalliy bentonit gilmoyalari asosidagi choklangan tuzilishga ega polimer kompozitsiyalarning hosil bo'lish jarayonlari, ularning tuzilishi, morfologiyasi, termik xossalari hamda suvli eritmalaridan organik bo'yoq va ba'zi bir rangli metall ionlarini sorbsiya qilish qobiliyatini aniqlashdan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida skanerlovchi elektron mikroskopiya, IQ-, Raman spektroskopiya, rentgenofazali analiz, termogravimetrik va differensial termik analiz, rentgenofluessent analiz, potensimetriya, UF-spektrofotometriya va boshqa zamonaviy tadqiqot usullari qo'llanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ilk bor mahalliy ishqoriy, ishqoriy-yer, poligorskit karbonatli bentonit gilmoyalari va poliakril kislotalari asosida choklangan tuzilishga ega bo'lgan polimer kompozitsiyalar olingan;

olingan kompozitsiyalarning suvda bo'kish darajasi ular tarkibiga kiruvchi bentonit gilmoyasi turi hamda miqdoriga bog'liq ekanligi aniqlangan;

poliakril kislotalari asosidagi gidrogellar tarkibiga bentonit gilmoyalari zarrachalari kiritilishi ularning sorbsiya qilish qobiliyatini ortishiga sabab bo'lishi isbotlangan;

polimer-bentonitli kompozitsiyalarning suvli eritmalaridan ba'zi bir rangli metall ionlarini sorbsiya qilishini o'rganish natijasida, kompozitning sorbsion qobiliyati metall ionining radiusi kattalashib borishi bilan ortib borishi aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

poliakril kislotalari va bentonit gilmoyalari asosida polimer kompozitsiyalar olishning muqobil sharoitlari aniqlangan;

ishda olingan polimer kompozitsiyalar turli korxonalarda amaliy sinovlardan o'tkazilib ular texnologik eritmalaridagi rangli metallarni ajratish va ularni ushlab

qolish, suvni yumshatish hamda oqava suvdagi pestitsid-tebukanzol preparati konsentratsiyasini kamaytirishda qo‘llash mumkinligi isbotlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** tadqiqot natijalari ishda qo‘llanilgan fizik-kimyoviy usullar, skanerlovchi elektron mikroskopiya, IQ-, Raman spektroskopiya, rentgenofazali analiz, termogravimetrik va differensial termik analiz, rentgenofluorescent analiz, potensimetriya, spektrofotometriya hamda moddalarning tuzilishi va xossalari tadqiq qilish turli kimyoviy usullar yordamida olingan natijalar asosida ishonchli tarzda qayta hisoblab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati bentonit gilmoyalari va poliakril kislotasi asosida turli tarkibga ega polimer kompozitsiyalar olish jarayonlari, kompozitsiya tarkibi va ularning xossalari orasidagi bog‘liqlik o‘rganilgani, olingan natijalarning polimerlar hamda qatlamli minerallar asosidagi kompozitsiyalarga oid nazariy bilimlarning kengayishiga olib kelishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati olingan polimer kompozitsiyalarning eritmalardan rangli metall ionlarini ajratib olish, atrof-muhit uchun zararli bo‘lgan metall ionlarini va organik birikmalarni sorbsiya qilish hamda sanoat korxonalarini suvlarini yumshatishda foydalanish mumkinligi amaliy sinovlar natijalarini bevosita amaliyotga qo‘llash bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Poliakril kislotasi va mahalliy bentonit gilmoyalari asosida polimer kompozitsiyalar olish hamda ularning fizik va fizik-kimyoviy xossalari bo‘yicha olingan natijalar asosida:

polimer kompozitsion materiallar “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ korxonasi amaliyotiga joriy qilingan (“Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ korxonasi 2021-yil 3-dekabrda XA-009868-sonli ma’lumotnomasi). Natijada, texnologik eritmalardan  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  ionlarini ajratib olish imkoni bergan;

polimer kompozitsiyalar “Eletrokimyozavod” QK AJ kimyoviy tahlil laboratoriyasida sinovdan o‘tkazilib sorbent sifatida ishlab chiqarishga joriy qilingan (“Eletrokimyozavod” QK AJ korxonasi 2021-yil 4-iyundagi 107-sonli ma’lumotnomasi). Natijada, ishlab chiqarish jarayonida foydalaniladigan suvlarni yumshatish hamda korxonada oqava suvlari tarkibidagi pestitsid konsentratsiyasini imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari bo‘yicha jami 9 ta, jumladan, 5 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma’ruzalar qilinib muhokamadan o‘tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 16 ta ilmiy ish chop etilgan, shundan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa fanlari doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta maqola respublika hamda 3 ta maqola xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

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

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari tavsiflangan, uning obyekti, predmeti va usullari aniqlangan, O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalar rivojining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatib berilgan, muammoning o‘rganilganlik darajasi keltirilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, ularning ishonchligi asoslangan, natijalarni amaliyotga joriy etish bo‘yicha qisqacha ma’lumot berilgan, ishning aprotatsiyasi natijalari, chop etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi to‘g‘risidagi ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Polimer-silikatli kompozitsiyalar: olinishi, fizik-kimyoviy xossalari va ularning ishlatilish istiqbollari”** nomli birinchi bobida polimerlar va qatlamli silikat minerallar asosida polimer kompozitsiyalar olish usullari, ularning fizik-kimyoviy xossalari, hozirgi vaqtda ishlatilish sohalari hamda istiqbollariga oid ilmiy adabiy ma’lumotlar ko‘rib chiqilgan va tahlil qilingan. Mavjud nazariy va amaliy natijalar tahlili asosida vazifaning qo‘yilishi tavsiflangan, mavzuning dolzarbligi va ahamiyati asoslangan, sanoatning turli sohalarda qo‘llash maqsadida choklangan poliakril kislotasi va turli mahalliy bentonit gilmoyalari asosida polimer kompozitsiyalar olish hamda ularning xossalarini tadqiq qilish zaruriyati to‘g‘risida xulosalar chiqarilgan.

Dissertatsiyaning **“Polimer kompozitsion materiallar olish va ularning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq qilish uslublari”** deb nomlanuvchi ikkinchi bobida poliakril kislotasi hamda bentonit gilmoyalari asosida polimer kompozitsiyalar olishda qo‘llanilgan reaktivlar, modda va materiallarning tavsifi, tajribalarni olib borish metodikasi, kompozitsiyalarning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq qilishda foydalanilgan usullar keltirilgan.

Tadqiqotning **“Poliakril kislotasi va bentonit gilmoyalari asosida polimer kompozitsiyalar olish hamda ularning tuzilishini tadqiq qilish”** nomli uchinchi bobida poliakril kislotasi va bentonit gilmoyalari asosida polimer kompozitsiyalar olish jarayoni, ularning strukturasi turli fizik va fizik-kimyoviy usullar yordamida tadqiq qilishda olingan natijalar hamda ularni tahlil qilishdan kelib chiqqan xulosalar taqdim qilingan.

Ishda choklangan tuzilishga ega bo‘lgan polimer kompozitsiyalar olishda gidrofil xususiyatga ega bo‘lgan poliakril kislotasi hamda turli markali mahalliy bentonit gilmoyalari tanlab olingan. Kompozitsiyalar olish uchun komponent sifatida bentonit gilmoyalarining tanlangani respublikamizda ushbu minerallarning ko‘p turlari sanoat miqyosida qazib olinishi hamda katta miqdordagi zaxiralari mavjudligi bilan izohlanadi. Ular, shuningdek, nisbatan arzon, bezarar tabiiy minerallar hisoblanadi va turli sohalarda keng qo‘llaniladi. Jumladan, bentonit

gilmoyalari eritmalarni rangsizlantirishda, bog'lovchi, to'ldiruvchi, sorbentlar sifatida va boshqa maqsadlarda keng ishlatiladi. Ishda polimer kompozitlar olishda Navoiy viloyati Karmana tumani "Navbahor" konidan qazib olinadigan ishqoriy (PBMB-markali), ishqoriy-yer (PBG-markali) va karbonat-poligarskit (PPD-markali) bentonit gilmoyalardan foydalanilgan. Gilmoyalar tarkibiga kiruvchi asosiy moddalar va ularning ulushi 1-jadvalda keltirilgan.

Polimer kompozitsiyalar monomerlarning bentonit gilmoyasi suspenziyasida "in situ" usulida polimerlash yo'li bilan olingan. Buning uchun avval bentonit gilmoyasining suvdagi suspenziyasi tayyorlandi, so'ngra unga ma'lum miqdorda akril kislotasi hamda choklovchi vosita – N,N-metilen-bis-akrilamid qo'shildi. Ushbu reaksiyon aralashma ma'lum vaqt davomida yaxshilab aralashirilgach, unga monomerlarni polimerlash uchun initsiator qo'shildi. Initsiator sifatida ikki valenti temir tuzi hamda vodorod peroksididan tashkil topgan oksidlovchi-qaytariluvchi tizimidan foydalanilgan.

**1-jadval**

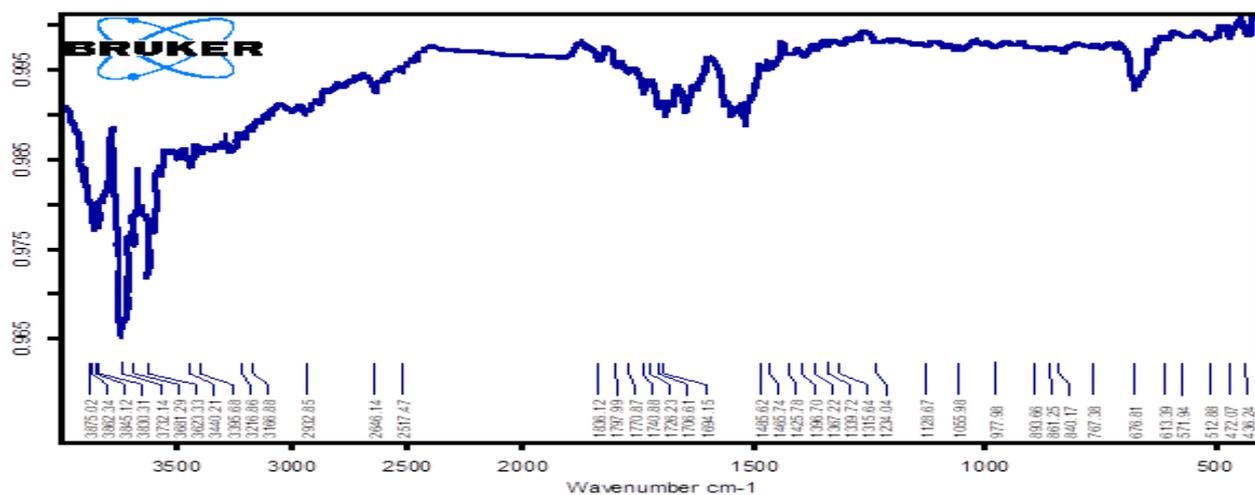
**"Navbahor" bentonitlarining kimyoviy tarkibi, %\***

Element tarkibi	Bentonit minerali turi va markalari		
	Ishqoriy (PBMB-markali)	Ishqoriy-yer (PBG-markali)	Karbonat-Poligarskit (PPD-markali)
SiO <sub>2</sub>	57,91	56,23	46,79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,69	13,56	8,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,10	6,50	-
MgO	1,84	3,76	2,74
CaO	0,48	0,69	10,08
Na <sub>2</sub> O	1,53	0,98	-
K <sub>2</sub> O	1,75	2,20	1,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,43	0,92	1,99
SO <sub>3</sub>	0,75	0,49	-
FeO	-	-	3,41
Bosh. mod.	16,52	14,67	24,76

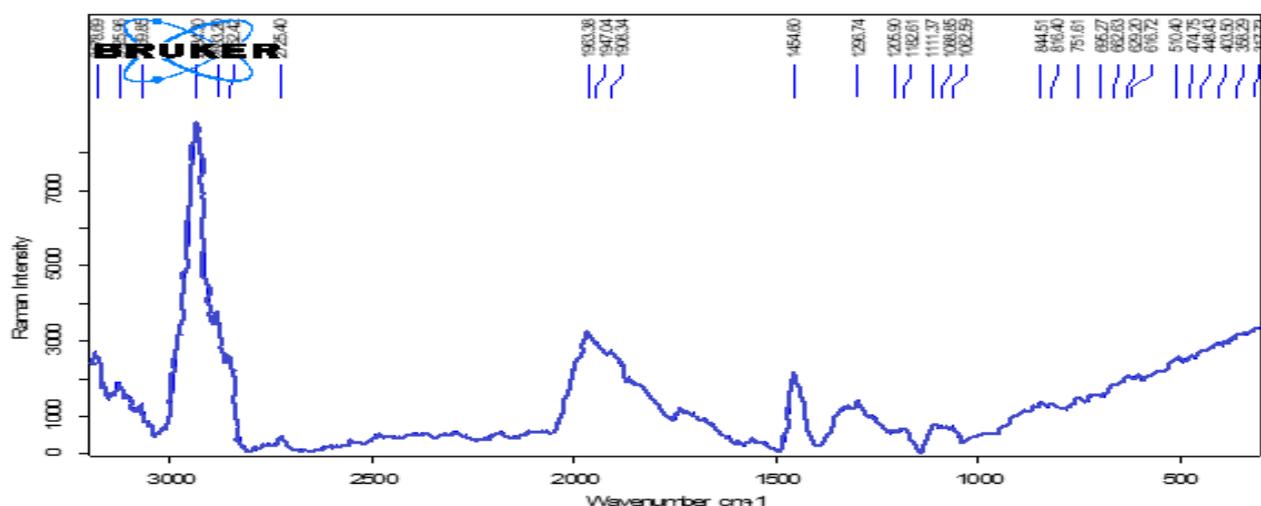
\*Bentonit gilmoyalarning element tarkibi ishlab chiqaruvchi tomonidan aniqlangan.

Polimerlanish jarayoni xona haroratida 12 soat davomida olib borildi. Boshlang'ich reaksiyon aralashmadagi akril kislotasi hamda bentonit gilmoyalarning massa ulushini o'zgartirish orqali tarkibida 10 dan 90 %gacha oralig'ida gilmoya minerali tutgan polimer-bentonitli kompozitsiyalar olingan. Kompozitsiyalar tarkibidagi choklovchi vositaning miqdori esa undagi akril kislotaga nisbatan 2-5 % oralig'ida olingan. Polimerlanish jarayoni natijasida hosil bo'lgan kompozitsiya namunalarini tozalash ularni ko'p marotaba distillangan suvda yuvish yordamida amalga oshirildi, so'ngra namunalar 50 °C haroratda o'zgarimas massagacha quritildi.

Olingan polimer-kompozitsiyalarning tuzilishini aniqlash ularning IQ- va Raman spektrlarini tahlil qilish yordamida amalga oshirilgan.

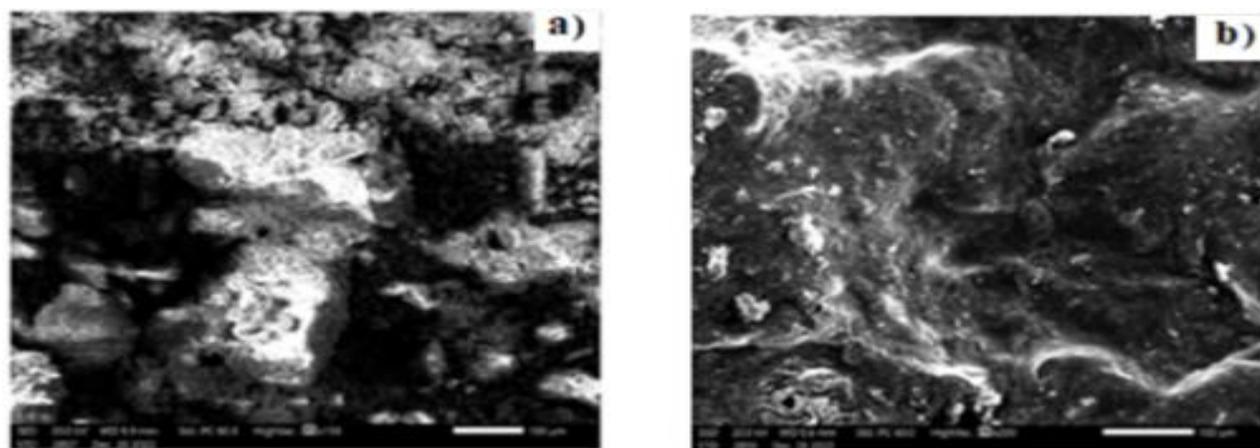


1-rasm. Poliakril kislotasi va PBG markali bentonit gilmoyasi asosida olingan polimer kompozitsiyaning IQ-spektri



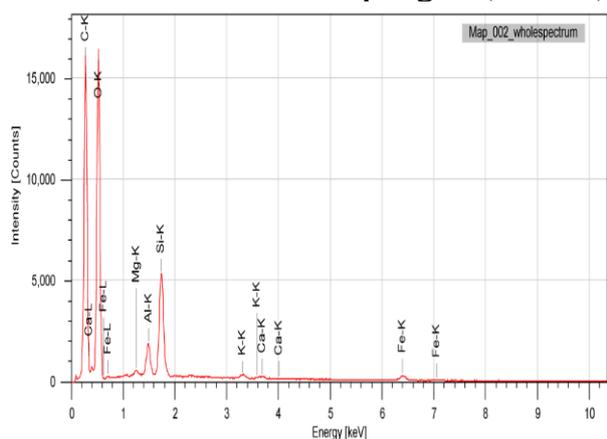
2-rasm. Poliakril kislotasi va PBG markali bentonit gilmoyasi asosida olingan polimer kompozitsiyaning Raman spektri

Polimer kompozitsiyalarning IQ-spektrlari (1-rasm) tahlili polimer va bentonit gilmoyasi tarkibidagi asosiy funksional guruhlar saqlanib qolganligini ko'rsatadi. Xuddi shunday natijani ularning Raman-spektrlari (2-rasm) tahlili ham dalillaydi. Bu polimer kompozitsiyalar hosil bo'lish jarayonida komponentlar orasida kimyoviy reaksiyalar bormasligini ko'rsatadi.



3-rasm. PBG markali bentonit gimoyasi (a) va uning asosida olingan polimer kompozitsiyaning (b) mikrofotosuratleri

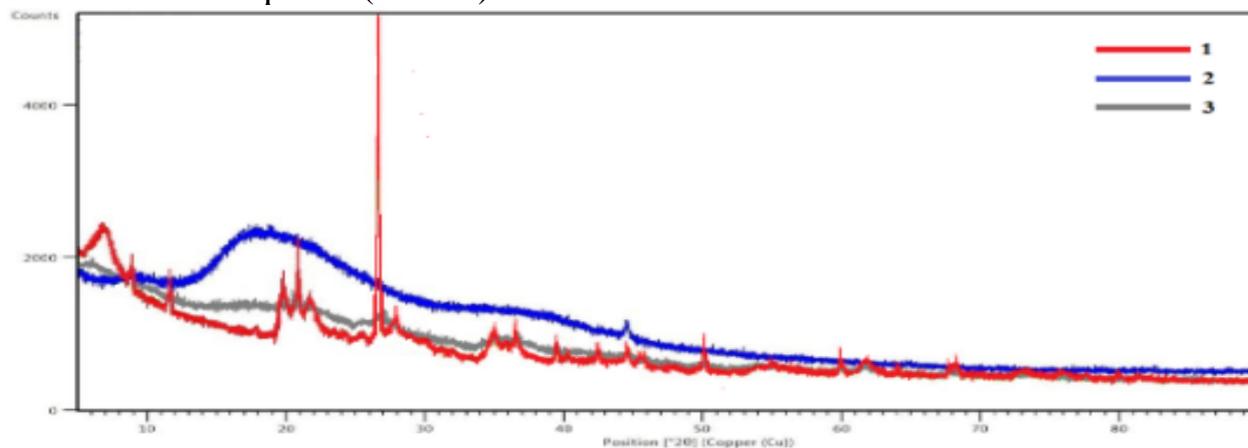
Polimerlarning morfologiyasi, ya'ni sirt tuzilishi ularning SEM mikrofotosuratlarini tahlil qilish yordamida amalga oshirildi. 3-rasmda kompozitsiya olishda foydalanilgan PBG markali bentonit va uning asosida olingan polimer kompozitsiyalarning SEM mikrofotosuratlari keltirilgan. 3.a-rasmdan ko'rinib turibdiki, bentonit gilmoyasi sirti bir jinsli bo'lmay, mineralning qatlamlari yaqqol ajralib turibdi. Kompozitsiyaning mikrofotosuratida (3.b-rasm) esa mineraldan farqli ravishda alohida ajralib turgan yirik zarrachalar ko'zga tashlanmaydi. SEM mikroanalizatori yordamida kompozitsiya namunalarning energiya dispersion (EDS) spektrlarini olish orqali ularning sirt qavatlarining element tarkibi ham aniqlangan (4-rasm).



**4-rasm. PBG markali bentonit gilmoyasi asosida olingan polimer kompozitsiyaning EDS spektri**

**5-rasm. PBG markali bentonit gilmoyasi asosida olingan polimer kompozitsiya sirtining EDS xaritasi**

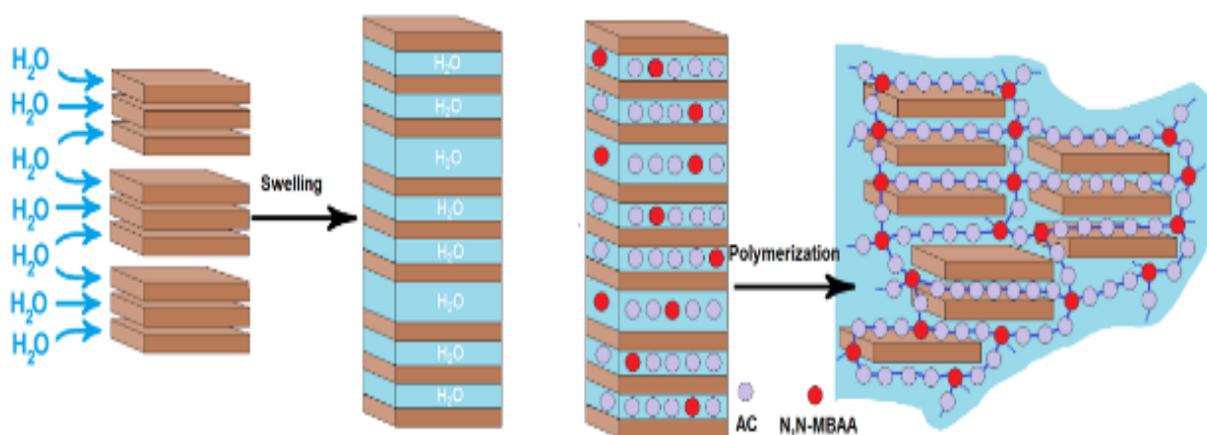
4-rasmdan ko'rinib turibdiki, polimer kompozitsiya tarkibida bentonit tarkibiga kirgan asosiy elementlar mavjud. Polimer kompozitsiya namunalari sirtida elementlar taqsimlanishining EDS xaritasi (5-rasm) tahlili esa ushbu elementlar kompozitsiya tarkibida bir tekis tarqalganini ko'rsatadi. Ma'lumki, bentonit minerali tarkibida kristall hududlar mavjud bo'lib ulardagi o'zgarishlarni rentgenofazali analiz usuli yordamida aniqlash mumkin. Shuning uchun ham ishda foydalanilgan bentonitlar, poliakril kislotasi asosidagi gel (tarkibida bentonit gilmoyasi mavjud emas) hamda polimer kompozitsiyalarning rentgenofazali analiz difraktogrammalari olinib ular tahlil qilindi (6-rasm).



**6-rasm. PBG markali bentonit gilmoyasi (1), poliakril kislotasi asosidagi gidrogel (2) hamda ular asosida olingan polimer kompozitsiyaning (3) difraktogrammalari**

6-rasmda bentonit gilmoyalari difraktogrammalarida kristall fazalarga xos bo'lgan intensiv difraksion cho'qqilar-reflekslarni kuzatish mumkin. Ushbu reflekslar 7-8, 20-22, 27-28 va 35-37 °C oraliqlarida yaqqol ko'zga tashlanadi. Poliakril kislotasi asosida olingan gidrogelning difraktogrammasida esa aniq ajralib turuvchi reflekslar kuzatilmaydi va u amorf strukturaga ega bo'lgan polimer uchun xosdir. PBG markali bentonit gilmoyasi hamma poliakril kislotasi asosida olingan polimer kompozitsiyaning difraktogrammasida 20-22, 27-28 va 35-37 °C oraliqdagi intervallarda intensivligi juda kam bo'lgan reflekslar mavjud. Demak, namunalarning rentgenofazali analiz natijalari asosida xulosa qilish mumkin, kompozitsiya hosil bo'lish jarayoni montmorillonit minerali strukturasi bilan parchalanishi bilan borishini ko'rsatadi.

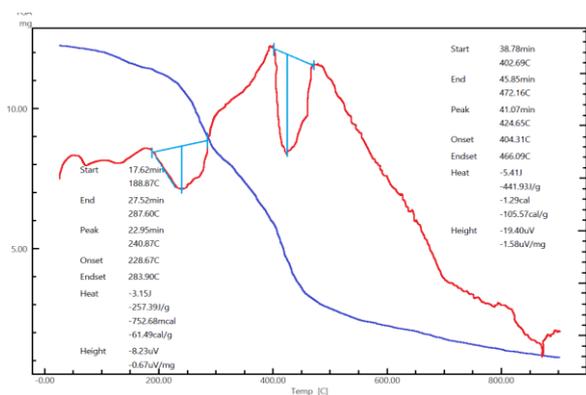
Ishda olingan polimer kompozitsiyalarni IQ-, Raman spektroskopiya, SEM va rentgenofazali analiz tahlillari hamda tadqiqotga oid ilmiy adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlar asosida akril kislotasi va choklovchi vositani bentonit gilmoyasini suspenziyasida “*in situ*” usulida polimerlash yo'li bilan olingan kompozitsiyaning hosil bo'lish mexanizmini 7-rasmda keltirilgan sxema bilan ifodalash mumkin.



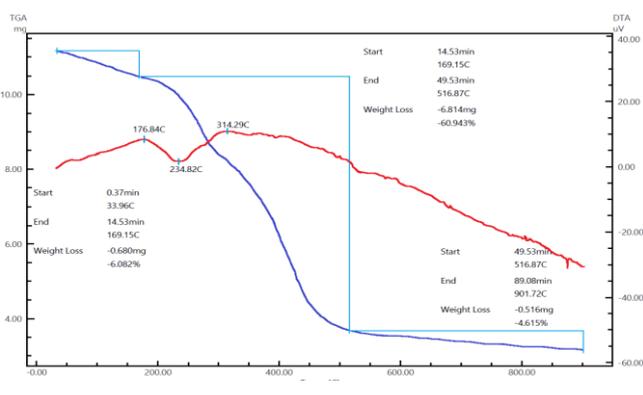
7-rasm. Polimer kompozitsiya hosil bo'lish mexanizmi sxemasi

Dissertatsiyaning “**Poliakril kislotasi va bentonit gilmoyalari asosida olingan polimer kompozitsiyalarning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq qilish**” nomli to'rtinchi bobida ishda olingan polimer kompozitsiyalarning termik xususiyatlari, suvda bo'kishi va unga ta'sir qiluvchi omillar hamda suvli eritmalaridan organik bo'yoq moddasi Rodamin 6G va ba'zi bir rangli metall ionlarining sorbsiyasi o'rganilgan hamda olingan natijalar asosida ilmiy xulosalar chiqarilgan.

8- va 9-rasmlarda poliakril kislotasi asosida olingan gidrogel hamda uning tarkibiga bentonit gilmoyasi kiritish orqali olingan polimer kompozitsiyalarning difraktogrammalari keltirilgan. Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, gidrogel tarkibiga bentonit gilmoyasi kiritilishi uning termik parchalanish haroratining birmuncha kamayishiga olib keladi.

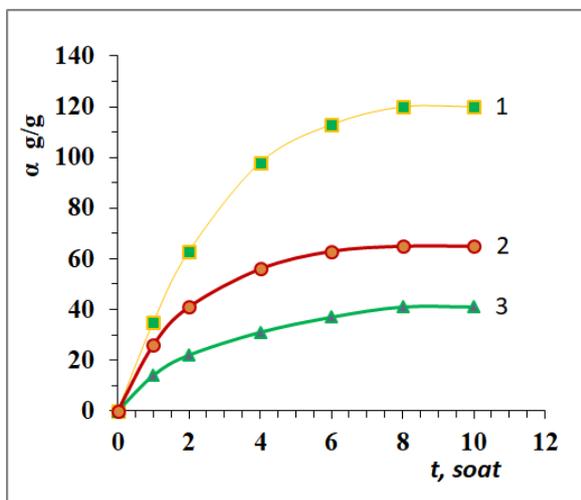


**8-rasm. Poliakril kislotasi asosidagi choklangan tuzilishga ega polimer gidrogelning derivotogrammasi**

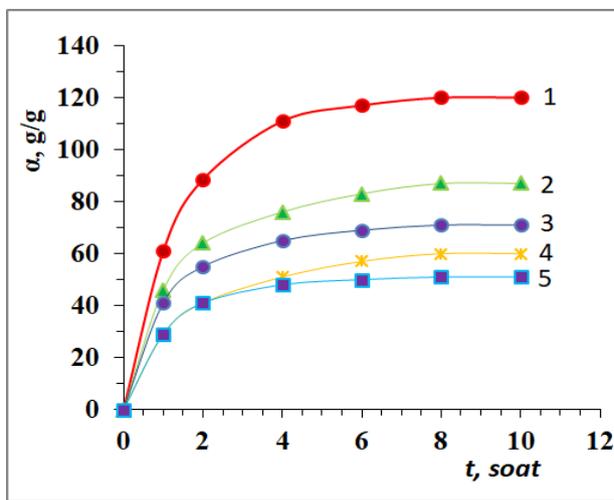


**9-rasm. PBG markali bentonit gilmoyasi va poliakril kislotasi asosida olingan polimer kompozitsiyaning derivotogrammasi**

Polimer kompozitsiyalarning suvli eritmada bo‘kish kinetikasini o‘rganish natijalari 10- va 11-rasmlarda keltirilgan.



**10-rasm. Polimer kompozitsiyalarning bo‘kish kinetikasi. 1, 2, 3-mos ravishda PBMB, PBG va PPD markali bentonitlar asosidagi kompozitsiyalar T=25 °C**

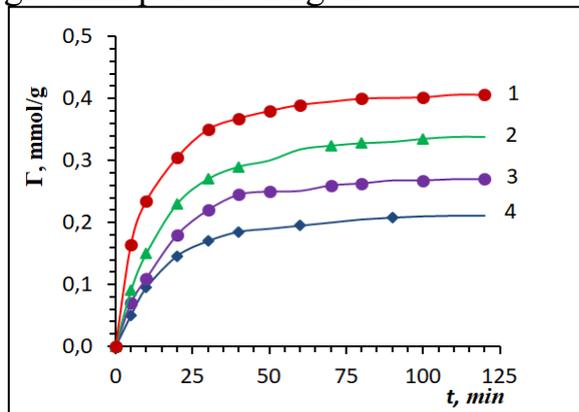


**11-rasm. Polimer kompozitning suvda bo‘kish darajasiga choklovchi vosita miqdori ta’siri. 1, 2, 3, 4, 5-mos ravishda choklovchi vosita miqdori 2, 3, 4, 5, 6 massa %, T=25 °C**

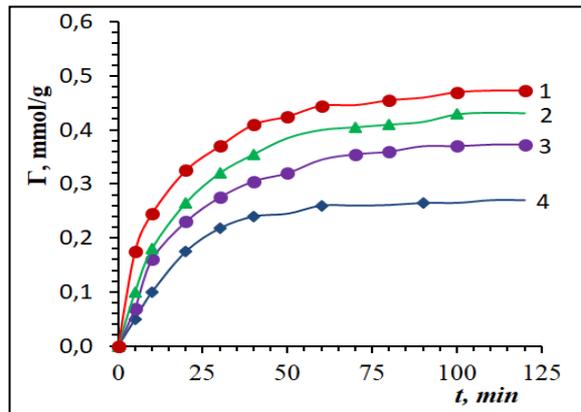
10-rasmda tarkibida massa bo‘yicha 50 % turli bentonit gilmoyalari tutgan polimer kompozitsiyalarning (tarkibidagi choklovchi vosita miqdori massa bo‘yicha 2 %) suvda bo‘kish darajasining vaqtga bog‘liqlik egrilari keltirilgan. Ushbu rasmdan ko‘rinib turibdiki, kompozitsiyalarning bo‘kish darajasiga uning tarkibiga kiritilgan bentonit gilmoyasining markasi katta ta’sir ko‘rsatadi. Bunda eng yuqori bo‘kish darajasini ishqoriy bentonit gilmoyasi (PBMB markali) ishtirokida olingan kompozitsiyalar namoyon qiladi. Olingan kompozitsiyalarning bo‘kish darajasi, shuningdek, ular tarkibidagi choklovchi vosita miqdoriga ham bog‘liq. 11-rasmda tarkibida turli miqdorda choklovchi vosita tutgan PBMB markali bentonit (50 massa %) asosidagi polimer kompozitsiyalarning suvda bo‘kish kinetik egrilari keltirilgan. Undan ko‘rinib turibdiki, kompozitsiya tarkibida choklovchi vosita miqdorini ortib borishi namunaning bo‘kish darajasining kamayishiga olib keladi.

Ishda, shuningdek, polimer kompozitsiyalarning suvli eritmada Rodamin 6G bo‘yoq moddasini sorbsiya qilishi o‘rganildi. 12-rasmda tarkibida 10 va 50 massa %

PBMB markali polimer kompozitsiya, poliakril kislotasi asosidagi gel (tarkibida gilmoya mavjud emas) hamda kompozitsiya olishda foydalanilgan PBMB markali bentonit gilmoyasining suvli eritmadan Rodamin 6G ni sorbsiya qilishining kinetik egri chiziqlari keltirilgan.

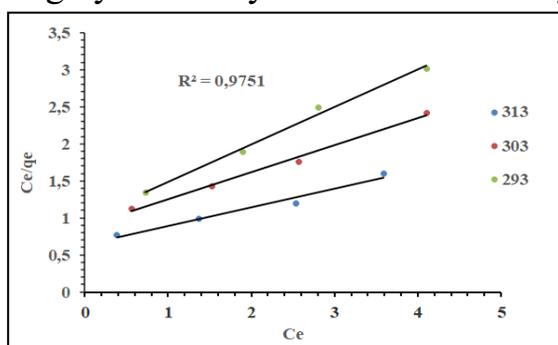


12-rasm. Sorbentlarning eritmadan Rodamin 6G ni sorbsiya qilish kinetik egri chiziqlari. 1 va 2-kompozitsiya tarkibida bentonit miqdori mos ravishda 50 va 10 massa %; 3-polimer gel; 4-bentonit gilmoyasi. T=303 K

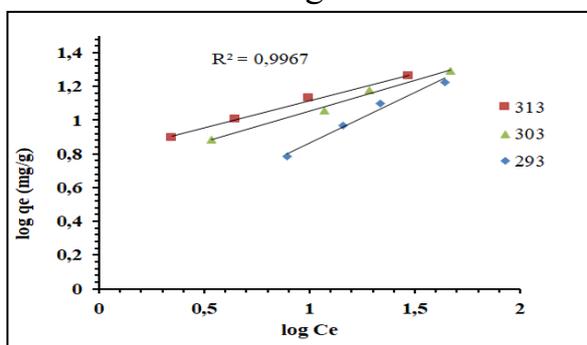


13-rasm. Polimer kompozitsiyaning eritmadan Rodamin 6G ni sorbsiya qilish kinetik egri chiziqlari. 1, 2, 3, 4-eritmada Rodamin 6G konsentratsiyasi mos ravishda 0,125; 0,100; 0,075; 0,050·10<sup>-4</sup> mol/l. T=303 K

12-rasmdan ko'rinib turibdiki, gidrogel tarkibiga gilmoya kiritilishi ularning bo'yoq moddasini sorbsiya qilishining ortishiga olib keladi. Bunda gidrogel tarkibida bentonitning miqdori ortishi bilan uning sorbsion qobiliyati ham oshadi. Tarkibida 50 massa % gilmoya tutgan kompozitsiyalarning Rodamin 6G ni sorbsiya qilish qobiliyati poliakril kislotasi asosidagi gelga nisbatan 2 barobardan ko'p ortganini kuzatish mumkin. Eritmada Rodamin 6G konsentratsiyasining ortishi kompozitlarning sorbsiya qiymatining oshishiga (13-rasm) sabab bo'ladi. Ishda turli miqdorda bentonit gilmoyalari tutgan polimer kompozitsiyalarning suvli eritmadan Rodamin 6G ni sorbsiya qilishi har xil haroratda ham o'rganildi, olingan natijalar turli modellar yordamida qayta ishlandi. 14- va 15-rasmlarda polimer kompozitsiyalarning (50 massa % bentonit tutgan) Rodamin 6G sorbsiyasini Lengmyur va Freyndlix modellari bo'yicha izotermalari keltirilgan.



14-rasm. Turli haroratlarda polimer kompozitsiyalarning Rodamin 6G sorbsiyasining Lengmyur modeli bo'yicha izotermalari



15-rasm. Turli haroratlarda polimer kompozitsiyalarning Rodamin 6G sorbsiyasining Freyndlix modeli bo'yicha izotermalari

Sorbsiya natijalari Lengmyur va Freyndlix modellari asosida qayta ishlandi hamda jarayonning asosiy parametrlari hisoblab topildi. 2-jadvalda tarkibida 50

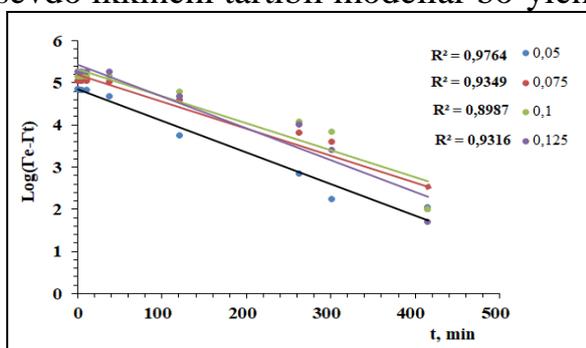
massa % PBMB markali bentonit tutgan polimer kompozitsiyalarning suvli eritmadan Rodamin 6G ni sorbsiya parametrlari keltirilgan.

2-jadval

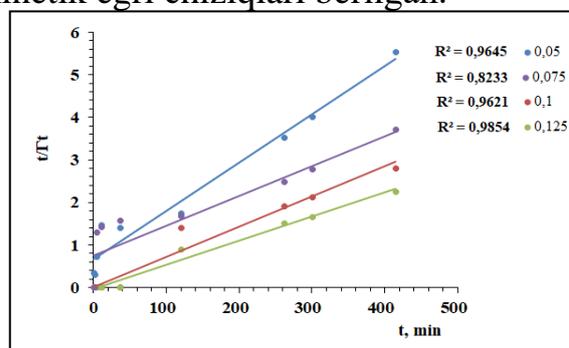
**Polimer kompozitsiyalarning suvli eritmadan Rodamin 6G ni sorbsiya parametrlari**

Adsorbsiya modeli	$q_{max}$ (mg/g)	$K_L$	$K_F$	$R_L$	n	$R^2$
Lengmyur	182,22	2.53	-	0,2135	-	0,9751
Freyndlix	-	-	6,21	-	3,0998	0,9967

Tadqiqotda, shuningdek, kompozitsiyalarning eritmadan Rodamin 6G ning sorbsiya jarayoni kinetikasi turli modellardan foydalanib tahlil qilindi. 16-17-rasmlarda tarkibida 50 massa % PBMB markali bentonit tutgan polimer kompozitsiyalarning eritmadan Rodamin 6G sorbsiyasining psevd birinchi va psevd ikkinchi tartibli modellar bo'yicha kinetik egri chiziqlari berilgan.



16-rasm. Kompozitsiyalarning Rodamin 6G ni psevd birinchi tartibli tenglama koordinatalaridagi sorbsiya kinetikasi



17-rasm. Kompozitsiyalarning Rodamin 6G ni psevd ikkinchi tartibli tenglama koordinatalaridagi sorbsiya kinetikasi

Polimer kompozitsiyalarning eritmadan Rodamin 6G sorbsiyasi o'rganishda olingan natijalar asosida jarayonning kinetik parametrlari hisoblab topildi, ular 3-jadvalda keltirilgan.

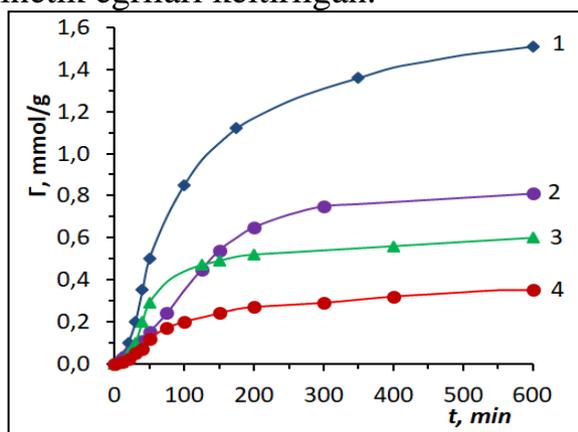
3-jadval

**Polimer kompozitsiyalarning suvli eritmalardan Rodamin 6G sorbsiyasining kinetik parametrlari**

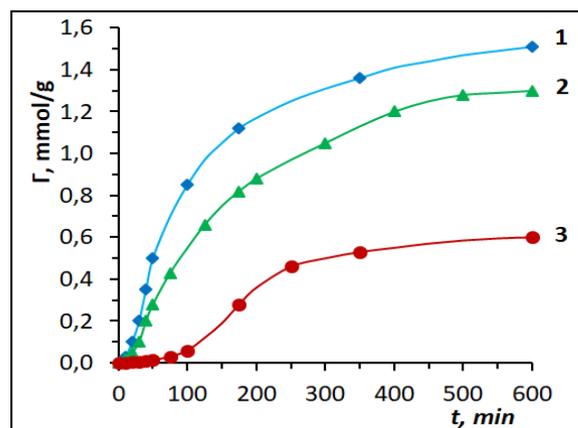
Psevd birinchi tartibli model			
$C_0$	$q_e$ (mg/g)	$K_1 \cdot 10^{-3}$	$R^2$
0,050	127,18	-1,75	0,9764
0,075	178,93	-1,5	0,9349
0,100	206,62	-1,5	0,8987
0,125	227,01	-2	0,9316
Psevd ikkinchi tartibli model			
$C_0$	$q_e$ (mg/g)	$K_2 \cdot 10^{-3}$	$R^2$
0,050	90,91	1,84	0,9645
0,075	142,86	0,64	0,8233
0,100	142,86	5,96	0,9621
0,125	166,67	4,69	0,9854

3-jadvalda keltirilgan natijalardan ko‘rinib turibdiki, tarkibida 50 massa % bentonit tutgan polimer kompozitsiyaning suvli eritmadan Rodamin 6G sorbsiya kinetikasini psevd birinchi tartibli model asosida tavsiflash mumkin. Tadqiqotlarda, shuningdek, tarkibida 10 massa % bentonit gilmoyasi tutgan kompozitsiyalarning eritmadan Rodamin 6G sorbsiya kinetikasining asosiy parametrlari ham hisoblab topilgan.

Dissertatsiya ishida ba’zi bir rangli metall tuzlari suvli eritmalaridan polimer kompozitsiyalarning metall ionlarini sorbsiya qilish qobiliyati ham o‘rganilgan. Sun‘iy eritmalar tayyorlash uchun  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  va  $\text{CrCl}_3$  tuzlaridan foydalanilgan. Bunda eritmadagi metall ionlarini konsentratsiyasining o‘zgarishi spektrofotometrik (UV 5100 Metash, Xitoy) usulda aniqlangan. Tadqiqotlarda polimer kompozitsiyalarning sorbsion qobiliyatini aniqlash uchun tarkibida 10 va 50 massa % miqdorida PBMB markali bentonit gilmoyasi tutgan kompozitlardan foydalanilgan. Polimer kompozitsiyalarning metall ionlarini sorbsiya qilish qobiliyati poliakril kislotasi asosidagi gidrogel hamda PBMB bentonitning sorbsion qobiliyatiga solishtirilgan. 18-rasmda suvli eritmadan turli miqdorda bentonit gilmoyasi (PBMB markali) tutgan polimer kompozitsiyalar, poliakril kislotasi asosidagi gidrogel va PBMB markali bentonitning Cu (II) ionlarini sorbsiy qilish kinetik egrilari keltirilgan.



18-rasm. Gidrogel (2), bentonit (4) va tarkibida 10 (3) hamda 50 massa % (1) tutgan kompozitsiya namunalarning Cu (II) ionlarini sorbsiya qilish kinetik egrilari



19-rasm. Polimer kompozitsiyaning  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  va  $\text{Cr}^{3+}$  ionlarini sorbsiya qilish kinetik egrilari. 1- $\text{CuSO}_4$ , 2- $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ , 3- $\text{CrCl}_3$

18-rasmda keltirilgan natijalardan ko‘rinib turibdiki, tadqiqotlarda ishlatilgan barcha sorbentlar eritmadan Cu (II) ionlarini sorbsiya qilish qobiliyatiga ega. Bunda tarkibida 50 massa % bentonit gilmoyasi tutgan polimer kompozitsiya boshqa sorbentlarga nisbatan eng yuqori sorbsion qobiliyatni namoyon qiladi. Kompozitsiya tarkibida bentonit gilmoyasini 10 massa % gacha kamayishi uning Cu (II) ionlarini sorbsiya qilish xususiyatini deyarli 3 barobarga kamayishiga olib keladi. Shuningdek, ushbu kompozitsiyaning metall ionini sorbsiya qilish qobiliyati poliakril kislotasi asosidagi gidrogelnikiga nisbatan 2, bentonit gilmoyasiniqiga qaraganda esa qariyb 5 barobar yuqori ekanligi ham ko‘rinib turibdi.

Tadqiqotlar davomida shuningdek tarkibida 50 massa % PBMB markali gilmoya tutgan polimer kompozitsiyalarning suvli eritmalardan  $Ni^{2+}$  va  $Cr^{3+}$  ionlarining sorbsiyasi ham o'rganilgan, sorbsiya jarayoni kinetikasi natijalari 19-rasmda keltirilgan. 19-rasmdan ko'rinib turibdiki, polimer kompozitsiya eritmalardan xuddi  $Cu^{2+}$  kabi  $Ni^{2+}$  va  $Cr^{3+}$  ionlarini ham sorbsiya qiladi. Shu bilan birga,  $Ni^{2+}$  va  $Cr^{3+}$  ionlarining sorbsiyasi  $Cu^{2+}$  ioninikiga nisbatan kamroq ekanligini ko'rish mumkin. Kompozitsiyaning  $Ni^{2+}$  ionlari bo'yicha sorbsiya qiymati 1,25 mmol/g ni tashkil qilsa,  $Cr^{3+}$  ionlari bo'yicha esa 0,6 mmol/g ni tashkil qiladi. Ya'ni kompozitsiyalar  $Cr^{3+}$  ionlarini  $Cu^{2+}$  ionlariga nisbatan 2,5,  $Ni^{2+}$  ionlariga nisbatan deyarli 2 barobar kam sorbsiya qiladi. Tadqiqotlarda kompozitsiyalarning sorbsiyagacha va sorbsiyadan keyingi element tarkibi rentgenofluorissent analiz yordamida aniqlandi. Buning uchun kompozitsiya olishda foydalanilgan PBMB markali bentoniti hamda polimer kompozitsiyaning (50 massa % bentonit tutgan)  $CuSO_4$ ,  $Ni(NO_3)_2$ ,  $CrCl_3$  tuzlari eritmalaridan metall ionlarini sorbsiya qilishdan avvalgi va keyingi namunalarning rentgenofluorescent spektrlari olinib maxsus dastur yordamida ularning element tarkibi aniqlangan. Olingan natijalar 4-jadvalda keltirilgan.

#### 4-jadval

#### Polimer kompozitsiyalarning metall ionlari sorbsiyasidan oldin va keyin rentgenofluorescent analiz yordamida aniqlangan element tarkibi (massa %)

№	Elem.	PBMB markali gilmoya	Polimer kompozitsiya	$Cu^{2+}$ sorbsiyasidan keyin	$Ni^{2+}$ sorbsiyasidan keyin	$Cr^{3+}$ sorbsiyasidan keyin
<b>mass, %</b>						
1	Cl	0.1660	0.3640	0.1030	0.2020	27.0000
2	Mg	2.1500	1.6800	0.8530	0.9630	-
3	Al	13.1000	9.7800	6.1900	8.2300	6.6500
4	Si	60.9000	47.800	26.4000	32.2000	29.700
5	K	4.8400	4.3300	1.4600	1.9600	2.9500
6	Ca	2.6600	3.1100	0.2040	0.3370	0.2610
7	Cr	0.0998	0.1620	0.0388	0.0418	19.1000
8	Fe	13.0000	26.7000	6.2300	6.7000	10.7000
9	Ni	0.0147	0.0421	0.0079	45.1000	0.0170
10	Cu	0.0154	0.0449	52.1000	0.3900	0.0246
11	S	0.2890	1.3300	3.8600	0.5760	0.5510
<b>Boshqa elementlar</b>		<b>2,7651</b>	<b>4.7019</b>	<b>2.5533</b>	<b>3,3002</b>	<b>3,0464</b>

4-jadvalda keltirilgan element analizi natijalaridan ko'rinib turibdiki, PBMB gilmoyasi va hali tuzlar eritmasiga tushirilmagan kompozitlarning element tarkibi bir-biriga o'xshash bo'lib, ularda Si, so'ngra Al va Fe elementlari eng ko'p miqdorni tashkil qilgan. Shuningdek, ularda ishqoriy (K) va ishqoriy-yer elementlari (Ca, Mg) miqdori ham boshqa elementlarnikiga nisbatan ko'proq. Kompozitsiya tarkibida Fe elementi miqdori oshganini ko'rish mumkin. Buni kompozitsiya olishda foydalanilgan oksidlanish-qaytarilish inisiatorlari tarkibiga  $FeSO_4$  kirishi va ushbu elementning kompozitsiya tarkibida qolib ketishi bilan tushuntirilishi mumkin.

Bundan tashqari jadvaldan sorbsiya jarayonidan keyin yuvib quritilgan kompozitsiyalarning element tarkiblari sorbsiyagacha bo'lgan tarkibidan katta farq qilishni ko'rish mumkin. Ko'rinib turibdiki,  $\text{CuSO}_4$  eritmasiga tushirilgan kompozitsiya tarkibidagi Cu elementi miqdori 0,045 dan 52,100 %gacha,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  eritmasiga tushirilgan namunada Ni miqdori 0,042 dan 45,100 %gacha,  $\text{CrCl}_3$  eritmasiga tushirilgan namunada Cr miqdori 0,162 % dan 19,100 %gacha ortganini ko'rish mumkin. Bu kompozitlarning ushbu metall ionlarini eritmada sorbsiya qilish qobiliyatiga ega ekanligini ko'rsatadi. Yuqorida olingan natijalar asosida kompozitlarning ionlarni yutish qobiliyati  $\text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Cr}^{3+}$  qatorida kamayib borishi isbotlandi. Bu kompozitsiyaning metall ionlarini sorbsiya qilish qobiliyati ularning ion radiuslariga bog'liq ekanligini, ushbu qiymatning kattalashib borishi bilan sorbsiya ham ortib borishini ko'rsatadi ( $\text{Cu}^{2+}=0,073$  nm,  $\text{Ni}^{2+}=0,069$  nm,  $\text{Cr}^{3+}=0,061$  nm). Jadvaldan, shuningdek,  $\text{CrCl}_3$  eritmasiga tushirilgan kompozitsiya tarkibidagi Cl elementi miqdori 0,364 dan 27,0 %gacha ortganini ko'rish mumkin. Bundan shunday xulosa kelib chiqadiki, kompozitsiya eritma tarkibidagi nafaqat kationlarni, balki ba'zi bir anionlarni ham sorbsiya qilish qobiliyatiga ega.

## XULOSALAR

1. Akril kislotasini choklovchi vosita ishtirokida bentonit gilmoyasi suspenziyasida “*in situ*” usuli yordamida polimerlanishi amalga oshirilgan. Natijada, tarkibida massa bo‘yicha 70 %gacha turli xil mahalliy bentonit gilmoyalari tutgan choklangan tuzilishga ega bo‘lgan polimer kompozitsiyalar olinib, ularning hosil bo‘lishiga harorat, komponentlar nisbati, jarayon davomiyligi kabi turli omillarning ta’siri aniqlangan.

2. Turli fizik va fizik-kimyoviy tadqiq qilish usullar yordamida olingan polimer kompozitsiyalarning tuzilishi hamda morfologiyasi tadqiq qilinib, ularning tuzilishi aniqlangan hamda hosil bo‘lish mexanizmi taklif qilingan. Natijada, poliakril kislotasi asosidagi gidrogellar tarkibiga bentonit gilmoyasi zarrachalarining kiritilishi ularning mexanik, termik va fizik-kimyoviy xossalarning o‘zgarishiga olib kelishi isbotlangan.

3. Polimer kompozitsiyalarning suvli eritmalarda bo‘kishi o‘rganilgan. Natijada, ularning bo‘kish darajasi kompozitsiya tarkibidagi gilmoya turi va miqdori, choklovchi vosita konsentratsiyasi hamda eritma pH-muhitiga bog‘liq ekanligi ko‘rsatib berilgan.

4. Polimer kompozitsiyalar suvli eritmalaridan Rodamin 6G moddasini sorbsiya qilishi tadqiq qilingan. Bunda gidrogellar tarkibiga massa bo‘yicha 50 % bentonit gilmoyasi zarrachalari kiritilishi natijasida ularning sorbsion qobiliyati ikki barobardan ko‘proq ortishi ko‘rsatilgan.

5. Polimer kompozitsiyalarning suvli eritmalaridan ba’zi bir rangli metall ionlarini sorbsiya qilish qobiliyati o‘rganilgan. Natijada, kompozitsiyalarning eritmadan metall ionlarining sorbsiya qilish qobiliyati ionning radiusiga bog‘liq ekanligi hamda  $Cu^{2+} > Ni^{2+} > Cr^{3+}$  qatorida kamayib borishi aniqlangan.

6. Polimer kompozitsiyalar ishlab chiqarish korxonalarida sinovdan o‘tkazilib, amaliyotda texnik oqava suvlarni  $Cu^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ionlaridan tozalash hamda ushbu suvlarni yumshatishda foydalanish uchun tavsiya etilgan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.09.2020.K.82.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ЧИРЧИКСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ПЕДАГОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА**

**МИРЗАКУЛОВ УМИДЖОН ЖУРАБАЕВИЧ**

**ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛОВОЙ  
КИСЛОТЫ И МЕСТНЫХ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН**

**02.00.06 – Высокомолекулярные соединения**

**АФТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО  
ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Чирчик – 2024**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2021.4.PhD/K436**

Диссертация выполнена в Национальном университете Узбекистана. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.cspi.uz.ilmiy-kengash](http://www.cspi.uz.ilmiy-kengash)) и на информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Махкамов Музаффар Абдуғаппорович</b> доктор химический наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Каримов Махмуд Муратович</b> доктор химический наук, доцент <b>Рафиков Адхам Салимович</b> доктор химический наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ташкентский химико-технологический институт</b>

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_ 2024 г. в \_\_ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.09.2020.K.82.02 по присуждению учёных степеней при Чирчикском государственном педагогическом университете. (Адрес: 111720, Ташкентская область, г.Чирчик, ул. Амира Темура, дом 104. Тел.: (+99870) 716-68-05, факс: (0370) 716-68-11; e-mail: [tvchdpi\\_k.kengash@umail.uz](mailto:tvchdpi_k.kengash@umail.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Чирчикского государственного педагогического университета (Адрес: 111720, г.Ташкентская область, г. Чирчик, ул. Амира Темура дом 104. Тел.: (+99870) 716-68-11, факс: (370) 716-68-11. (зарегистрирована за № \_\_\_\_).

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_ 2024 года.  
(реестр протокол рассылки №\_\_ от \_\_\_\_ 2024 года).

**О.Э.Зиядуллаев**  
Председатель научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.х.н., профессор

**Г.К.Отамухамедова**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению учёных степеней, (PhD)  
доктор философии по химическим наукам

**А.С.Рафиков**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.х.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ аннотация диссертации доктора философии (PhD)**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день в мире полимерные композиционные материалы нашли широкое применение практически во всех отраслях народного хозяйства. В качестве примера можно отнести такие отрасли как электротехника, медицина, фармацевтика, строительство, авиастроение, машиностроение, сельское хозяйство и др. Это объясняется тем, что введение в состав полимеров различных наполнителей позволяет не только улучшить эксплуатационные свойства материала, но и ощутимо снизить его себестоимость. Поэтому сейчас особую актуальность приобретают исследования, направленные на получение композиций путем введения в состав полимеров природных, нетоксичных и крупнотоннажных наполнителей, а также более широкое внедрение их в практику.

В мире проводятся обширные исследования по получению полимерных композиций, исследованию свойств, созданию технологий производства и определению областей их применения. При этом особое внимание уделяется получению композиционных материалов на основе полимеров с различными природными минералами, в том числе с бентонитовыми глинами, а также определению их состава и структуры, иммобилизации биологически активных соединений на них, созданию нанокompозитов, сорбентов и других материалов, обладающих специфическими свойствами и определению их физико-химических свойств.

В нашей стране большое внимание уделяется научным исследованиям, направленным на эффективное использование местной сырьевой базы при получении новых видов конкурентоспособных на мировом рынке полимерных композиционных материалов и их внедрении, реализацию программы локализации при их производстве, созданию методов получения импортозамещающих полимерных материалов. В данном направлении были проведены научные исследования по получению новых функциональных полимерных материалов путем введения в состав полимеров различных компонентов, определены области их применения и достигнуты определенные результаты. В «Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»<sup>1</sup> определены приоритетные направления развития экономики и особо обозначены вопросы «развития химической и газохимической отрасли, расширения минерально-сырьевой базы в соответствии с потребностями экономики, снижения потерь в отраслях промышленности и повышения эффективности использования ресурсов, дальнейшее развитие экспортного потенциала отраслей местной промышленности на основе максимального задействования имеющихся возможностей, предотвращения загрязнения окружающей среды и экологии в Центральной Азии». В связи с этим развитие ведущих отраслей народного хозяйства, в том числе химической промышленности, получение селективных

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан, от 28 января 2020 года УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

сорбентов - особое значение приобретает получение новых полимерных композиций с использованием бентонитовой глины как местного сырья, которая имеет большие запасы в Республике и внедрение их для применения в различных отраслях.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 10 октября 2022 года № УП-388 «Об утверждении целевой программы стратегического развития химической и газохимической промышленности» и Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 12 октября 2023 года № УП-169 «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности и ее базовых отраслей» от 3 апреля 2019 года № ПП-4265 «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере .

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики VII. Химические технологии и нанотехнологии.

**Степень изученности проблемы.** На сегодняшний день во многих странах мира ведутся научные исследования по получению новых видов полимер глинистых композиций на основе различных глинистых минералов и изучению их свойств. Самые ранние исследования по получению полимерных композиций на основе слоистых минералов и изучению их физико-химических свойств были проведены такими учеными как Y.Kojima, K.Yano (Япония), R.A.Vaia (США). Такими учеными как С.Г.Стародубцев, А.Р.Хохлов, S.N.Chvalun (Россия), K.Naraguchi (Япония), Ch.Zhou (Китай) проводились исследования по получению гидрогелей, имеющих в своем составе слоистые материалы и применению их в различных областях, в частности в медицине и фармацевтике; Z.Wang, T.Lan и T.J.Pinnavaia (США) вели изыскания в области исследования структуры композиций типа полимер-слоистый минерал. Значительный вклад внес М.К.Бейсбеков (Казахстан) в изучение полимерных композиций на основе бентонитов и цеолитов.

В нашей стране исследования по получению полимерных композиций и изучению их свойств проводились такими академиками как Х.У.Усмонов, С.Ш.Рашидова, М.А.Аскарлов, С.С.Негматов, А.Т.Джалилов, Г.Р.Рахмонбердиев, а также профессора У.Н.Мусаев, Ф.А.Магруппов, Т.М.Бабаев, А.А.Саримсаков, М.Г.Мухамедиев, А.С.Рафиков, В.О.Кудишкин, Г.А.Ихтиярова, М.А.Махкамов.

Несмотря на то, что изыскания исследования по получению полимер-бентонитовых композиций и изучению их свойств ведутся уже много лет, в данной области имеется множество нерешенных проблем. В частности до сих пор не раскрыто влияние различных видов бентонитовых глин на физико-химические свойства полимерных композиций, полученных на их основе. До этого исследования получены только полимерные композиции сшитой структуры на основе щелочной бентонитовой глины местного производства и

полиакриловой кислоты. Однако, не проводились научные исследования по получению композиций сшитой структуры на основе щелочноземельной, карбонатной полигорскитовой бентонитовых глин, добываемых в нашей стране в производственных масштабах.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом НИР Национального университета Узбекистана ПЗ-20170925290 в рамках прикладного проекта на тему «Получение ионитов на основе местного сырья и использование их для сорбции цветных и редких металлов из промышленных отходов» (2018-2020).

**Целью исследования является** получение полимерных композиций сшитой структуры на основе полиакриловой кислоты и различных видов местных бентонитовых глин, а также определение их физико-химических свойств.

**Задача исследования:**

получение полимерных композиций сшитой структуры на основе полиакриловой кислоты и различных видов местных бентонитовых глин методом интеркаляционной полимеризации;

изучение структуры полученных композиций с использованием современных физических и физико-химических методов исследования;

изучение морфологии, термических свойств, набухания в водных растворах и других свойств полимерных композиций;

исследование сорбции органических красителей и ионов некоторых цветных металлов из водных растворов полимерными композициями;

определение областей практического использования полученных полимерных композиций.

**Объектами исследования** являются полимер-бентонитовые композиции с сшитой структурой, полученные на основе полиакриловой кислоты и различных видов местных бентонитовых глин.

**Предметом исследования** являются процессы образования полимерных композитов сшитой структуры на основе полиакриловой кислоты и местных бентонитовых глин, определение их структуры, морфологии, термических свойств и сорбционной способности относительно органических красителей и ионов некоторых цветных металлов из водных растворов.

**Методы исследования.** Используются сканирующая электронная микроскопия, ИК-, Рамановская спектроскопия, рентгенофазовый анализ, термогравиметрический и дифференциально-термический анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, потенциометрия, УФ-спектрофотометрия и другие современные методы исследования.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

впервые получены полимерные композиции сшитой структуры на основе полиакриловой кислоты с щелочной, щелочноземельной, полигорскит-карбонатными видами местной бентонитовой глины;

установлена зависимость между степенью набухания полученных полимерных композиций с видом, а также количеством бентонитовых глин, входящих в их состав;

доказано, что введение частиц бентонитовых глин в состав гидрогелей на основе полиакриловой кислоты приводит к повышению их сорбционной способности;

в результате изучения сорбции ионов некоторых цветных металлов из водных растворов полимер-бентонитовыми композициями установлено, что их сорбционная способность увеличивается с увеличением ионного радиуса металла.

**Практические результаты исследований** заключаются в следующем:

определены оптимальные условия получения полимерных композиций на основе полиакриловой кислоты и бентонитовых глин;

на основе результатов практических испытаний, полученных полимерных композиций на различных производственных предприятиях установлено, что их можно использовать для разделения и удержания цветных металлов из технологических растворов, умягчения воды, а также снижения концентрации пестицида-тебуканазола в сточных водах.

**Достоверность результатов исследования** достоверность результатов исследований обоснована использованием таких современных физико-химических методов, как сканирующая электронная микроскопия, ИК-, Рамановская спектроскопия, рентгенофазовый анализ, термогравиметрический и дифференциально-термический анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, потенциометрия, УФ-спектрофотометрия и другие различные химические методы изучения строения и свойств веществ.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований обосновывается изучением процессов получения полимерных композиций на основе полиакриловой кислоты и бентонитовых глин, зависимости между составом и свойствами композиций, а полученные результаты приводят к расширению теоретических знаний о композициях, полученных на основе полимеров и слоистых минералов.

Практическая значимость результатов исследований обосновывается тем, что полученные полимерные композиции могут быть использованы для извлечения ионов цветных металлов, сорбции ионов металлов и органических соединений вредных для окружающей среды, а также умягчения воды производственных предприятий.

**Внедрение результатов исследования.** По результатам получения полимерных композиций на основе полиакриловой кислоты и местных бентонитовых глин и изучения их физических и физико-химических свойств:

полимерные композиционные материалы внедрены на практику предприятия АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (Справка № ХА-009868 от 03 декабря 2021 года АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»). В результате стало возможно выделение ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  из технологических растворов.

полимерные композиции прошли испытания в лаборатории химического анализа СП АО «Электрохимзавод» и внедрены в производство в качестве сорбентов (Справка № 107 от 4 июня 2021 года предприятия СП АО «Электрохимзавод»). В результате удалось умягчение воды используемые в производственных процессах, а также уменьшение концентрации пестицидов в сточных водах предприятия.

**Апробация результатов исследования.** Результаты работы доложены и обсуждены на 9, в том числе 5 международных и 4 республиканских научно-практически конференция.

**Опубликованность результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в том числе 4 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций доктора философских наук (PhD) Высшей аттестационной Комиссией при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 107 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объекты, предмет и методы исследования, определено соответствие исследования приоритетным направления развития науки и технологий Республики Узбекистан, приведена степень изученности проблемы, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены краткие сведения о внедрении результатов, представлены результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **“Полимерно-силикатные композиции: получение, физико-химические свойства и перспективы их применения”** рассмотрены и проанализированы научно-литературные данные о методах получения полимерных композиций на основе полимеров и слоистых силикатных минералов, их физико-химических свойствах, областях применения в настоящее время и перспективах их дальнейшего использования. На основе анализа имеющихся теоретических и практических результатов сформулирована постановка задачи, обоснована актуальность и значимость темы, приведено заключение о необходимости получения полимерных композиций на основе сшитой полиакриловой кислоты с различными видами местных бентонитовых глин и исследования их свойств.

Вторая глава диссертации **“Методы получения полимерных композиционных материалов и исследование их физико-химических свойств”** содержит описание реактивов, веществ и материалов, примененных

при получении полимерных композиций на основе полиакриловой кислоты и бентонитовых глин, методики проведения экспериментов; методы, использованные при исследовании физико-химических свойств композиций.

В третьей главе **“Получение полимерных композиций на основе полиакриловой кислоты и бентонитовых глин и исследование их структуры”** изложен процесс получения полимерных композиций на основе полиакриловой кислоты и бентонитовых глин, представлены результаты, полученные при исследовании их структуры различными физическими и физико-химическими методами, а также соответствующие заключения на основе анализа полученных данных.

В данной работе для получения полимерных композиций со сшитой структурой использовали гидрофильный полимер-полиакриловую кислоту и местные бентонитовые глины различных марок. Выбор бентонитовых глин в качестве компонента для получения композиций был обусловлен тем, что в нашей республике добывается множество видов данных минералов в производственных масштабах, которые имеют огромные запасы. Они также являются относительно недорогими, безвредными природными минералами и широко используются в различных отраслях промышленности. В частности, бентонитовые глины используются для обесцвечивания растворов, в качестве связующих, наполнителей, сорбентов и для других целей. В работе для получения полимерных композитов использовались щелочная (марки ПБМБ), щелочноземельная (марки ПБГ) и карбонатно-полигарскитовая (марки ППД) бентонитовые глины, добываемые на месторождении “Навбахор” Карманинского района Навоийской области. Основные компоненты, входящие в состав глин и их доля, приведены в табл.1.

**Таблица 1**

**Химический состав бентонитов « Навбахор», масс %\***

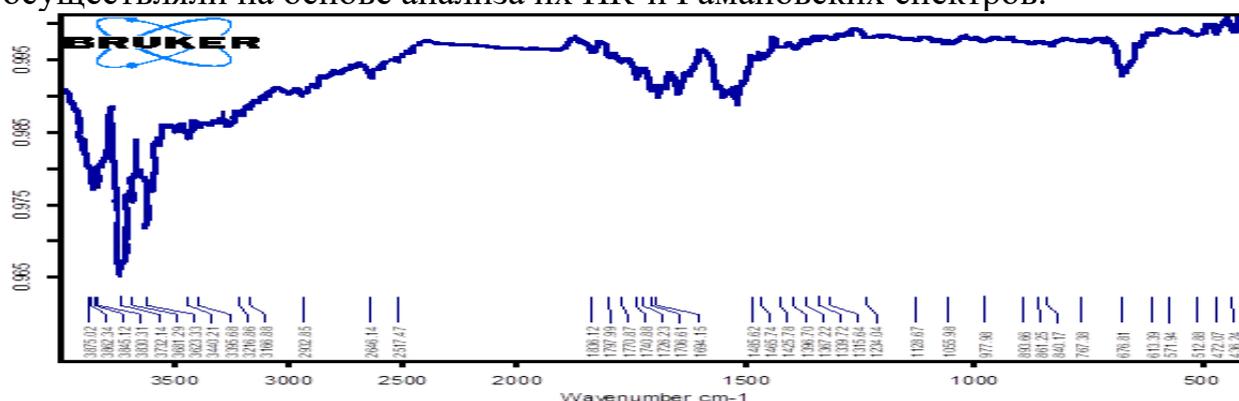
Элементный состав	Вид и марка бентонитовой глины		
	Щелочная (марки <i>PBMB</i> )	Карбонатно-полигарскитовая (марки <i>PPD</i> )	Щелочноземельная (марки <i>PBG</i> )
SiO <sub>2</sub>	57,91	46,79	56,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,69	8,63	13,56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,10	-	6,50
MgO	1,84	2,74	3,76
CaO	0,48	10,08	0,69
Na <sub>2</sub> O	1,53	-	0,98
K <sub>2</sub> O	1,75	1,60	2,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,43	1,99	0,92
SO <sub>3</sub>	0,75	-	0,49
FeO	-	3,41	-
Др.вещества	16,52	24,76	14,67

\*Элементный состав бентонитовых глин определен производителем.

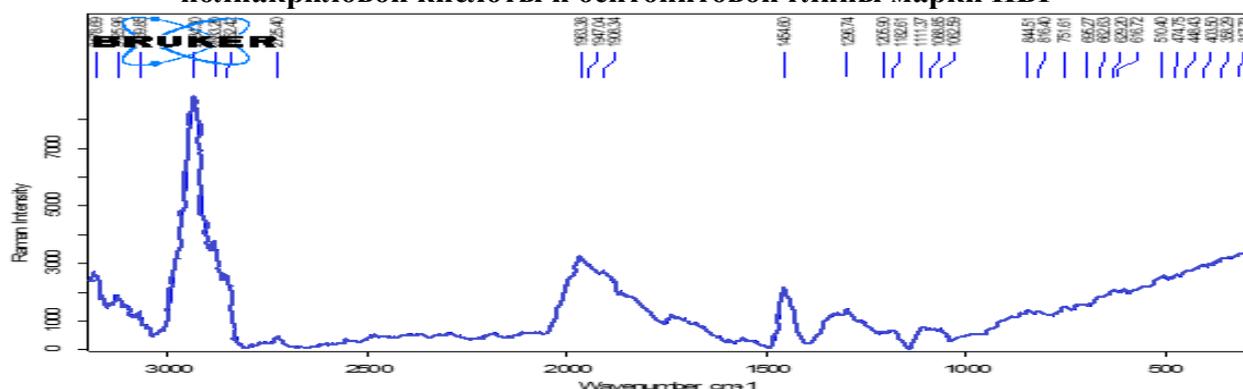
Полимерные композиции получали полимеризацией мономеров методом “in situ” в водной суспензии бентонитовых глин. Для этого сначала приготовили водную суспензию бентонитовой глины, в которую добавляли определенное количество акриловой кислоты и сшивающего агента-N,N-метилен-бис-акриламида. После тщательного перемешивания данной

реакционной смеси в нее добавляли инициатор полимеризации. В качестве инициатора использовали окислительно-восстановительную систему на основе солей двухвалентного железа и пероксида водорода. Процесс полимеризации проводили в течение 12 часов при комнатной температуре. Изменением массового соотношения компонентов в реакционной смеси были получены полимер-бентонитовые композиции, содержащие в своем составе от 10 до 90% глинистого минерала. Содержание сшивающего агента в композициях варьировали в интервале 2-5% от массы акриловой кислоты. Очистку полученных полимерных композиций осуществляли многократным промыванием дистиллированной водой, а затем образцы сушили при 50 °С до постоянной массы.

Определение структуры полученных полимерных композиций осуществляли на основе анализа их ИК-и Рамановских спектров.



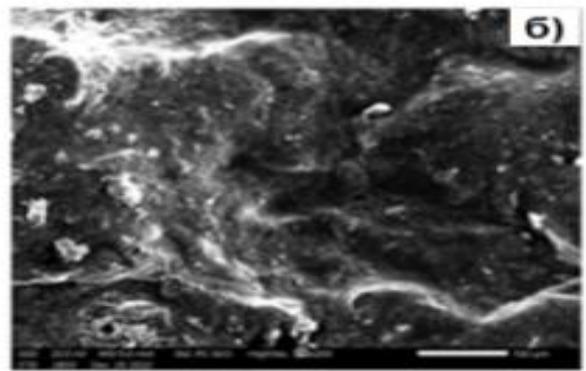
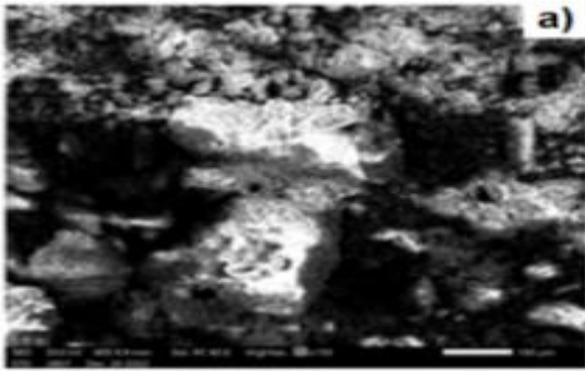
**Рисунок 1. ИК-спектр полимерной композиции, полученной на основе полиакриловой кислоты и бентонитовой глины марки ПБГ**



**Рисунок 2. Рамановский спектр полимерной композиции, полученной на основе полиакриловой кислоты и бентонитовой глины марки ПБГ**

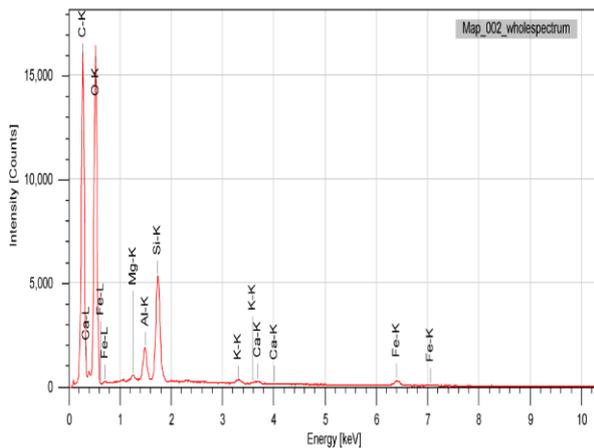
Анализ ИК-спектра полимерной композиции (рис. 1) показал, что и в полимере и бентонитовой глине сохраняются функциональные группы. Аналогичные результаты также получены и при анализе ее Рамановского спектра (рис. 2). Это показывает, что при образовании полимерных композиций не происходят химические реакции между компонентами.

Морфологию полимеров, то есть структуру их поверхности изучали на основе анализа их СЭМ-микрофотографий.



**Рисунок 3. Микрофотографии бентонитовой глины марки ПБГ (а) и полимерной композиций, полученной на ее основе (б)**

На рис.3 приведены СЭМ-микрофотографии бентонита марки ПБГ и полимерной композиции, полученной на его основе. Как видно из рис. 3а, поверхность бентонитовой глины неоднородна, где слои минерала отчетливо различаются. А на микрофотографии полимерной композиции (рис. 3б) в отличие от минерала не различаются крупные частицы. С помощью микроанализатора СЭМ были сняты энергодисперсионные (ЭДС) спектры образцов композиций, на основе которых был определен элементный состав их поверхности (рисунок 4).



**Рисунок 4. ЭДС спектр полимерной композиции, полученной на основе бентонитовой глины марки ПБГ**



**Рисунок 5. ЭДС карта поверхности полимерной композиции, полученной на основе бентонитовой глины марки ПБГ**

Как видно из рис. 4, полимерная композиция содержит основные элементы, входящих в состав бентонита. А анализ ЭДС карты распределения элементов на поверхности образцов полимерной композиции (рис.5) показывает равномерное распределение основных элементов в композиции. Известно, что в минерале бентонита присутствуют участки, имеющие кристаллическое строение, которых, происходящие изменения в можно определить методом рентгенофазового анализа. Поэтому в работе были сняты дифрактограммы бентонитов, полимерного геля на основе полиакриловой кислоты (не содержащего в своем составе бентонитовую глину), полимерных композиций и проведен их анализ (рис. 6).

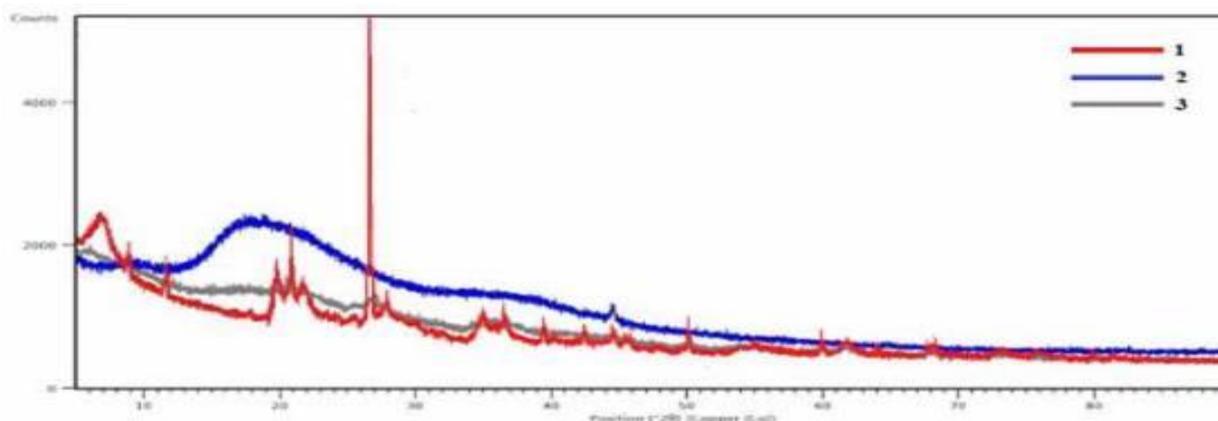


Рисунок 6. Дифрактограммы бентонитовой глины марки ПБГ (1), гидрогеля на основе полиакриловой кислоты (2) и полимерной композиции на их основе (3)

Из рис.6 видно, что на дифрактограмме бентонитовой глины наблюдаются интенсивные дифракционные пики-рефлексы, характерные для кристаллических фаз. Эти рефлексы хорошо заметны в интервалах 7-8, 20-22, 27-28, 35-37 °С. На дифрактограмме гидрогеля, полученного на основе полиакриловой кислоты, не наблюдаются четко различимые рефлексы, которые характерны для полимеров, имеющих аморфную структуру. А на дифрактограмме полимерной композиции, полученной на основе бентонитовой глины марки ПБГ и полиакриловой кислоты, наблюдаются рефлексы с низкой интенсивностью в интервале 20-22, 27-28, 35-37 °С. На основе полученных данных рентгенофазового анализа исследованных образцов можно сделать вывод, что формирование композиции сопровождается разрушением в определенной степени структуры минерала монтмориллонита.

На основе анализа данных, полученных при изучении полимерных композиций методами ИК-, Раман спектроскопии, СЭМ и рентгенофазового анализа, а также анализа научной литературы был предложен механизм образования полимерных композиций полимеризацией акриловой кислоты и сшивающего агента в суспензии бентонитовой глины методом “*in situ*”, который схематично представлен на рис. 7.

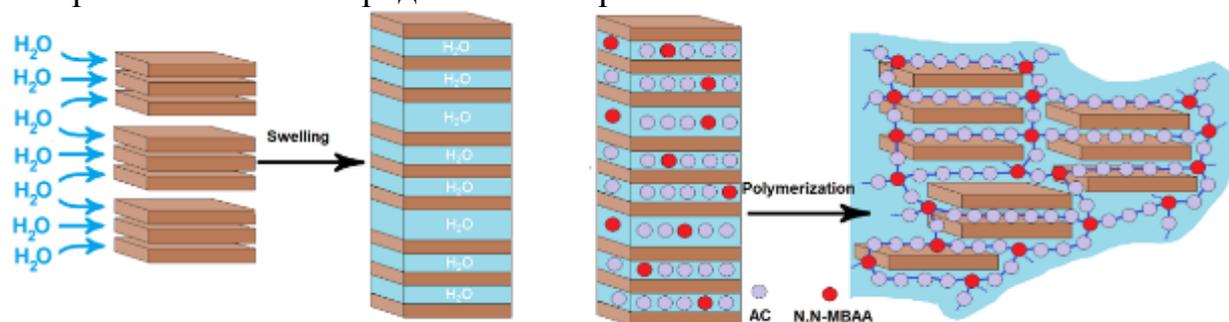
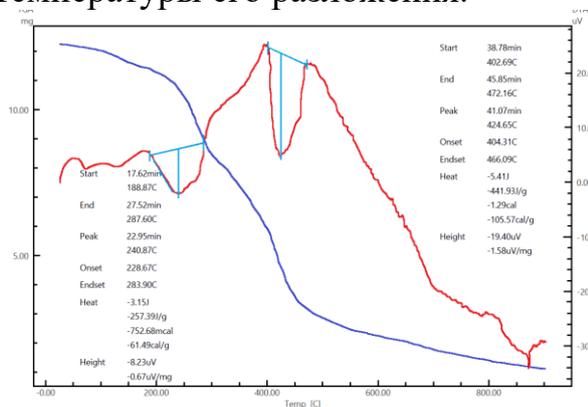


Рисунок 7. Схема механизма образования полимерной композиции

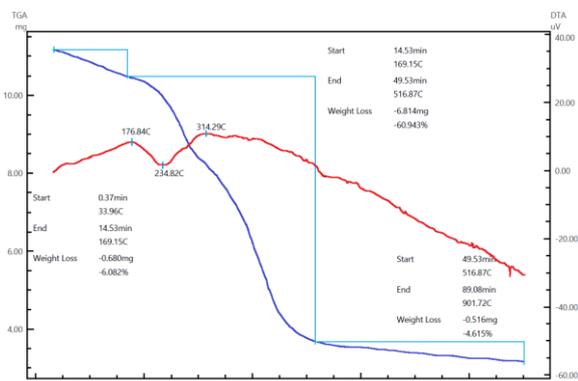
В четвертой главе диссертационной работы “Исследование физико-химических свойств полимерных композиций, полученных на основе полиакриловой кислоты и бентонитовых глин” были изучены термические свойства полученных полимерных композиций, набухание в воде и факторы, влияющие на степень набухания, сорбция ими органического красителя

Rodamin 6G и ионов некоторых цветных металлов из водных растворов и на основе полученных данных сделаны научные заключения.

На рисунках 8 и 9 представлены дериватограммы гидрогеля на основе полиакриловой кислоты и полимерных композиций, полученных введением в его состав бентонитовой глины. Как видно из полученных данных, введение в состав гидрогеля бентонитовой глины приводит к незначительному снижению температуры его разложения.

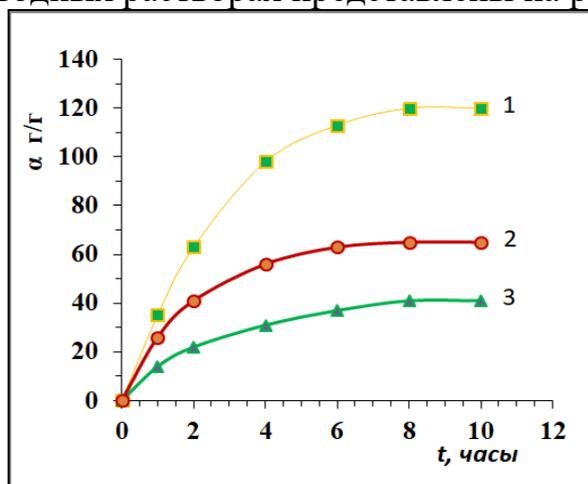


**Рисунок 8. Дериватограмма гидрогеля на основе сшитой полиакриловой кислоты**

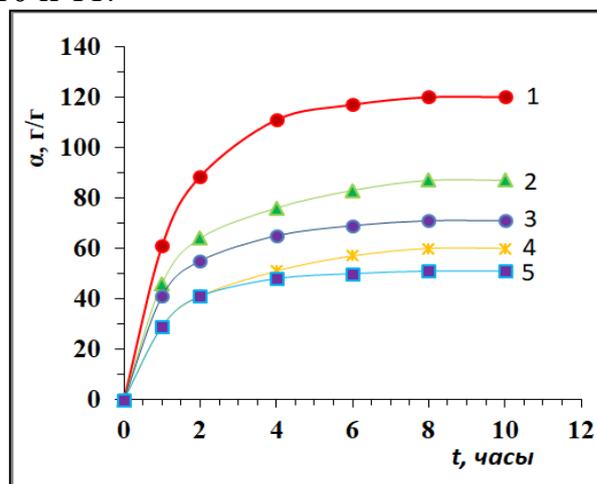


**Рисунок 9. Дериватограмма композиции, полученной на основе бентонитовой глины марки ПБГ и полиакриловой кислоты**

Результаты исследования кинетики набухания полимерных композиций в водных растворах представлены на рис.10 и 11.



**Рисунок 10. Кинетика набухания полимерных композиций в воде. 1, 2, 3- полимерные композиции, полученные на основе бентонитов соответственно марки ПБМБ, ПБГ и ППД. T=25 °C**

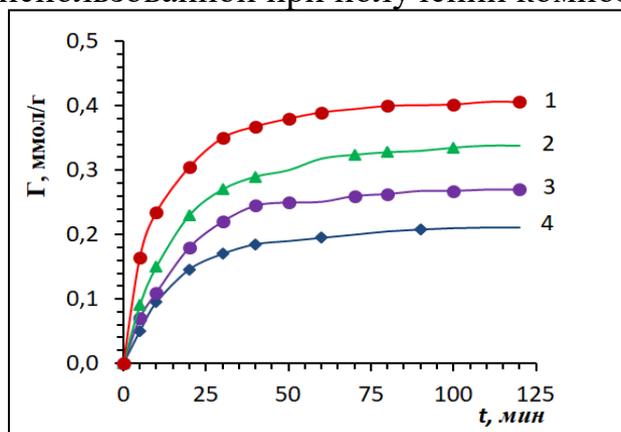


**Рисунок 11. Влияние содержания сшивающего агента на степень набухания полимерных композиций в воде. 1, 2, 3, 4, 5-содержание сшивающего агента в композиции соответственно 2, 3, 4, 5 6 масс%. T=30 °C**

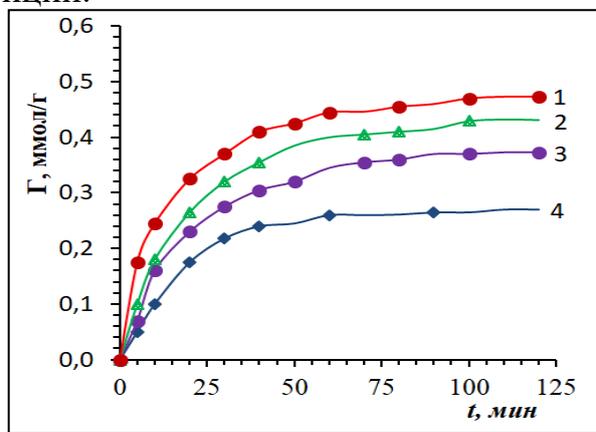
На рис. 10 представлена зависимость степени набухания полимерных композиций, содержащих в своем составе 50 масс % различных видов бентонитовых глин (содержание сшивающего агента в композиции 2 масс %), от времени в воде. Как видно из рис.10, степень набухания композиций зависит от марки бентонитовой глины, входящей в их состав. При этом

наибольшую степень набухания имеют композиции, полученные на основе щелочной бентонитовой глины (марки ПБМБ). Степень набухания композиций также зависит от содержания сшивающего агента в их составе. На рис.11 приведены кинетические кривые набухания в воде полимерных композиций, полученных на основе бентонита марки ПБМБ (содержание 50 масс %) содержащих в своем составе различные количества сшивающего агента, из которого видно, что увеличение количества сшивающего агента в композиции приводит к уменьшению степени их набухания.

В работе также изучена сорбция красителя Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями. На рис.12 представлены кинетические кривые сорбции Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями, содержащих 10 и 50 масс % бентонитовой глины марки ПБМБ, гелем на основе полиакриловой кислоты (не содержащим бентонита в своем составе), а также самой бентонитовой глиной марки ПБМБ, использованной при получении композиций.



**Рисунок 12.** Кинетические кривые сорбции Родамина 6G из водных растворов сорбентами. 1 и 2- полимерные композиции, содержащие соответственно 50 и 10 масс % бентонита; 3-полимерный гель; 4-бентонитовая глина. T=303K



**Рисунок 13.** Кинетические кривые сорбции Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями. 1, 2, 3, 4 концентрация красителя в растворе соответственно равна 0,125; 0,100; 0,075; 0,050·10<sup>-4</sup> моль/л. T=303K

Как видно из рис.12, введение глины в состав гидрогеля приводит к увеличению сорбции красителя. При этом с увеличением количества бентонита в гидрогеле повышается его сорбционная способность. Видно, что сорбционная способность композиции, содержащей в своем составе 50 масс % бентонита, по отношению к Родамина 6G более, чем в 2 раза выше, чем у гелей на основе полиакриловой кислоты. Увеличение концентрации Родамина 6G в растворе приводит к увеличению величины сорбции (рис.13) композитами. В работе также изучена сорбция Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями, содержащими различные количества бентонитов при разных температурах, полученные результаты были обработаны с использованием разных моделей. На рис.14 и 15 приведены изотермы сорбции Родамина 6G полимерными композициями (содержащими 50 масс % бентонита) на основе моделей Ленгмюра и Фрейндлиха.

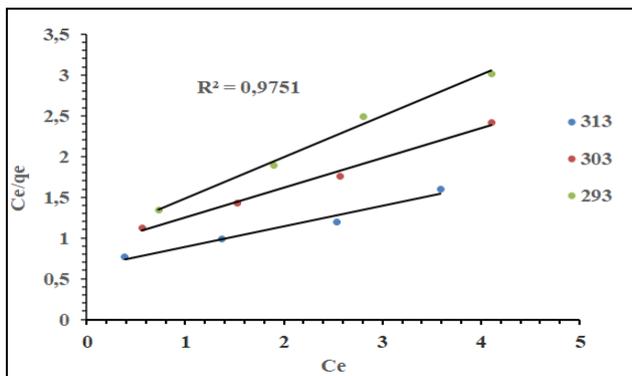


Рисунок 14. Изотермы сорбции Родамина 6G полимерными композициями по модели Ленгмюра при различных температурах

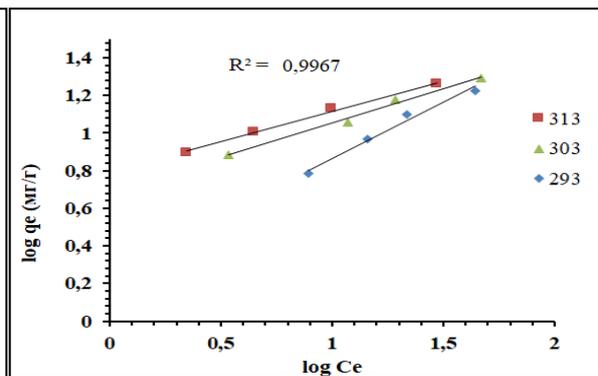


Рисунок 15. Изотерма сорбции Родамина 6G полимерными композициями по модели Фрейндлих при различных температурах

Полученные результаты при изучении сорбции были обработаны на основе моделей Ленгмюра и Фрейндлиха и рассчитаны основные параметры процесса. В табл.2 приведены параметры сорбции Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями, содержащими 50 масс % бентонита марки ПБМБ.

Таблица 2

**Параметры сорбции Родамина 6G из водного раствора полимерными композициями**

Модель адсорбции	$q_{max}$ (мг/г)	$K_L$	$K_F$	$R_L$	$n$	$R^2$
Ленгмюр	182,22	1,8635	-	0,2135	-	0,9751
Френдлих	-	-	6,21	-	3,0998	0,9967

В работе также проведен анализ кинетики процесса сорбции Родамина 6G из растворов полимерными композициями с помощью различных моделей. На рис.16 и 17 приведены кинетические кривые сорбции Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями, содержащими 50 масс % бентонита марки ПБМБ, построенные на основе моделей псевдо-первого и псевдо-второго порядка.

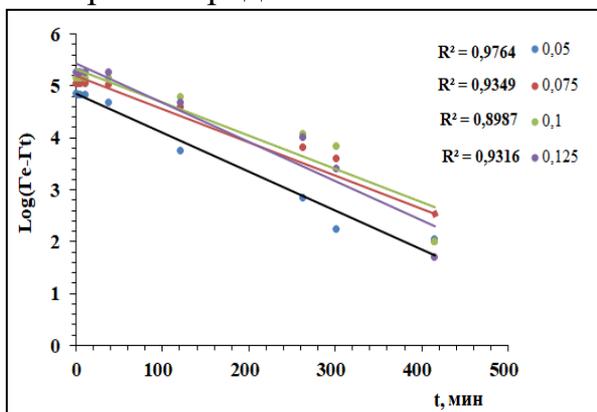


Рисунок 16. Кинетика сорбции Родамина 6G композициями в координатах уравнения псевдо первого порядка

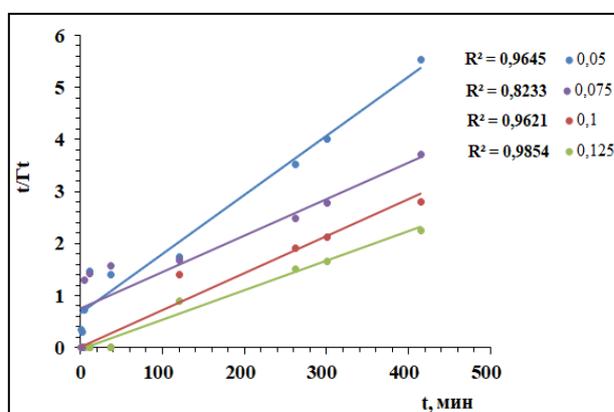


Рисунок 17. Кинетика сорбции Родамина 6G композициями в координатах уравнения псевдо второго порядка

На основе данных, полученных при изучении сорбции Родамина 6G из растворов полимерными композициями, рассчитаны кинетические параметры процесса, которые приведены в табл. 3.

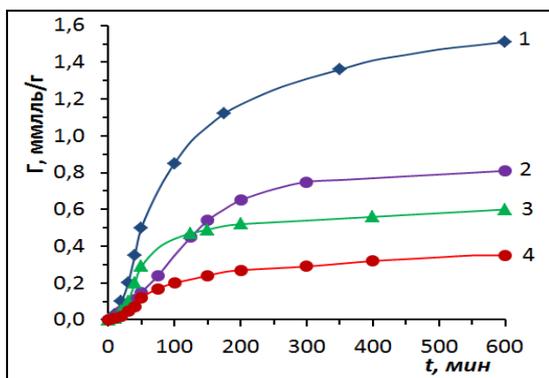
**Таблица 3**

**Кинетические параметры сорбции Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями**

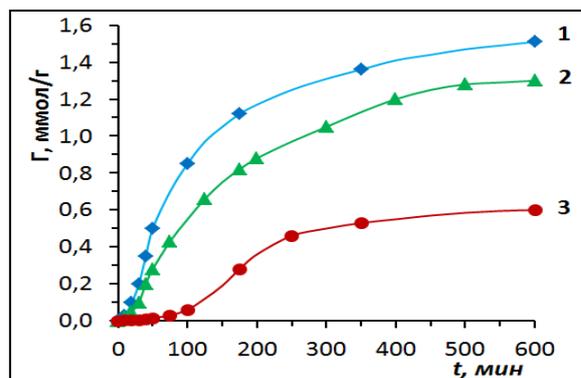
Модель псевдо-первого порядка			
$C_0$	$q_e(\text{мг/г})$	$K_1 \cdot 10^{-3}$	$R^2$
0,050	127,18	-1,75	0,9764
0,075	178,93	-1,5	0,9349
0,100	206,62	-1,5	0,8987
0,125	227,01	-2	0,9316
Модель псевдо-второго порядка			
$C_0$	$q_e(\text{мг/г})$	$K_2 \cdot 10^{-3}$	$R^2$
0,050	90,91	1,84	0,9645
0,075	142,86	0,64	0,8233
0,100	142,86	5,96	0,9621
0,125	166,67	4,69	0,9854

Из данных приведенных в табл. 3, видно что кинетика сорбции Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями, содержащими 50% бентонита, более предпочтительно описать на основе модели псевдо-первого порядка. В ходе работ также рассчитаны основные кинетические параметры сорбции Родамина 6G из растворов полимерными композициями, содержащими в своём составе 10% бентонитовой глины.

В диссертации также изучалась сорбция ионов металлов полимерными композициями из водных растворов солей некоторых цветных металлов. Для приготовления искусственных растворов были использованы  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{CrCl}_3$ . При этом изменение концентрации ионов металлов в растворе определяли спектрофотометрическим (UV 5100 Metash, Китай) методом. В исследованиях для определения сорбционной способности полимерных композитов использовались композиты, содержащие в своем составе 10 и 50 масс % бентонитовой глины марки ПБМБ. Сорбционная способность полимерных композиций была сравнена с таковой гидрогеля на основе полиакриловой кислоты и бентонитом марки ПБМБ. На рис.18 приведены кинетические кривые сорбции ионов  $\text{Cu}(\text{II})$  полимерными композициями, содержащими различные количества бентонита (марки ПБМБ), гидрогелем на основе полиакриловой кислоты и бентонитом марки ПБМБ из водных раствора.



**Рисунок 18. Кинетические кривые сорбции ионов Cu (II) образцами геля (2), бентонита (4) и композициями, содержащими 10 (3) и 50 масс % бентонита (1)**



**Рисунок.19. Кинетические кривые сорбции ионов Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> и Cr<sup>3+</sup> полимерными композициями. 1-CuSO<sub>4</sub>, 2-Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 3-CrCl<sub>3</sub>**

Как видно из результатов, представленных на рис.18, все сорбенты, использованные в исследованиях, обладают способностью сорбировать ионы Cu (II) из раствора. При этом полимерная композиция, содержащий 50 % бентонитовой глины, проявляет наибольшую сорбционную способность по сравнению с другими сорбентами. Снижение содержания бентонитовой глины в составе до 10 % приводит к снижению ее сорбционной способности по отношению к ионам Cu (II) почти в 3 раза. Также видно, что сорбционная способность данной композиции по отношению к ионам металла в 2 раза выше, чем у гидрогеля на основе полиакриловой кислоты и почти в 5 раз выше по сравнению с бентонитовой глиной.

В ходе исследований также изучалась сорбция ионов Ni<sup>2+</sup> и Cr<sup>3+</sup> из водных растворов полимерными композициями, содержащими в своём составе 50 масс % бентонитовой глины марки ПБМБ, и результаты, полученные при изучении кинетики сорбции представлены на рис. 19, из которого видно, что полимерная композиция также сорбирует ионы Ni<sup>2+</sup> и Cr<sup>3+</sup> из растворов, как и Cu<sup>2+</sup>. При этом также видно, что сорбция ионов Ni<sup>2+</sup> и Cr<sup>3+</sup> ниже по сравнению с Cu<sup>2+</sup>. Если величина сорбции композиций по ионам Ni<sup>2+</sup> равна 1,25 ммоль/г, то по ионам Cr<sup>3+</sup> 0,6 ммоль/г. То есть композиции сорбируют ионы Cr<sup>3+</sup> в 2,5 раза меньше, чем ионы Cu<sup>2+</sup>, и почти в 2 раза меньше, чем ионы Ni<sup>2+</sup>. В ходе исследований было определен элементный состав композиций до и после сорбции рентгенофлуоресцентным анализом. Для этого были сняты рентгенофлуоресцентные спектры образцов бентонита марки ПБМБ, использованного для получения композиций, а также самой полимерной композиции (содержащей 50 масс % бентонита) до и после сорбции ионов металлов из растворов солей CuSO<sub>4</sub>, Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CrCl<sub>3</sub>, которые после обработки специальной программой определяла их элементный состав. Полученные данные приведены в таблица 4.

Таблица 4

**Элементный состав (в масс %) полимерных композиций до и после сорбции ионов металлов, определенный рентгенофлуоресцентным анализом**

№	Элем.	Бентонит марки ПБМБ	Полимерная композиция	После сорбции Cu <sup>2+</sup>	После Сорбции Ni <sup>2+</sup>	После сорбции Cr <sup>3+</sup>
масс, %						
1	Cl	0.1660	0.3640	0.1030	0.2020	27.0000
2	Mg	2.1500	1.6800	0.8530	0.9630	-
3	Al	13.1000	9.7800	6.1900	8.2300	6.6500
4	Si	60.9000	47.800	26.4000	32.2000	29.700
5	K	4.8400	4.3300	1.4600	1.9600	2.9500
6	Ca	2.6600	3.1100	0.2040	0.3370	0.2610
7	Cr	0.0998	0.1620	0.0388	0.0418	19.1000
8	Fe	13.0000	26.7000	6.2300	6.7000	10.7000
9	Ni	0.0147	0.0421	0.0079	45.1000	0.0170
10	Cu	0.0154	0.0449	52.1000	0.3900	0.0246
11	S	0.2890	1.3300	3.8600	0.5760	0.5510
<i>Другие элементы</i>		<b>2,7651</b>	<b>4.7019</b>	<b>2.5533</b>	<b>3,3002</b>	<b>3,0464</b>

Как видно из табл.4, элементный состав композитов до погружения в раствор солей и бентонита марки ПБМБ близок к друг другу, в котором наибольшее количество составляет элемент Si, за которым следуют Al и Fe. Также в них количество щелочных (K) и щелочноземельных элементов (Ca, Mg) выше по сравнению другими элементами. При этом в составе композиции содержание элемента Fe выше по сравнению с бентонитом. Это можно объяснить тем, что при получении композиций использовались окислительно-восстановительные инициаторы, в состав которых входит FeSO<sub>4</sub>, и данный элемент остается в составе композиций. Также из таблицы видно, что элементные составы промытых и высушенных композиций, после процесса сорбции сильно отличаются от состава, определенного до сорбции. Видно, что содержание элемента Cu в композиции, погруженной в раствор CuSO<sub>4</sub>, увеличивается от 0,045 до 52,100 %, в образце, погруженном в раствор Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, содержание Ni увеличивается от 0,042 до 45,100 %, а в образце, погруженном в раствор CrCl<sub>3</sub>, содержания Cr увеличивается от 0,162 до 19,100 %. Это показывает, что композиты обладают хорошей сорбционной способностью по отношению к ионам данных металлов. Полученные выше результаты указывают, что сорбционная способность композитов снижается в ряду: Cu<sup>2+</sup>>Ni<sup>2+</sup>>Cr<sup>3+</sup>. Это позволяет сделать заключение, что сорбционная способность композиций по отношению к ионам металлов зависит от их радиусов, с увеличением которого значения сорбции также увеличивается (Cu<sup>2+</sup>=0,073 нм, Ni<sup>2+</sup>=0,069 нм, Cr<sup>3+</sup>=0,061 нм). Из таблицы также видно, что содержание элемента Cl в композиции, погруженной в раствор CrCl<sub>3</sub>, увеличивается с 0,364 до 27,0 %. Из этого следует, что композиции сорбируют не только катионы, но и некоторые анионы, содержащиеся в растворе.

## ВЫВОДЫ

1. Проведена полимеризация акриловой кислоты в суспензии бентонитовой глины методом “*in situ*”. В результате впервые получены полимерные композиции сшитой структуры, содержащие в своем составе до 70 масс.% различных видов местной бентонитовой глины, и установлено влияние на их образование различных факторов таких как температура, соотношение компонентов, продолжительность процесса.

2. Исследованием структуры и морфологии полученных полимерных композиций с использованием различных физических и физико-химических методов исследования установлено их структура и предложен механизм образования. Установлено, что в результате введения частиц бентонитовых глин в состав гидрогелей на основе полиакриловой кислоты изменяются их механические, термические и физико-химические свойства.

3. Изучено набухание полимерных композиций в водных растворах. Показано, что степень их набухания зависит от вида и количества глинозема, входящего в его состав, концентрации сшивающего агента, а также рН-среды раствора.

4. Исследована сорбция Родамина 6G из водных растворов полимерными композициями. При этом было выявлено, что введение в состав гидрогелей частиц бентонитовой глины до 50 масс.% приводит к увеличению их сорбционной способности более, чем в два раза.

5. Изучена сорбция ионов некоторые цветных металлов из водных растворов полимерными композициями. Установлено, что сорбционная способность композиций по отношению к ионам металлов увеличивается с возрастанием радиуса ионов и уменьшается в ряду  $\text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Cr}^{3+}$ .

6. Проведены испытания полимерных композиций на производственных предприятиях и они рекомендованы к применению на практике для очистки технических сточных вод от ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , а также для их умягчения.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.03/30.09.2020.K.82.02 AT THE CHIRCHIK STATE  
PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

---

**NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

**MIRZAKULOV UMIDJON**

**POLYMER COMPOSITIONS BASED ON POLYACRYLIC ACID AND  
LOCAL BENTONITE CLAYS**

**02.00.06 – High molecular compounds**

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

**Chirchik– 2024**

**The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on chemical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of the Higher Education, Science and innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2021.4.PhD/K436**

The dissertation was completed in the National university of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation available in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Academic Council ([www.cspi.uz.ilmiy-kengash](http://www.cspi.uz.ilmiy-kengash)) and on the information and educational portal «ZiyoNe» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Scientific supervisor</b>	<b>Makhkamov Muzaffar Abdugapporovich</b> Doctor of chemical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Karimov Maxmud Muratovich</b> Doctor of Chemical Sciences, dosent <b>Rafikov Adham Salimovich</b> Doctor of Chemical Sciences, professor
<b>Leading organization:</b>	Tashkent Chemical-Technological Institute

The defense of the dissertation will take place on " \_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 in" \_\_ " at the meeting of Scientific Council DSc.03/30.09.2020.K.82.02 at the Chirchik State Pedagogical university (Address: 111720, Tashkent region, Chirchik sity, Amir Temur street, 104. Phone.(+99870)716-68-05, fax: (0370) 716-68-11; e-mail: tvchdpi\_k.kengash@umail.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Center Chirchik State Pedagogical university. (registered under number \_\_\_\_\_ (Address: 111720, Tashkent region Chirchik sity, Amir Temur street, 104, Phone.: (+99870) 716-68-05, fax: (0370) 716-68-11; e-mail: tvchdpi\_k.kengash@umail.uz).

The abstract of the dissertation has distributed on " \_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 year

Protocol at the register № \_\_\_\_ of \_\_\_\_\_ 2024 year

**O.E.Ziyadullaev**  
Chairman of the Scientific Council  
for awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**G.K.Otamukhamedova**  
Scientific secretary of the Scientific Council  
for awarding the scientific degrees  
Doctor of Philosophy (PhD)in Chemical sciences

**A.S.Rafikov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

## **INTRODUCTION (abstract of doctor of philosophy (PhD) thesis)**

**The aim of the research work** The aim is to obtain polymer compositions of a cross-linked structure based on polyacrylic acid and bentonite clays of local production and to study their physico-chemical properties.

**The objects of the research work** these are polymer-bentonite compositions with a cross-linked structure, obtained on the basis of polyacrylic acid and various types of bentonite clays of local production.

**The scientific novelty of the research** is as follows:

polymer compositions of a cross-linked structure based on polyacrylic acid and alkaline, alkaline earth, polygorskite-carbonate types of bentonite clay of local production were obtained for the first time;

The structure of the obtained compositions has been established by studying their composition, structure and morphology using various modern physical research methods;

It has been proved that polymer compositions containing bentonite clay particles have higher sorption properties compared to polymer hydrogels;

As a result of studying the sorption of non-ferrous metal ions from aqueous solutions with polymer-bentonite compositions, it was found that the sorption capacity of the composite increases with an increase in the ionic radius of the metal ion.

**Implementation of research results.** Polymer composite materials based on polyacrylic acid and bentonite clay have been introduced for use in analytical laboratories of the Olimalik Mining and Metallurgical Combine JSC (Reference No. HA-009868 dated December 03, 2021 of Olimalik Mining and Metallurgical Combine JSC). Merge"). As a result, it was possible to separate and preserve non-ferrous metals in technological solutions.

Polymer compositions based on polyacrylic acid and bentonite clays have been tested and mastered in production by the laboratory of chemical analysis of the Department of Technical Control of the Joint Venture Electrochemicals Plant JSC Department of Technical Control for softening water used in the preparation of suspensions. and aqueous solutions of chemical plant protection products and during sorption of a pesticide preparation-tebucanazole from the wastewater of the enterprise (Information No. 107 dated June 4, 2021 of the joint venture "Electrokimzavod").

**The structure and volume of the dissertation.** The composition of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 107 pages.

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

**I bo'lim (I часть; I part)**

1. Mirzakulov U.J., Mahkamov M.A., Xudoyberdiyev I. Sorption of Malachite Green by Polymer Composite Sorbents from Aqueous Solution // American Jour. of Polymer Science, 2023. № 12 (2). pp. 32-36. (02.00.00. № 4).

2. Мирзакулов У., Махкамов М., Абдугаппарова Г. Сорбция малахитового зеленого полимерными композиционными гелями // Universium химия и биология, 2023. № 11 (113).с. 29-34. (02.00.00. № 2).

3. Мирзакулов У.Ж, Очилов Ш.Э., Махкамов М.А. Изучение набухания полимерных композиционных гелей на основе полиакриловой кислоты и бентоуитовых глин в водных растворах // Universium химия и биология, 2021. № 1 (79). с. 65-69. (02.00.00. № 2).

4. Mirzakulov U., Mahkamov M. Akril kislotasi va bentonit gilmoyalari asosidagi polimer kompozitsiyalarning rangli metallar bilan sorbsiyasini o'rganish // O'zMU xabarnomasi, 2021. № 3/2 (119). 290-293.b. (02.00.00. № 12).

5. Mirzaqulov U.J., Nadrashvili S.V., Ochilov Sh.E., Mahkamov M.A. Mahalliy gilmoyalar asosida olingan kompozitsion gellarni suvli eritmalarda tadqiq qilish // SaMDU ilmiy xabarnomasi, 2020. № 1 (119). 41-43. b. (02.00.00. № 9).

6. Махкамов М.А., Мирзакулов У.Ж., Шеркўзиева Ш.И. Исследование структуры и сорбционных свойств полимерных композиций на основе полиакриловой кислоты и бентонитовой глины // Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали, 2018. № 2. с. 51-54. (02.00.00. № 4).

7. Mirzakulov U., Abdug'apbarova G., Mahkamov M. Study of sorption of malachite green by polymer composite gels // O'zMU xabarnomasi, 2023. № 3/2. 457-461. b. (02.00.00. № 12).

**II bo'lim (II часть; II part)**

8. Mirzakulov U.J., Mahkamov M.A., Abdugapparova G.M. Modern trends of higher education and science in the field of chemistry and chemical engineering // Материалы Международной научно-практической конференции, Алмата (Kazakstan) 2023. с. 45-46.

9. Мирзакулов У.Ж., Махкамов М.А., Сапаров С.Ю., Сидиков А.С. Получение сшитых полимерных композиций на основе бентонитов и полиакриловой кислоты // Симпозиум "Химия в народном хозяйстве", Москва (Россия), 2020. с. 54.

10. Мирзакулов У.Ж., Надирашвили С., Очилов Ш., Махкамов М.А. Маҳаллий гилмоялар ва полиакрил кислотаси асосидаги чокланган полимер композициялар // III Международная конференция "Внедрение достижений науки в практику и устранение в ней деятельности коррупции", Ташкент, 2019. с. 378-381.

11. Mirzaqulov U.J., Mahkamov M.A., Saparov S.Y., Sidikov A.C. Изучение структуры полимерных композиций на основе полиакриловой кислоты и бентонитовой глины // International symposium on innovative Scientific conference “Integration and Integration of science and education”, Tashkent, 2018. pp. 58-60.

12. Mirzaqulov U.J., Mahkamov M.A. Kompozision gellarning suvli eritmalarda bo‘kishi // International scientific-practical on-line conference “Actual problems and innovative technologies in the field of natural sciences”. Tashkent, 2020. p. 273.

13. Mirzakulov U.J., Umarova Sh.I., Turayeva K.S., Mahkamov M.A. Rangli metallarning polimer kompozitsiyalar bilan sorbsiyasi // “Kimyo, oziq-ovqat hamda kimyoviy texnologiya mahsulotlarini qayta ishlashdagi dolzarb muammolarni yechishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya, Namangan, 2021. 626. b.

14. Mirzaqulov U.J., Mahkamov M.A. Bentonitlar asosidagi kompozitsion gellar tadqiqoti // “Kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi professor-o‘qituvchilar va yosh olimlarning ilmiy-amaliy anjumani, Toshkent, 2021. 45. b.

15. Mirzaqulov U.J., Ochilov Sh.E., Mahkamov M.A. Polimer-bentonitli kompozitsiyalarning Radomin 6G rangli eritmasi bilan sorbsiyasi / “Polimer-bentonitli kompozitsiyalarning Radomin 6G rangli eritmasi bilan sorbsiyasi – O‘zbekistonda tabiiy birikmalar kimyosining rivoji va kelajagi” ilmiy-amaliy konferensiya, Toshkent, 2021. 167.b.

16. Mirzaqulov U.J., Ochilov Sh.E., Nadirashvili S.V., Mahkamov M.A. Полимерные композиции на основе виниловых полимеров и бентонитовых глин/ “Kimyoning dolzarb muammolari” ilmiy-amaliy konferensiya, Toshkent, 2019. 34.b.

Avtoreferat “O‘zMU xabarlari” ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi.

Bosishga ruxsat etildi: 11.05.2024-yil  
Bichimi: 60x84 <sup>1/16</sup>, “Times New Roman”  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 2,75. Adadi 100. Buyurtma: № 38  
Tel: (99) 832 99 79; (77) 300 99 09  
Guvohnoma reestr № 10-3279  
“IMPRESS MEDIA” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.  
Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6-uy.