

**FARG‘ONA DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJA BERUVCHI
PhD.03/30.12.2019.K.05.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

MAXKAMOVA NAZOKAT OBIDJON QIZI

**XITOZAN ASOSIDAGI KOMPOZITSION MATERIALLAR OLISH,
TUZILISHI VA XOSSALARI**

02.00.10 – Bioorganik kimyo

**KIMYO FANLARI bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Farg‘ona-2024

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

Махкамова Назокат Обиджон қизи

Xitozan asosidagi kompozitsion materiallar olish, tuzilishi va xossalari.....3

Махкамова Назокат Обиджон қизи

Получение, структура и свойства композиционных материалов на основе хитозана.....21

Makhkamova Nazokat

Obtaining, structure, and properties of chitosan-based composite materials.....41

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works44

**FARG‘ONA DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJA BERUVCHI
PhD.03/30.12.2019.K.05.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

MAXKAMOVA NAZOKAT OBIDJON QIZI

**XITOZAN ASOSIDAGI KOMPOZITSION MATERIALLAR OLISH,
TUZILISHI VA XOSSALARI**

02.00.10 – Bioorganik kimyo

**KIMYO FANLARI bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Farg‘ona-2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.1.PhD/K733 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi O'zbekiston Milliy universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.fdu.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: Xaitbaev Alisher Xamidovich
kimyo fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: Shomurotov Shavkat Abduganievich
kimyo fanlari doktori, professor

Nishonov Mirkozimjon
texnika fanlari nomzodi, professor


Yetakchi tashkilot: Toshkent farmatsevtika instituti


Dissertatsiya himoyasi Farg'ona davlat universiteti huzuridagi PhD.03/30.12.2019.K.05.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024-yil « 14 » 11 soat 14⁰⁰ daqiqa dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 150100, Farg'ona sh., Murabbiylar ko'chasi, 19. Tel: (99873) 244-44-02, faks (99873) 244-44-93).


Dissertatsiya bilan Farg'ona davlat universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (413 raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 150100, Farg'ona sh., Murabbiylar ko'chasi, 19. Tel.: (99873) 244-44-02, faks (99873) 244-44-93, e-mail: fardu-info@umail.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil « 31 » 10 kuni tarqatildi.
(2024-yil « _____ » _____ dagi _____ raqamli reestr bayonnomasi).




V.U. Xo'jayev
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi
kimyo fanlari doktori, professor


Sh.Sh. Turg'unboyev
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,
kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)


Sh.V. Abdullayev
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi
kimyo fanlari doktori, professor

KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi.

Mavzuning dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda dunyo miqyosida biopolimerlarga bo'lgan talabning tobora ortib borishi bilan oziq-ovqat sanoati, qishloq xo'jaligi, tibbiyot va boshqa turli ishlab chiqarish sohalarida keng qo'llanilishi kuzatilmoqda. Jumladan, sintetik polimerlar o'rnini bosuvchi tabiiy polimer hisoblangan xitin va uning hosilasi xitozan asosida olingan mahsulotlarning ekologik toza, zaharli ta'sirga ega bo'lmagan, biomoslashuvchan, mikroblarga qarshi xususiyatlari tufayli ushbu biopolimerlardan foydalanish hamda samaradorligini oshirish muhim hisoblanadi. Xususan, xitozan asosidagi plyonkali materiallarining bioparchalanuvchan, girdofil va gidrofob hamda sorbsion xossalari oziq - ovqat mahsulotlarini qadoqlashda ularning yaroqlilik muddatini oshirish va texnologik eritmalardan og'ir metallarni ajratib olishga joriy qilish muhim ahamiyatga egadir.

Jahonda xitozanni turli xil manbaalardan olish hamda u asosidagi kompozit materiallarning sifatini yaxshilash, ularning fizik-kimyoviy xossalarini zamonaviy tadqiqot usullari yordamida tahlil qilish bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada xitozanning turli tarkibli modifikatsiyalangan plyonka materiallarini olish, ularning termik, optik, strukturaviy, sirt zaryadi, o'tkazuvchanlik, issiqlikka chidamliligi shuningdek, antioksidant xossalari va biologik faolligini oshirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda atrof-muhitni muhofaza qilish, sanitariya va ekologik holatni yaxshilash sohasida, shuningdek, mahalliy xomashyo manbaalari asosida import o'rnini bosadigan milliy mahsulotlar olish hamda ularni amaliyotga tatbiq etish bo'yicha muhim natijalarga erishilmoqda. 2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "Milliy iqtisodiyot barqarorligini ta'minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini 1,4 barobarga oshirish"¹ bo'yicha vazifalar belgilab qo'yilgan. Shu maqsadga erishishda mahalliy xomashyolardan foydalanib, birlamchi xom ashyolarni chuqur qayta ishlash orqali yangi import o'rnini bosuvchi xitozan asosida polimer kompozitsion materiallar olish va ularning yordamida yangi mahsulot turlarini ko'paytirish asosiy masalalardan hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-sonli Farmoni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 12-avgustdagi PQ-4805-sonli "“Kimyo” va “biologiya” yo'nalishlarida uzluksiz ta'lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 6-iyuldagi PF-60-sonli "2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.

rivojlanishining VII. Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiyalar ustuvor yoʻnalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoning oʻrganilganlik darajasi. Dunyoning rivojlangan mamlakatlarida xitin va xitozanni turli xil hasharot turlaridan olish hamda ularning qoʻllanish sohalarini yanada rivojlantirishiga doir koʻplab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan. Jumladan, Xeng Cheng ultrabinafsha nurlaridan himoyalovchi multi xitozan kompozit materiallari, P.A.Bayimirza boʻkishga chidamli xitozan bionanokompozitsion materiallari, Brahmeshwar Mishra, Madhusmita Mishra va Sarita Kumari Yadav tamonidan xitozan asosidagi aerezollarni bakteriyalarga qarshi biologik faolliklari boʻyicha ilmiy hamda amaliy ishlar bajarilgan.

Oʻzbek olimlaridan S.Sh.Rashidova, N.R.Voxidova, A.A.Ataxanov, V.O.Kudyshkin, N.Sh.Ashurov, R.Y.Millusheva, G.A.Ixtiyarova, A.X.Xaitbayev va boshqa olimlarning xitin va xitozan hosilalariga tegishli ilmiy izlanishlari alohida ahamiyatga ega. OʻzRFA polimerlar kimyosi va fizikasi institutida tut ipak qurti gʻumbagi (*Bombyx mori*)dan olingan xitozan va uning hosilalarini sintetik polimerlar bilan turli xil kompozitlarini olish, ularni biologik faolliklarini oʻrganishga doir keng qamrovli ilmiy tadqiqotlarni amalga oshirganlar.

Biroq, Respublika hududida uchraydigan zarar kunanda hashorat *Calliptamus italicus L.* dan olingan turli tarkibli xitozan kompozit plyonka materiallarining sorbsiya, desorsiya va sirt yuza xossalari, biologik faolliklarini (bakteriya, zamburugʻlarga qarshi xususiyatlari), oʻtkir zaharlilik darajalarini oʻrganish amalga oshirilmagan

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy taʼlim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bogʻliqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Oʻzbekiston Milliy universiteti Organik sintez va amaliy kimyo kafedrasining ilmiy tadqiqot ishlari rejasining “Tabiiy birikmalardan biologik faol moddalar ajratib olish” mavzusidagi fundamental loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi xitozan asosidagi kompozitsion materiallar olish, tuzilishi va xossalari aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

Respublika hududida keng uchraydigan *Calliptamus italicus L.* dan xitin, undan xitozan olish jarayonini optimallashtirish va olingan xitozanning deatsetillanish darajasi, molekulyar massasini aniqlash;

xitozan asosida turli kompozit materiallarini olish va ularni biologik faol moddalar bilan modifikatsiyalash hamda ularning tarkibi va tuzilishini zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqot usullari yordamida oʻrganish;

olingan xitozan kompozit materillarning sorbsiya va desorbsiya xossalari optik spektroskopiya usullari yordamida tekshirish;

olingan xitozan va uning kompozit plyonka namunalarida azot, benzol va suv bugʻilari adsorbsiyasi izotermalarini oʻrganish;

olingan xitozan kompozit plyonka materillarining bioparchalanish sharoitlarini aniqlash;

olingan xitozan kompozit materiallarining biologik faolligini (bakteriyalar va zamburugʻlarga qarshi xususiyatlari), oʻtkir zaharlilik darajalarini oʻrganish;

yangi xitozan kompozit materiallarini amaliyotga joriy qilish sohalarini aniqlash.

Tadqiqotning obyekti sifatida to'g'ri qanotlilar sinf vakili qir chigirtkasi (*Calliptamus italicus L.*) tanlab olingan.

Tadqiqotning predmeti xitozan asosida olingan turli kompozit materiallarini termik barqarorligini, adsorbsion ko'rsatkichlarini, tuproq ostida bioparchalanish sharoitlarini, ularning ayrim zamburug' va bakteriya shtammlariga nisbatan biologik faolligini tadqiq qilishdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishida UB, IQ, Raman spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskop, rentgen kukun, termogravimetrik, rentgenfluorescent analiz, viskozimetr, konduktometr, induktiv bog'langan plazmali masspektrometriya, Molekular Doking kabi zamonaviy usullar yordamida nazariy va eksperimental tadqiqot usullari foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ilk bor mahalliy xomashyo manbaasi *Calliptamus italicus L.* dan xitin va undan molekulyar og'irligi (355 kDa) va deatsetillanish darajasi yuqori bo'lgan xitozan olingan;

induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriya (ICP-MS) usuli yordamida *Calliptamus italicus L.* tarkibida 30 ta element miqdori aniqlangan hamda deproteinlanish darajasi (98.07 %) ekanligi organik element analiz usuli yordamida isbotlangan;

xitozanning turli tarkibli biologik faol moddalar bilan modifikatsiyalangan (Xtz/Gls/ZnO/Benzil penitsilin, Xtz/Gls/ZnO/ampitsilin, Xtz/Gls/ZnO/sulfanilamid) kompozit materiallari olingan;

xitozan asosidagi turli tarkibli kompozit materiallarning zaharlilik darajasi (LD₅₀), inson organizmida uchraydigan ayrim mikroorganizmlarga qarshi biologik faolliklari aniqlangan;

ilk bor Xtz/Gls/ZnO tarkibli olingan kompozit plyonkasi tuproq ostida: kuchsiz ishqoriy muhitda ±20 kun, neytral muhitda ±50 kun, kuchsiz kislotali muhitda ±70 kun oralig'ida to'liq bioparchalanishi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

xitozan asosida olingan (Xtz/Gls/ZnO) kompozit plyonkasi eksportbop mevalarni qadoqlashda ularning nativ holatini saqlashga samarali natija berishi aniqlangan;

Xtz/Gls/ZnO/B-penitsilin tarkibli kompozitsion plyonka materialining *Bacillus subtilis* bakteriya shtammiga nisbatan qarshi faollik (26 mm ingibirlash hududi) ni namoyon etishi aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot ishida zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqot usullari (UB, IQ, Raman spektroskopiyalari, SEM, EDX, XRD, DLS, AKM, TGA, ICP-MS, rentgenfluorescent, adsorbsiya izotermalarini o'lchashning vaakumli qurilmasi) yordamida tahlil qilinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mahalliy xomashyo (*Calliptamus italicus L.*) dan xitozan va u asosida kompozit materiallari olinib, ularni tabiiy va sintetik antibiotiklar (benzil penitsilin, ampitsilin, sulfanilamid) bilan modifikatsiyalab olingan namunalarning

biologik faolligi gramm(+) va gramm (-) bakteriyalariga nisbatan o'rganilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati *Calliptamus italicus L.* dan olingan xitozan asosida turli tarkibli kompozit materiallari *Bacillus subtilis* bakteriya shtammiga nisbatan eng yaxshi ingibirlash chegarasini ko'rsata olishi hamda oqava suvlar tarkibidagi mis (II) ionlarini tozalash amaliyotiga tadbiq qilishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Xomashyo manbaasi *Calliptamus italicus L.* dan olingan xitozan asosida yangi tarkibli kompozit plyonka materiallarini olish hamda ularni qo'llanilishi bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Calliptamus italicus L. xitozanidan olinadigan plyonka uchun tashkilot standarti O'zbekiston Respublikasi Sanitariya-epidemiologiya osoyishtalik va jamoat salomatligi qo'mitasi Ekspertlar guruhi tomonidan tasdiqlangan (2024 yil 26-yanvardagi 31-8/85-son ma'lumotnoma (Ts 200845944-113:2024)). Natijada oziq-ovqat maxsulotlarini saqlash samaradorligini oshiruvchi xitozan plyonka materiallar olish imkonini bergan;

xitozan kompozit plyonka materiali "Farg'ona yog'-moy" AJda amaliyotga joriy etilgan ("Farg'ona yog'-moy" AJ ning 2023 yil 22-sentyabrdagi 01/455 - son ma'lumotnomasi). Natijada, atrof-muhit ob'yektlari va texnologik eritmalardan Cu(II) ionini tozalash imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 12 ta, jumladan 4 ta xalqaro va 8 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 23 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta maqola respublika, 2 ta maqola xorijiy jurnalda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 115 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiya ishining kirish qismida amalga oshirilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati, maqsadi hamda vazifalari asoslab berilgan, ob'yekti va predmeti tavsiflangan, O'zbekiston Respublikasi fan hamda texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi keltirilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchligi asoslangan, natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi, chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Tabiatda xitin saqlovchi manbaalar, olinishi, deatsetillanish darajasi, molekulyar massasi tuzilishi va biologik faolligi (adabiyotlar tahlili)**» deb nomlangan birinchi bobida xitin va xitozanni tabiatda

tarqalishi va ularni xomashyolar tarkibidan turli usullar yordamida ajratib olish, fizik-kimyoviy xossalari, biologik faolliklari, ishlatilish sohalari haqida ma'lumotlar keltirilgan. Xitinning eng oson olish mumkin bo'lgan manbaa turlari sifatida hasharotlar ko'rsatilgan. Xitozan olishda manbaa o'rnida hasharotlardan foydalanilganda xitozanning o'rtacha molekulyar massasi 3 kDa -786 kDa atrofida ekanligi aniqlangan. Tahlil natijalariga ko'ra, hasharotlardan olingan xitin va xitozan qisqichbaqasimonlardan olingan xitin va xitozanga nisbatan sezilarli darajada bakteriyalarga qarshi faollikka ega ekanligini bayon qilingan bo'lib, uning biologik faolliklari manbaa turiga, deatsetillanish darajasi va molekulyar massasiga bog'liqliklari o'rganilgan. Shuningdek, xitin va uning hosilasi bo'lgan xitozan birikmalarining tadqiqot natijalari keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Mahalliy xomashyo *Calliptamus italicus L.* dan xitin va xitozan olish, xitozan asosidagi turli tarkibli kompozit materiallarini biologik faol moddalar bilan modifikatsiyalash (olingan natijalar tahlili)”** deb nomlangan ikkinchi bobida tabiiy xomashyo *Calliptamus italicus L.* dan dastlab xitin va undan xitozan olish, hamda xitozan asosida olingan turli kompozit materiallari zamonaviy fizik - kimyoviy tadqiqot usullari yordamida tahlil qilish bayon qilingan.

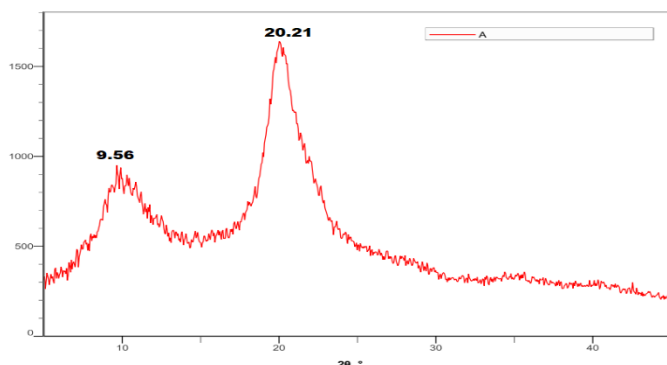
Calliptamus italicus L. dan dastlab xitin olishda delipidlash, deminerallash, deproteinlash va depigmentlash orqali manbaa tarkibidan turli oqsil, mineral, lipidlar chiqarib yuborish bosqichlari amalga oshirildi. *Calliptamus italicus L.* tarkibidan ajratib olingan xitinning organik (CHNS) element analizi natijalariga (C=41.31 %, H=6.62 %, N=7.21 %) asoslanib, uning protein miqdori 1.93% ligi aniqlandi. Xitin tarkibida proteinlar miqdori 1.93% saqlashi deproteinlash jarayonini tozalik darajasi 100 - 1.93=98.06% amalga oshganini bildiradi. Olingan xitinning manbaa massasiga nisbatan unumi 11.1% ni tashkil etdi. *Calliptamus italicus L.* deminerallash bosqichidagi modda tarkibi ICP-MS element analizida xitining mineral qismining asosiy tarkibini quyidagi $^{20}\text{Ca}^{42}$, $^{19}\text{K}^{39}$, $^{30}\text{Zn}^{66}$ va $^{11}\text{Na}^{23}$ metall ionlari hamda $^{16}\text{S}^{32}$, $^{34}\text{Se}^{82}$, $^{15}\text{P}^{31}$, $^{14}\text{Si}^{28}$, $^{5}\text{B}^{11}$ va $^{33}\text{As}^{75}$ kabi metalmas elementlar tashkil etgan. Ular orasida ayniqsa $^{15}\text{P}^{31}$ va $^{14}\text{Si}^{28}$ ko'p miqdorda uchrashi aniqlandi. $^{15}\text{P}^{31}$ ning ko'p miqdorda bo'lishiga sabab uning mineral qismida $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ning borligi bilan izohlash mumkin. Olingan xitinni deatsetillash orqali uning hosilasi bo'lgan xitozan olindi. Olingan xitozanni turli xil usullar yordamida (element analiz (CHNS)da DD=86.4 %, konduktometrik titrlashda DD=87,6 %, IQ spektroskopiya usulida DD=84,7 %) aniqlandi.

Ajratib olingan xitozanni tuzilishini identifikatsiyalash maqsadida IQ spektrlari olindi. IQ-spekri natijalari quyidagicha: $\nu_{\text{-OH}}=3439 \text{ sm}^{-1}$, $\nu_{\text{N-H}}=3295 \text{ sm}^{-1}$, $\nu_{\text{C-H}}=2981$ va 2889 sm^{-1} , $\nu_{\text{(-NH}_2\text{(CO))}}=1618 \text{ sm}^{-1}$, $\delta_{\text{NH}_2}=1552 \text{ sm}^{-1}$, $\delta_{\text{CH}_2}=1420 \text{ sm}^{-1}$, $\nu_{\text{C-O-C}}=1154$ va 1113 sm^{-1} , $\nu_{\text{C-O}}=1376$ va 1308 sm^{-1} sohalarda valent va deformatsion tebranishli yutilishlar kuzatilgan.

Calliptamus italicus L. dan olingan xitozan kapilyar viskozimetr usulda, Mark-Hauwink formulasi yordamida o'rtacha molekulyar massasi ($M_r = 355 \text{ kDa}$) aniqlandi.

Olingan xitozanining kristalligi va tuzilishini baholash maqsadida XRD – rentgen analizi olindi. Olingan natijalar 2θ ning 5° va 45° oralig'ida berilgan bo'lib,

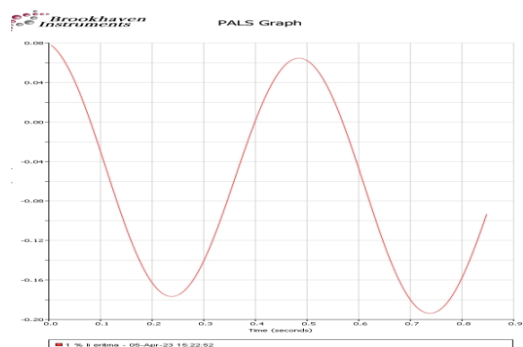
xitozanning $2\theta=9.56$ va $2\theta=20.21$ da ikkita kengaygan difraktsiya cho‘qqilari kuzatilgan (1-rasm).



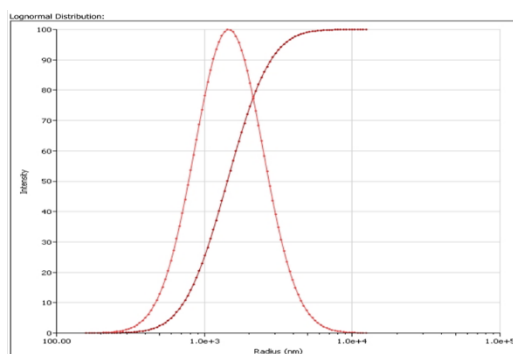
1 - rasm. *Calliptamus italicus L.* dan olingan xitozanning rentgen diffraksion spektri

Umuman olganda, hasharotlardan olingan xitin yuqori kristallik darajasi bilan ajralib turadi, chunki hasharotlarning ekzoskeleti qattiq va strukturaviy jihatdan mustahkam bo‘ladi. *Calliptamus italicus L.* dan olingan xitozanni rentgen diffraksion cho‘qqilarining joylashuvi va intensivligiga qarab kristallik darajasi 46,7 % teng ekanligi aniqlandi.

Xitozan asosida kompozit materialini olish uchun tayyorlangan eritmadagi xitozan zarrachalarining zaryadini va kolloid eritmasining barqarorligini aniqlash maqsadida Zeta potentsial va DLS qiymatlari o‘rganildi.



2-rasm. *Calliptamus italicus L.* dan olingan xitozan eritmasining zeta potentsiali

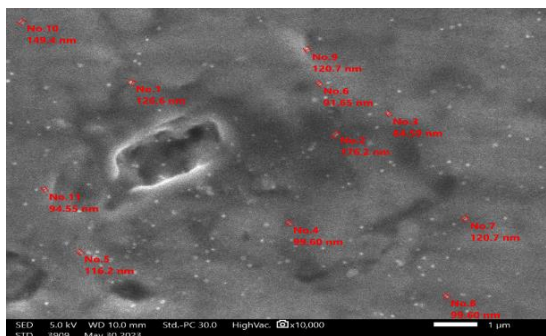


3-rasm. *Calliptamus italicus L.* dan olingan xitozan eritmasining DLS qiymati

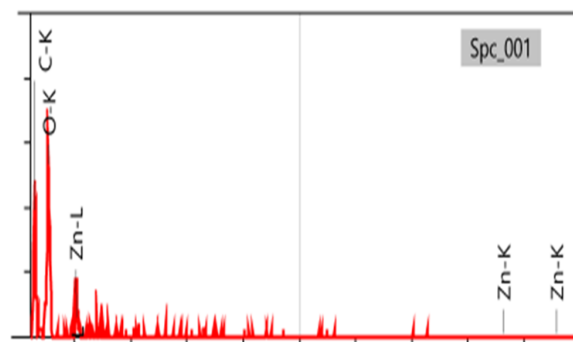
Buning uchun xitozanning 1 % li sirka kislotadagi eritmasining ($\text{pH}=4.78$) zeta potentsiali 27.28 (mV), mobility qiymati 2.84 ($\mu\text{s}/(\text{V}/\text{sm})$) ekanligi ma’lum bo‘ldi (2-rasm). Xitozan eritmasining zeta potentsial qiymati xitozan molekulalarining ikki elektrodan biriga tomon borishini (elektrostatik tortishuvni) va unga ketgan harakat vaqtini (mobility qiymatini) ifodalaydi. Ushbu elektrostatik tortishuv qiymati qanchalik katta bo‘lsa (ya’ni $30 >$ dan) eritma shunchalik barqaror hisoblanadi. Dinamik lazerli sochilish (DLS) usuli orqali esa xitozan eritmasining zarrachalar o‘lchamining diapazoni va uning polidispersligi aniqlandi. Xitozan zarrachalarining o‘lchami lazer nuri tarqalishining vaqtga bog‘liq tebranishini o‘lchash asosida olingan bo‘lib, zarrachalar taqsimoti 1.461 nm, polidispersligi 0.326 teng ekanligi aniqlandi (3-rasm). Xitozan zarrachalarining polidispers qiymatlari qanchalik kichik bo‘lsa, u asosida olingan kompozitsion materiallarining bir tekisda tarqalish imkoniyatini beradi.

Yuqoridagi natijalarga asoslanib, xitozan asosida (Xtz/Gls/ZnO) (1:0.5:0.02) massa tarkibli kompozit pyonka materiali olindi va uning yuzasining tuzilishini

batafsil ko‘rish imkonini beradigan (SEM) va yuzasida mavjud elementlarning kimyoviy tarkibini aniqlash maqsadida (EDS) analizlari olindi. Olingan tasvirlardan shuni ko‘rish mumkinki, kiritilgan komponentlar bilan xitozan matritsasi o‘rtasida ikki faza sirt chegarasi bilan bog‘liq bo‘lgan uzulishlarni va g‘ovakliklarni mavjudligini ko‘rsatdi ((4-a) rasm). Bu esa xitozan asosida olingan plyonkaning kompozitsion material ekanligini izohlaydi.



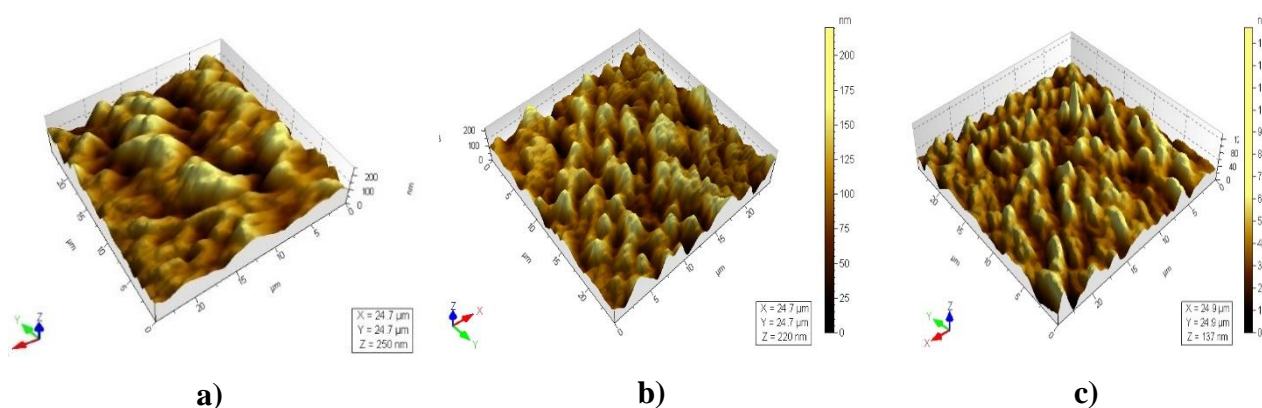
4-rasm. a) (Xtz/Gls/ZnO) kompozit materiallarining SEM tasvirlari



4-rasm. b) Xtz/Gls/ZnO kompozit materiallarining EDS spektri

EDS natijasidan ko‘rish mumkinki, kompozit tarkibida rux metalli 10.5 % tashkil qilgan ((4-b) rasm).

Atom kuch mikroskopi (AKM) xitozan plyonka materiallarining modifikatsiyalash orqali uning adsorbsion xossalari va sirt yuzasini o‘rganish uchun ideal usullardan biri hisoblanadi. (Xtz /Gls – xitozan glitserinli kompozit, Xtz /Gls /ZnO –xitozan glitserin rux oksidli kompoziti va Xtz /Gls /ZnO /B-pen – xitozan gliserin rux oksid penisilinli kompoziti uchun) materiallarining sirt yuzasini o‘rganish maqsadida AKM tasvirlari olindi. Olingan natijalar Xtz /Gls /ZnO /B-pen kompoziti tasvirlari bilan xitozanning dastlabki Xtz/Gls plyonka materiali tasvirlari taqqoslab o‘rganilganda, modifikatsiyalash natijasida sirt yuzadagi burmachalarning soni va hajmi ortganligini ko‘rish mumkin (5-rasm).



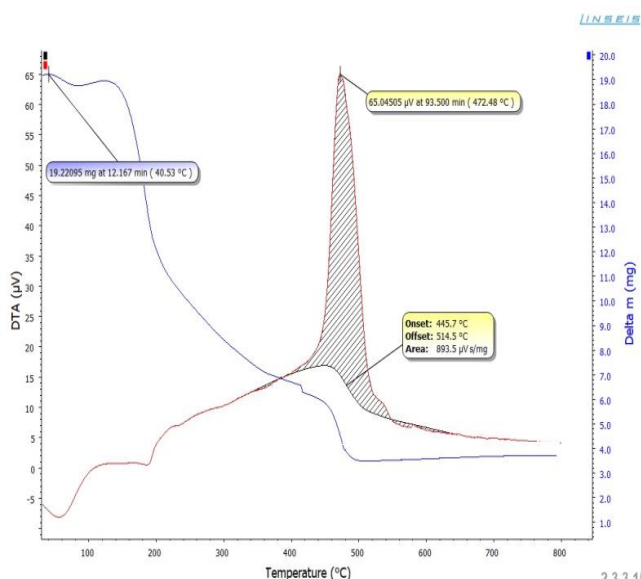
5-rasm. Xitozanning kompozitsion kompozit materiallarining AKEM tasvirlari. a)Xtz/Gls; b) Xtz/Gls/ZnO c) Xtz/Gls/ZnO/B- pen kompozit namunasi

Bu esa plyonka yuzasining kimyoviy va fizikaviy xususiyatlarini yaxshiroq tushunishga yordam beradi.

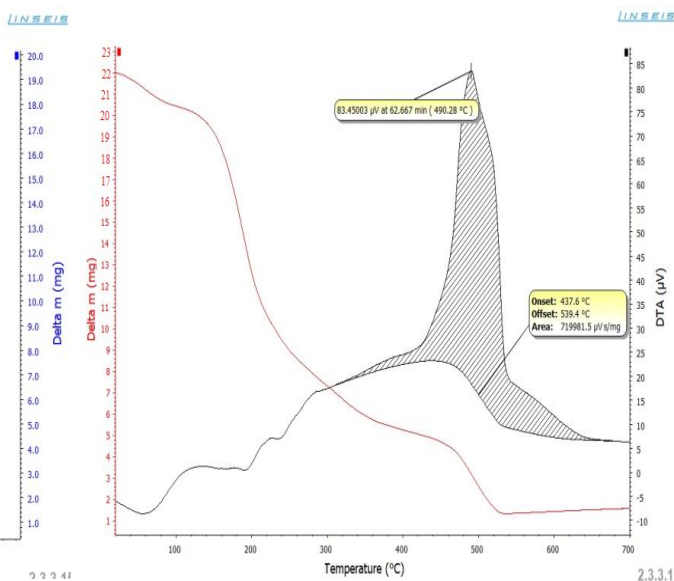
Olingan xitozan kompozit materiallarining termik barqarorligini aniqlash maqsadida uning TGA analizlari 25 °C dan 800 °C oralig‘ida o‘rganildi. Xitozan kompozit plyonkalari qanchalik termik barqarorlikka ega bo‘lsa, ularni ishlatish

jarayonida foydalanish uchun keng imkoniyatlarni taqdim etadi. Bu esa xitozan kompozit plyonkalari uchun muhim xususiyatlardan biri sanaladi. Buning uchun Xtz/Gls kompoziti bilan uning modifikatsiyalangan Xtz/Gls/ZnO/B-pen tarkibli namunalari taqqoslab o'rganildi. Bunda birinchi bosqich Xtz/Gls tarkibidagi suv molekularining bug'lanishi hisobiga 40-150 °C oralig'ida, ikkinchi bosqichdagi massa yo'qotilishi esa xitozan va glitserin molekularining parchalanishining hisobiga sodir bo'lgan (6-rasm). Eng yuqori massa yo'qotilishi 472 °C da parchalanish energiyasi esa 93.5 mV ni tashkil etgan.

Xitozan tarkibiga yangi komponentlar jumladan ZnO qo'shilishi hisobiga uning termik barqarorligi 30 °C yanada ortganini TGA analizi natijasidan ko'rish mumkin(7-rasm).



6- rasm. Xtz /Gls plyonka materialining termogravimetrik analizi

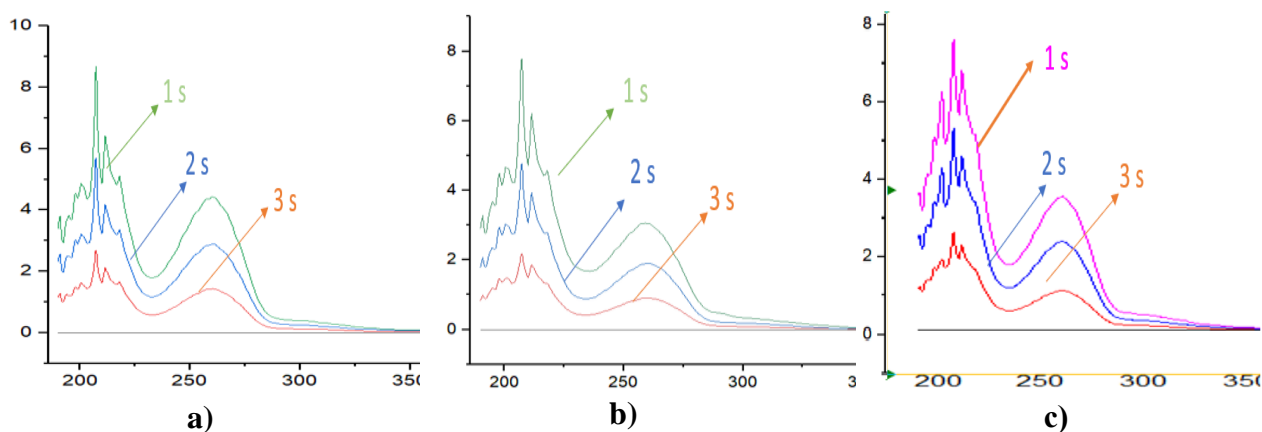


7-rasm. Xtz /Gls /ZnO /B-pen plyonka materialining termogravimetrik analizi

Xtz /Gls /ZnO /B-pen namuna massa yo'qotilishi uch bosqichda amalga oshgan. Dastlabki massa kamayish birinchi suv bug'lanishining hisobiga bo'lsa, ikkinchi bosqichda 263 °C da benzil penitsilin, uchinchi bosqichdagi assosiy massa yo'qotilishi xitozanning 490 °C dagi parchalanishi hisobiga kuzatildi (7-rasm).

Bunda dastlabki kompozit materialiga qaraganda modifikatsiyalangan kompozitning termik barqarorligi yuqori ekanligi kuzatildi. Bunga sabab asosan uning ZnO va biologik faol modda bilan modifikatsiyalash natijasida ichki vodorod bog'larining ortishi deyish mumkin.

Xitozan asosida olingan Xtz/Gls/ZnO kompozit materiallarining turli xil qo'llanish sohaslariga ta'sirini aniqlash maqsadida ularning desorbsiya xossalari muhit va vaqtga bog'liqligi o'rganildi. Bunda turli pH muhitlari (pH=5.5, pH=7 va pH=8,5) da xitozan kompozitsion materiallarning eritmaga o'tishi UB spektrofotometr yordamida aniqlandi. Bunda kompozit tarkibidagi xromofor guruhlar uchun tegishli signallar kuzatildi. Eng yuqori optik zichlik 190 – 220 nm to'liq uzunligi sohasida namoyon bo'ldi.



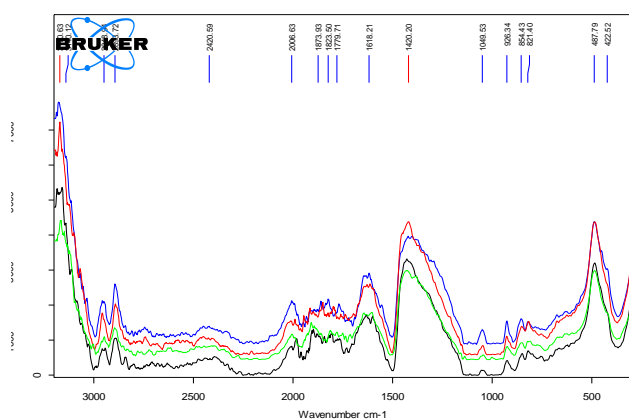
8-rasm. Xtz/Gls/ZnO kompozit materialini desorbsiya xossalariga vaqt va muhitning ta'siri: a) pH=5.5; b) pH=7; c) pH=8.5

Odatda $-\text{NH}_2$, $-\text{CO}$, $-\text{COOH}$ va efirlar uchun tegishli $n-\sigma$ yoki $\pi-\pi^*$ o'tishlar 190 – 230 nm soha kengligida hosil bo'ladi. Xitozan kompozit namunalari desorbsiyalangan eritmalarida o'rganilganda 190-260 nm oralig'ida xitozan poliaminosaxaridining $-\text{NH}_2$, $-\text{CO}$ va $\text{NH}_2(\text{CO})\text{CH}_3$ funksional guruhlariga tegishli signallar kuzatildi. 260 - 300 nm to'lqin uzunligi sohadagi signallar glitseringa tegishlidir. Bunda vaqt davomiyligiga bog'liq ravishda tegishli to'lqin uzunliklarining optik zichligi ortganligi kuzatildi (8-rasm). Yuqoridagi ma'lumotlarga asoslanib, Xtz/Gls/ZnO kompoziti uchun desorbsiyaning qulay sharoit kuchsiz ishqoriy muhit ekanligi aniqlandi.

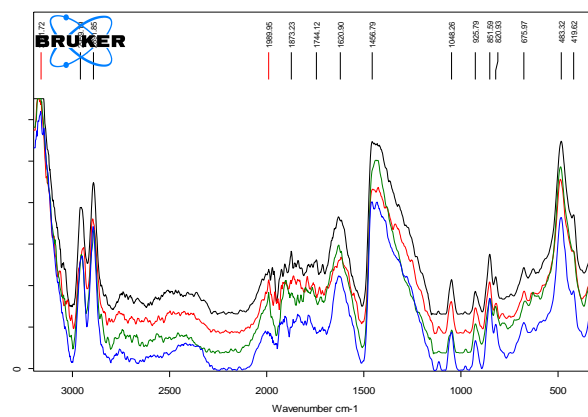
Xitozan kompozitlarining desorbsiyalarini UB spektrlaridan shuni xulosa qilish mumkinki, xitozan kompozit materiallari eritmaning kuchsiz kislotali, neytral hamda kuchsiz ishqoriy muhitlari ta'sirida desorbsiyalanadi. Ya'ni uning tarkibiga kiritilgan komponentlarning barchasini eritmaga o'tishi yuqoridagi Raman analiz natijalaridan ko'rish mumkin. Xtz/Gls/ZnO kompozit plyonka materialining desorbsiya xossalarining vaqtga va muhitga bog'liqligini uch xil muhitda o'rganilganda uning yangi tayyorlangan eritmalar har soatdagi namunalari olib erituvchining Raman spektri bilan taqqoslab o'rganib borildi. Xtz/Gls/ZnO kompozit plyonka materiallarining desorbsiya jarayoni uchun; pH=5.5; pH=7.0; pH=8.5 bo'lgan muhitli eritmalar tanlab olindi.

Olingan Raman spektrlaridan shuni ko'rish mumkinki, Xtz/Gls/ZnO kompozit plyonka materialining neytral, kuchsiz ishqoriy xamda kuchsiz kislotali eritmalaridagi desorbsiyasi vaqt o'tgan sari ortib, ularning tarkibiga kiritilgan komponentlarga tegishli signallarning intensivliklari ham ortib borganligi kuzatildi. Bunda olingan desorbsiya eritmalarining Raman spektrida 9 a, 9 b, 9 c-rasmlarda erituvchilar spektri bilan taqqoslab o'rganilganda, ushbu namunaning eng yaxshi desorbsiyasi uchun qulay sharoit kuchsiz kislotali muhit ekanligi aniqlandi.

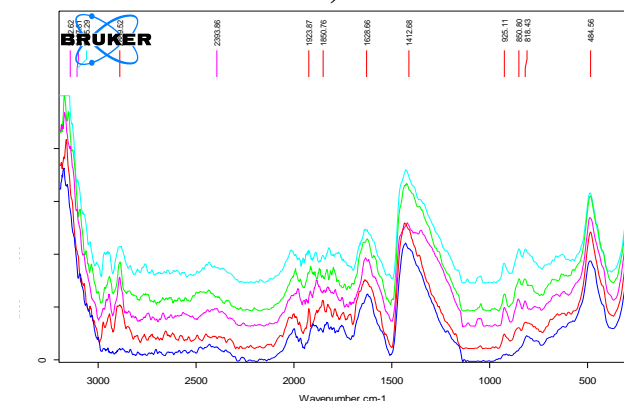
Desorbsiyalangan kompozit eritmasi Ramon spektrlarida xitozan uchun tegishli bo'lgan $-\text{OH}$ va $-\text{NH}_2$ guruhlari 3312 cm^{-1} va 3277 cm^{-1} sohada, $-\text{CH}_2\text{OH}$ ning CH_2 guruhi uchun 2889 cm^{-1} sohadagi valent tebranishlar namoyon bo'ldi. Xitozan tarkibidagi amid I bog'i 1628 cm^{-1} sohada va CH_2 uchun 1412 cm^{-1} sohada deformatsion tebranishlar aniqlandi. Kompozit tarkibidagi ZnO ga tegishli 926 cm^{-1} sohadagi, yangi signallarning hosil bo'lganligi kuzatildi.



a)



b)



c)

9-rasm. Xtz-Gls/ZnO kompozit materialini a) neytral; b) kuchsiz ishqoriy c) kuchsiz kislotali muhitlardagi desorbsiyasini vaqtga bogʻliqligi Raman spektrlari

Xitozan asosida olingan kompozit (Xtz, Xtz/Gls/ZnO, Xtz/Gls/ZnO/B-pen) materiallarining sirt yuzasida sodir boʻladigan hodisalar va adsorbsiya qonuniyatlarini aniqlash maqsadida azot gazi, suv bugʻi hamda benzol bugʻi adsorbsiyasi oʻrganildi.

Xtz, Xtz/Gls/ZnO, Xtz/Gls/ZnO/B-pen namunalarida azotning adsorbsion izotermalari yordamida solishtirma sirt yuzasi, namunalar orasidagi gʻovaklik va uning tuzilishdagi farqlari aniqlandi (1-jadval). Xtz/Gls/ZnO/B-pen namunasi BET usuli boʻyicha eng yuqori oʻziga xos sirt maydoniga va eng katta mezogʻovak hajmiga ega boʻlib, Xtz va Xtz/Gls/ZnO namunalariga nisbatan ancha rivojlangan gʻovakli tuzilishini koʻrsatdi. Bu esa katta ehtimol bilan azotning fizik adsorbsiyasi Xtz/Gls/ZnO/B-pen boʻshligʻida qoʻshimcha gʻovaklarning paydo boʻlishi bilan bogʻliq.

1-jadval

Xitozan namunalarning azot adsorbsiyasi izotermalari asosidagi adsorbsion koʻrsatkichlari

Namuna	S _{BET} , m ² /g	S _{Leng} , m ² /g	t-Plot, m ² /g	a _m , mmol/g	Mikro V _a , sm ³ /g	MezoV _b , sm ³ /g	D, nm
Xtz	0,66	1,6884	1,7985	0,0025	0,00069	0,006	4,12
Xtz/Gls/ZnO	0,93	1.7821	2,5781	0,0029	0,00194	0,0128	5,09
Xtz/Gls/ZnO/B-pen	1,93	5.1081	5,0583	0,0143	0,00087	0,020	4,25

Yuqoridagi natijalar mezogʻovak va mikrogʻovak oʻlchamlari barcha namunalar uchun deyarli oʻxshashdir, bu ularning mikrotuzilish xususiyatlarining bir-biriga yaqinligini koʻrsatadi. Xtz sirt yuzasi va tuzilishda nisbatan kamroq

mikrog'ovaklar tufayli qatlamlararo bo'shliqning zichroq qadoqlanishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin, bu uning azotni ushlab turish qobiliyatini pasaytiradi.

Xtz, Xtz/Gls/ZnO, Xtz/Gls/ZnO/B-pen namunalarida benzol bug'ining adsorbsion izotermalari o'rganish, namunalarda past nisbiy bosimlarda adsorbsiya izotermalarining ko'tarilishi benzol bug'larining dastlab, adsorbsiya potentsiali yuqori bo'lgan yuzalarga adsorbsiyalangan. Xtz/Gls/ZnO/B-pen kompoziti turli nisbiy bosimlarda benzolning adsorbsiyasi boshqalariga nisbatan (Xtz va Xtz/Gls/ZnO) eng yuqori adsorbsiyasini namoyon qildi. Bu esa Xtz/Gls/ZnO/B-penda g'ovaklar va benzolni ushlab turishga qodir bo'lgan adsorbsiya joylarining ko'pligidan dalolatdir.

Olingan analiz natijalar bilan 2-jadvalda izotermik ma'lumotlardan g'ovakli tuzilishning ko'rsatkichlari bilan tanishish mumkin.

2-jadval

Xitozan namunalarning benzol bug'i adsorbsiyasi izotermalari asosidagi adsorbsion ko'rsatkichlari

Namuna	S_{BET} , m^2/g	a_m , $mmol/g$	Mikro V_a , sm^3/g	Mezo V_b , sm^3/g	r , nm
Xtz	27,45	0,114	0,041	0,018	4,33
Xtz/Gls/ZnO	40,96	0,170	0,041	0,020	2,95
Xtz/Gls/ZnO/B- pen	42,22	0,175	0,048	0,021	3,25

Xtz/Gls/ZnO namunasi, Xtz/Gls/ZnO/B-pen namunasi nisbatan kamroq benzol adsorbsiyasini ko'rsatdi, lekin dastlabki namuna Xtzga nisbatan yuqori bo'lgan. Bunga sabab, Xtz/Gls/ZnO g'ovak tuzilishidagi mumkin bo'lgan o'zgarishlar bilan bog'liqdir. Dastlabki namuna xitozan eng kam adsorbsiya tezligini namoyon qilishi ehtimol, xitozan uchun umumiy g'ovakligining kamligi yoki makromolekulani zichroq joylashuvini ko'rsatadi, bu esa adsorbsiyaga moyil joylarning ozligidan dalolat beradi.

Xitozan kompozit Xtz, Xtz/Gls/ZnO va Xtz/Gls/ZnO/B-pen tarkibli namunalarning suv bug'i adsorbsiyasi o'rganilganda xitozanning mezog'ovak tuzilishi adsorbsiyaga sezilarli ta'sir qilgan. Bundan tashqari, qutbli birikmalarning adsorbsiya samaradorligiga kompozitning funksional guruhlari ham, adsorbatning o'zining qutbliligi ham ta'sir qiladi.

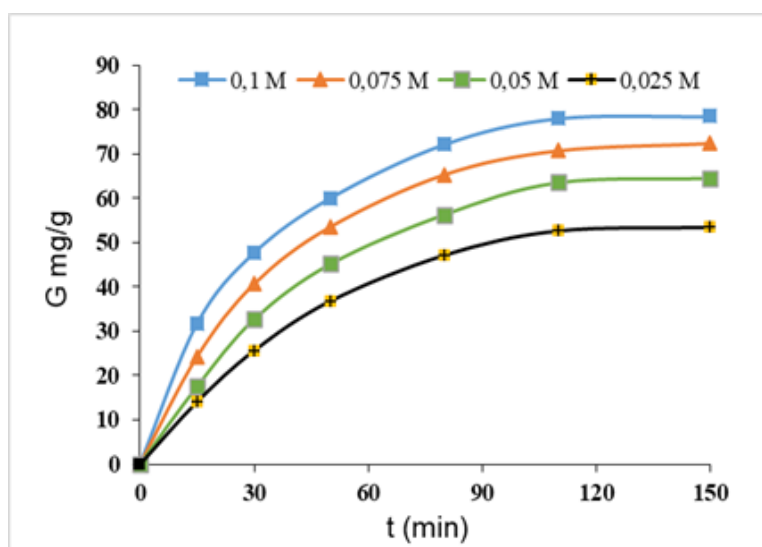
Barcha holatlarda, BET usuli bo'yicha o'ziga xos sirt maydoni xitozandan Xtz/Gls/ZnO/B- pen namunasi qarab ortib bordi. Dastlabki moddaga nisbatan xitozan asosida olingan moddalarni muvaffaqiyatli modifikatsiyalashdan so'ng kattaroq o'ziga xos sirt maydoniga ega ekanligini ko'rsatdi, bu uning adsorbsion qobiliyatini oshganligidan dalolatdir. Xtz/Gls/ZnO namunasi, dastlabki namunaga nisbatan kattaroq mikropora hajmini va umumiy g'ovaklik hajmini ko'rsatadi. Xitozan va plyonka kompozit namunalarning suv bug'i adsorbsiyasi izotermalari asosidagi adsorbsiya ko'rsatkichlari 3-jadvalda berilgan.

Xitozan namunalarning suv bug‘i adsorbsiyasi izotermalari asosidagi adsorbsiya ko‘rsatkichlari

Namuna	S_{BET} , m^2/g	a_m , $mmol/g$	Mikro V_a , sm^3/g	Mezo V_b , sm^3/g	r , nm
Xtz	74,75	1,150	0,151	0,092	6,53
Xtz/Gls/ZnO	104,35	1,605	0,098	0,082	3,45
Xtz/Gls/ZnO/B-pen	131,82	2,028	0,158	0,059	3,29

Dastlabki xitozan namunasiga nisbatan, olingan kompozitsion materiallarda ancha rivojlangan g‘ovakli tuzilishga va kattaroq o‘ziga xos sirt maydoniga ega bo‘lgan yuqori adsorbsion xususiyatli kompozitlar olingan. Dastlab namunalarda adsorbsiya monomolekulyar, keyin esa polimolekulyar adsorbsiya hodisasi kuzatilgan.

Olingan polimer kompozitsion material kationit xossasiga ega bo‘lib, kislota bo‘yicha statik almashinuv sig‘imi (SAS) 2,43 mg-ekv/g ga teng. Xitozan asosida olingan (Xts/Gls/ZnO) polimer kompozitsion materialning (H^+ holatda) sun‘iy tayyorlangan turli konsentratsiyali $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ eritmalaridan $Cu(II)$ ionlarini statik sharoitda sorbsiyasi o‘rganildi.



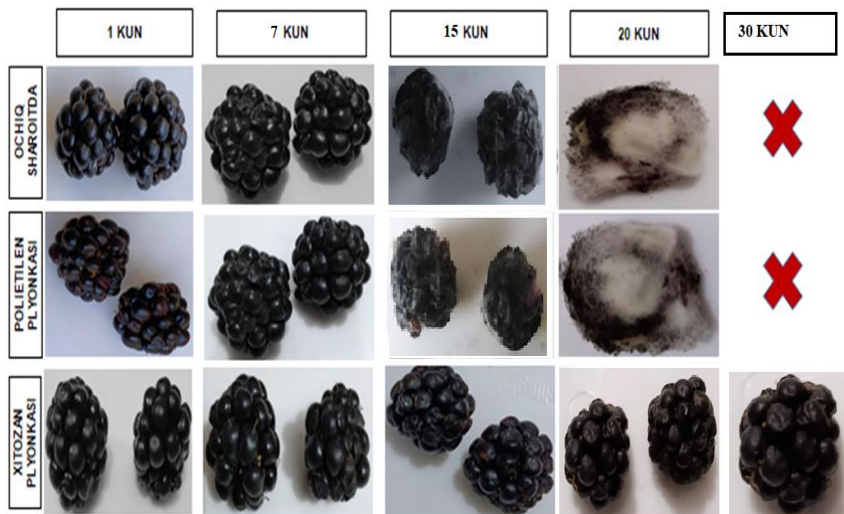
10-rasm. Xts/Gls/ZnO materialiga $Cu(II)$ ionlari sorbsiyalanish kinetikasining egri chiziqlari. 298 K. pH=5

Buning uchun eritmaning pH= 2-5 oralig‘ida va harorat 298 K da o‘rganildi. Eritmaning pH=5 ga teng bo‘lganda Xts/Gls/ZnO kompoziti 78;4 mg/g $Cu(II)$ ni yutgan (10-rasm).

Kompozitning kuchli kislotali muhitda mis ionlarini kam adsorbsiyalashiga ehtimol, $Cu(II)$ bilan H^+ ionlari o‘rtasidagi raqobat sabab bo‘ladi. Eritma muhiti pH > 6 bo‘lganda $Cu(II)$ ning eritmada $Cu(OH)_2$ ga o‘tishi sodir bo‘ladi. Shuning uchun, $Cu(II)$ ionlarini adsorbsiyalash uchun optimal pH qiymati 5 ga teng.

Calliptamus italicus L. dan olingan xitozan asosidagi kompozit materiallarining biologik hamda fizik xossalaridan kelib chiqqan holda ularning maymunjon mevasi qadoqlash vositasi sifatida Xtz/Gls/ZnO tarkibli kompozit materiali tajribada sinab ko‘rildi. Buning uchun yangi uzilgan, yuvilmagan maymunjon mevalari Xtz/Gls/ZnO, polietilen plyonkasiga o‘raldi va ochiq holda qoldirildi. Ushbu

namunalar sovutgichda -1 dan +4 °C oralig'idagi haroratlarda saqlandi. Ushbu mevalarning har bir saqlanish sharoitda taqqoslangan tasvirlarini farqini quyidagi 11-rasmda kuzatish mumkin.

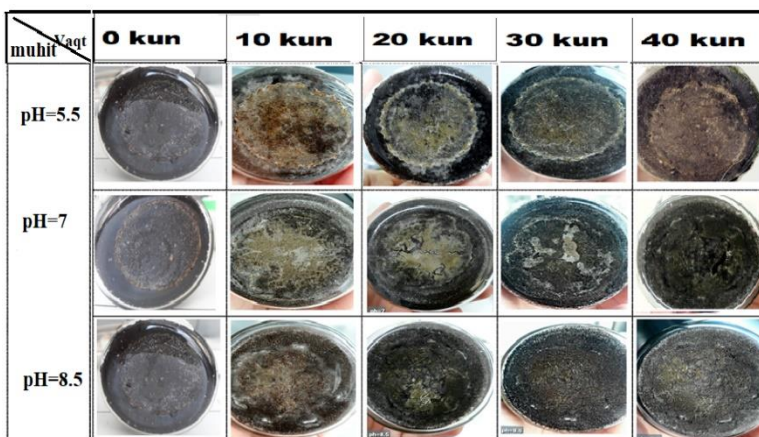


11-rasm. Xitozan kompoziti va polietilenli plyonka bilan maymunjon mevalarini saqlash

Bu tasvirlardan ko‘rinib turibdiki maymunjon rezavor mevalari oddiy polietilen plyonkasi va ochiq sharoitda ± 10 kun oralig'ida yaroqsiz holatga kelib, mog‘or bosishi kuzatildi. Biroq xitozan kompozit materiallari bilan qadoqlangan mevalar esa ± 30 – kun davomida ham o‘zini yaroqlilik holatini saqlab qolgan. Demak, xitozan kompozit plyonka materiallari mevalarini uzoq vaqt yaroqli holatda saqlash imkonini beri mumkin.

Olingan kompozit plyonka materiali (Xtz/Gls/ZnO) turli muhitlarda tuproq ostida bioparchalanishi pH muhitiga bog‘liq ravishda o‘rganildi. Buning uchun Xtz/Gls/ZnO tarkibli namuna uch xil muhitda (pH=5.5; pH=7; va pH=8.5), bir xil tuproq namunalardan foydalangan holda bioparchlanishi kuzatib borildi (12-rasm).

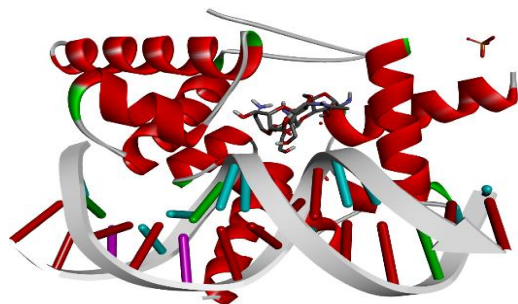
Bunda Xtz/Gls/ZnO tarkibli namunalari mikroorganizmlar tomonidan bioparchalanishi uchun eng optimal sharoit kuchsiz ishqoriy muhit ekanligi aniqlandi. Uning dastlabki o‘n kunlikdagi tasviri ham buni aks ettirib turibdi. Kompozit materiallarining deyarli to‘liq bioparchalanish holati ± 20 kunda kuzatildi. Boshqa muhitlarda jumladan, neytral muhitli tuproq ostida ± 50 kunda, kuchsiz kislotali tuproq ostida ± 70 kun oralig'ida to‘liq bioparchalanishi kuzatildi.



12-rasm. Xtz/Gls/ZnO tarkibli materiallarining turli xil pH muhitli tuproq ostida bioparchalanishi

Xtz/Gls/ZnO tarkibli plyonkani tuproq ostida bioparchalanishiga sabab xitozan tarkibidagi amino guruhining mavjudligi azotni o'zlashtiruvchi mikroorganizmlar (*phosobium*, *azotofiksotsi*) tomonidan bo'lishi mumkin.

Dissertatsiyaning “**Xitozan asosida olingan turli tarkibli kompozit materiallarining biologik faolligi**” deb nomlangan uchinchi bobida xitozan asosida olingan turli kompozit materillarini nazariy va amaliy jihatdan biologik faolliklari o'rganildi. Buning uchun xitozan va turli ZnO konformerlarining 7BHY oqsili bilan bog'lanishini o'rganish uchun Molekulyar Doking yordamida simulyatsiyalari o'tkazildi. Molekulyar Doking usullaridan foydalangan holda *Bacillus subtilis*ga tegishli 7BHY oqsili bilan xitozan va ZnO molekulalarining turli konformerlari o'rtasidagi bog'lanish energiyasi barqaror komplekslarni har bir konformer uchun ΔG qiymati hisoblab chiqildi (-14,04 dan +1,13). Molekulyar doking usulida manfiy bog'lanish energiyasi ligand va retseptor o'rtasidagi kuchli o'zaro ta'sirni $\Delta G = -14,04$ eng yuqori bog'lanish energiyasini ko'rsatdi, bu bakteriya oqsili bilan qulay bog'lanish rejimi hisoblanadi (13-rasm). Olingan natija shuni ko'rsatadiki, xitozan ushbu tadqiqotda simulyatsiya qilingan sharoitlarda 7BHY oqsili bilan barqaror komplekslar hosil qilmasligini ko'rsatdi ($\Delta G = +1,13$).



13-rasm. Xtz/ZnO ning oqsil aminokislotalari qoldiqlari bilan bog'lanishi

Nazariy jihatdan olingan ma'lumotlarga asoslanib, *Calliptamus italicus L.* dan olingan xitozan kompozit namunalari ayrim test-shtamm (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* va *Candida albicans*) lariga nisbatan mikroblarga qarshi biologik faolligi amalda o'rganildi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, o'rganilgan namunalarda ichida eng yuqori biologik faollikni (Xtz/Gls/ZnO/sulfanilamid) *Staphylococcus aureus* (12 mm), *Bacillus subtilis* (25 mm), *Escherichia coli* (15 mm) bakteriyalari va *Candida albicans* (10 mm) zamburug' mikroorganizmiga antoganistik ta'sir qilishi va (Xtz/Gls/ZnO/B-pen) *Staphylococcus aureus* (15 mm), *Bacillus subtilis* (26 mm), *Escherichia coli* (18 mm) bakteriyalari va *Candida albicans* (13 mm) zamburug'lariga kuchli antoganistik ta'sir qilishi aniqlandi (14-rasm).



14-rasm. Xitozan asosida olingan turli kompozitlarini *Bacillus subtilis* bakteriyasiga ta'siri (9 Ingibirlanish hududi 26 mm)

Calliptamus italicus L. xitozanining 1 va 1.5 % li eritmaları asosida olingan kompozit materiallari o'rganilgan shtamlarga nisbatan qarshi biologik faollikni namoyon etmagan. Biroq 2% li xitozan kompozit plyoka materiali *Stafilococcus aureus*, *Bacillus subtilis* va *Escherichia coli* ga nisbatan sezilarli biologik faollik ko'rsatgan. Shuningdek, uning tarkibiga ZnO qo'shilganda esa uning test shtamlariga nisbatan qarshi biofaolligi ortganligini, shu bilan birga yana *Candida sp.* zamburug' turiga nisbatan qarshi biofaollik ko'rsatganligi aniqlangan. Qolgan barcha namunalar esa konsentratsiyalari xitozanga nisbatan 6:1 va 6:2 massa nisbatida olinganda tekshirilgan shtamlarga nisbatan qarshi biofaollik ko'rsatishi aniqlangan. Bunda xitozanga benzil penitsilinning 6:2 massa nisbatli (Xtz/ZnO/Ben-pen) namunasi eng yaxshi ingibirlash chegarasini ko'rsatishi ma'lum bo'ldi.

Calliptamus italicus L. dan olingan xitozan asosidagi turli tarkibli kompozit materiallarining zaharlilik xususiyatlari zotsiz oq erkak sichqonlarda o'rganildi. Tadqiqotlarning o'tkir zaharlilik ta'sir natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

Bunda xitozan kompozit materiallarining zaharlilik darajalarini aniqlash uchun №1 (Xtz/ZnO/b pen), №2 (Xtz/sirka kislotasidagi eritmasi), №3 (B- pen) va №4 (1% li sirka kislotasi) ning eritmalaridan foydalanildi. Namunalar 1000, 1500, 2000 va 2500 mg/kg dozalarda oshqozonga maxsus zond yordamida kiritildi.

4- jadval

Xitozan asosida olingan kompozit materiallar namunalari ning sichqonlar oshqozoniga kiritilganda uning o'tkir zaharlash ko'rsatkichlari qiymatlari

Guruhlar	Hayvon turi, jinsi	Doza mg/kg, ml	Guruhdagi hayvon/ o'lgan hayvon soni	O'rtacha hayvon massasi (g) (1 kun)	O'rtacha hayvon massasi (g) (7 kun)	O'rtacha hayvon massasi (g) (14 kun)	LD ₅₀ ishonch oralig'i bilan
№1	Sichqon (erkak)	1000	6/0	21	22	24	2050 mg/kg V sinf
		1500	6/0	22	23	24	
		2000	6/3	21	20	20	
		2500	6/6	20	19	18	
№2		1000	6/0	20	21	22	1780 mg/kg IV sinf
		1500	6/2	21	22	23	
		2000	6/6	22	21	20	
№3		1000	6/0	20	21	23	2500mg /kg V sinf
		1500	6/0	21	22	23	
		2000	6/0	21	22	23	
		2500	6/0	21	21	22	
№4		0,5 ml	6/0	21	22	24	-
Nazorat		0,5 ml	6/0	21	22	25	

Calliptamus italicus L. dan olingan xitozan asosidagi kompozit materiallari deyarli zaharli bo'lmagan V sinf ga kirishi aniqlandi. 4-jadvaldagi natijalar №1 va №3 namunasining o'tkir zaharlash xususiyatini V sinf – deyarli zaharli bo'lmagan birikmalar mansub ekanligi va bir marotaba oshqozonga kiritilganda o'rtacha o'lim dozasi №1 namunasi uchun (LD₅₀) -2050 №3 namunasi uchun esa (LD₅₀) >2500 mg/kg ligi aniqlangan. №2 namunasining o'tkir zaharlash xususiyatini IV sinf – kam

zaharli birikmalar sinfiga mansub ekanligi va oshqozonga bir marotaba kiritilganda, o'rtacha o'lim dozasi (LD₅₀) – 1780 mg/kg ligi ma'lum bo'lgan

Dissertatsiyaning “**Materiallar va metodlar. Tajriba qism**” deb nomlangan to'rtinchi bobida *Calliptamus italicus* L. dan xitin, xitozan va u asosidagi kompozitlarning kimyoviy o'zgarishlarini, fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq qilish ushlari, tajriba qismida esa xitozan va uning turli tarkibli kompozit materiallarini olish bayon qilingan.

XULOSALAR

1. Respublikada keng tarqalgan mahalliy xomashyo (*Calliptamus italicus* L) dan yuqori unum bilan yuqori molekulyar massali deatsetillanish darajasi 87,5 % bo'lgan xitozan namunalarini olish usuli taklif qilindi.

2. Xitozan plyonka materiallarini olishda erituvchi sifatida sirka kislotaning 1% eritmasi hamda mexanik mustaxkamlik beruvchi biologik faol modda ZnO dan foydalanish tavsiya etildi.

3. Xitozanning turli tarkibli biologik faol plyonka materiallarining desorbsion xossalarini namoyon bo'lishida vaqt va muhit (pH=5,5;7,0; 8.4) ta'siri o'rganilib, Xtz/Gls namunasi uchun kuchsiz kislotali muhit, Xtz/Gls/ZnO va Xtz/Gls/ZnO/B-penitsilin uchun kuchsiz ishqoriy muhit eng yaxshi desorbsion muhit bo'la olishi ko'rsatildi.

4. Xitozan plyonka materiallarining o'tkir zaharlilik darajasi bo'yicha LD₅₀ qiymati 2050 mg/kg ga tengligi, ushbu materiallarning V sinfga mansub, deyarli zaharli bo'lmagan birikmalar qatoriga kirishini ko'rsatdi.

5. Xitozan asosidagi turli tarkibli kompozit plyonkalarining ayrim gramm (+) va gramm (-) bakteriya va zamburug'larga (*Stafilococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia Coli* bakteriyalari va *Candida* sp. zamburug'i) nisbatan qarshi biologik faolliklari o'rganilib, amaliyotda ushbu mikroorganizmlarga qarshi qo'llash taklif etildi.

6. Xitozan asosida olingan plyonka materiallarining fizik-kimyoviy xossalari o'rganildi, bu esa kimyoviy va termik barqarorliklarini, kompozit tuzilishini aniqlash, shuningdek, olingan xitozan plyonkaning SEM, AFM, struktura-sorbsion (2,028 mmol/g) ko'rsatkichlari uning sorbsiyalash jarayonini osonlashtiruvchi g'ovak tuzilishga egaligini tasdiqlash imkonini beradi.

7. Xitozan asosidagi plyonka materiallarining (Xtz/Gls/ZnO) bioparchalanishi turli pH muhitlarida, ya'ni pH=5,5; 7,0; va 8,5 da o'rganilda, eng yaxshi bioparchalanish sharoiti kuchsiz ishqoriy muhitda (pH=8,5) kuzatildi. Shuningdek, xitozan asosidagi plyonka materiallari (Xtz/Gls) «Farg'ona yog'-moy» AJ da atrof-muhit obyektlari va texnologik eritmalardan mis (II) ionlarini aniqlash va ajratib olish uchun tavsiya etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
PhD.03/30.12.2019.К.05.01 ПРИ ФЕРГАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА

МАХКАМОВА НАЗОКАТ ОБИДЖОН КИЗИ

**ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА**

02.00.10-Биоорганическая химия

**АВТОРЕФЕРАТ диссертации доктора философии (PhD)
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Фергана–2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.1.PhD/K733.

Докторская диссертация выполнена в Национальном университете Узбекистана.

Автореферат диссертации доктора философии (PhD) на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета при Ферганском государственного университета (www.fdu.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net.uz).


Научный руководитель:	Хантбаев Алишер Хамидович доктор химических наук, профессор
Официальные оппоненты	Шомуротов Шавкат Абдуганевич доктор химических наук, профессор
	Нишонов Миркозижон доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Ташкентский фармацевтический институт


Защита диссертации состоится "14" 11 2024 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета № PhD.03/30.12.2019.K.05.01 при Ферганском государственном университете (Адрес: 150100, г. Фергана, ул. Мураббийлар, 19-дом. Тел.: (+99873) 244-44-02; факс: (+99873) 244-44-93).


С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ферганского государственного университета (регистрационный номер № 413). (Адрес: 150100, г. Фергана, ул. Мураббийлар, 19-дом. Тел.: (+99873) 244-44-02; факс: (+99873) 244-44-93; e-mail: farduinfo@mail.uz).

Автореферат диссертации разослан "31" 10 2024 года.
(Протокол рассылки № _____ от " _____ " 2024 года).




В.У.Хужаев
Председатель Научного совета по
присуждению учёной степени, д.х.н.,
профессор


Ш.Ш.Тургунибаев
Учёный секретарь Научного
совета по присуждению учёной
степени, PhD


Ш.В.Абдуллаев
Председатель Научного семинара
при научном совете по присуждению
учёной степени, д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время с ростом мирового спроса на биополимеры наблюдается их широкое применение в пищевой промышленности, сельском хозяйстве, медицине и других производственных отраслях. В частности, использование биополимеров на основе хитина и его производного – хитозана, который является природным полимером, заменяющим синтетические аналоги, приобретает особую важность благодаря их экологической чистоте, отсутствию токсичности, биосовместимости и антимикробным свойствам. Особенно важно повышение эффективности применения этих биополимеров. Например, биопленочные материалы на основе хитозана, обладающие биоразлагаемыми, гидрофильными и гидрофобными, а также сорбционными свойствами, играют значительную роль в увеличении срока годности пищевых продуктов при упаковке, а также в извлечении тяжелых металлов из технологических растворов.

В мире ведутся обширные исследования по получению хитозана из различных источников, а также по улучшению качества композитных материалов на его основе, анализируя их физико-химические свойства с использованием современных исследовательских методов. В этом направлении особое внимание уделяется получению модифицированных пленочных материалов с различным составом хитозана, исследованию их термических, оптических, структурных характеристик, поверхностного заряда, проводимости, термостойкости, а также повышению антиоксидантных свойств и биологической активности.

В нашей Республике достигнуты важные результаты в области охраны окружающей среды, улучшения санитарного и экологического состояния, а также в создании импортозамещающих национальных продуктов на основе местных сырьевых источников и их внедрения в практику. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы поставлены задачи по «обеспечению устойчивости национальной экономики и продолжению промышленной политики, направленной на увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте, с целью увеличения объемов промышленного производства в 1,4 раза»¹. Одной из основных задач для достижения этой цели является глубокая переработка местного сырья для получения новых импортозамещающих полимерных композиционных материалов на основе хитозана, что способствует расширению ассортимента новых продуктов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, Постановлении Президента Республики Узбекистан от 12 августа 2020 года № ПП-4805 «О мерах по повышению качества непрерывного образования и результативности науки по

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года.

направлениям «химия» и «биология», а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Изученность проблемы. В развитых странах мира проведено множество научных исследований, посвященных получению хитина и хитозана из различных видов насекомых и дальнейшему развитию областей их применения. В частности, Xeng Cheng занимался разработкой мультикомпозитных материалов на основе хитозана для защиты от ультрафиолетового излучения, П.А. Байимирза исследовал бионаполнительные композитные материалы на основе хитозана, устойчивые к поглощению влаги, а Brahmeshwar Mishra, Madhusmita Mishra и Sarita Kumari Yadav проводили научные и прикладные работы по изучению биологической активности аэрозолей на основе хитозана против бактерий.

Особое значение имеют научные исследования узбекских ученых, таких как С.Ш.Рашидовой, Н.Р.Вохидовой, А.А.Атаханова, В.О.Кудышкина, Н.Ш.Ашурова, Р.Ю.Миллушевой, Г.А.Ихтияровой, А.Х.Хаитбаева и других, посвященные производным хитина и хитозана. В Институте химии и физики полимеров Академии наук Узбекистана проведены широкомасштабные научные исследования по получению различных композитов хитозана и его производных, полученных из коконов шелкопряда (*Bombyx mori*), с синтетическими полимерами и изучению их биологической активности.

Однако в Республике не проводились исследования по изучению сорбционных, десорбционных и поверхностных свойств, биологической активности (против бактерий и грибов) и степени острой токсичности композитных пленочных материалов на основе хитозана различного состава, полученного из вредного насекомого *Calliptamus italicus L.*, встречающегося на территории страны.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках фундаментальных проектов научно-исследовательской работы кафедры органического синтеза и прикладной химии Узбекского национального университета по теме «Выделение биологически активных веществ из природных соединений».

Целью исследования получение композиционных материалов на основе хитозана, а также определение их структуры и свойств.

Задачи исследования:

оптимизирование процессов получения хитина и хитозана из *Calliptamus italicus L.*, широко распространенного в республике, а также определение степени деацетилирования и молекулярной массы полученного хитозана;

получение различных композиционных материалов на основе хитозана и модифицирование их биологически активными веществами, изучив их состав

и структуру с помощью современных физико-химических методов исследования;

исследование сорбционных и десорбционных свойств полученных композиционных материалов на основе хитозана с помощью методов оптической спектроскопии;

изучение изотерм адсорбции азота, бензола и водяного пара на полученных образцах хитозана и его композитных пленках;

определение условий биodeградации полученных композитных пленочных материалов на основе хитозана;

исследование биологической активности (антибактериальные и противогрибковые свойства) и степени острой токсичности полученных композитных материалов на основе хитозана;

определение областей применения новых композитных материалов на основе хитозана в практике.

Объектом исследования является представитель класса прямокрылых – степная саранча (*Calliptamus italicus L.*).

Предметом исследования является изучение термической стабильности, адсорбционных показателей, условий биodeградации в почве и биологической активности различных композитных материалов на основе хитозана по отношению к некоторым штаммам грибов и бактерий.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы теоретические и экспериментальные методы исследования с применением современных методов, таких как УФ-, ИК- и Раман-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, рентгеновский порошковый анализ, термогравиметрический анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, вискозиметрия, кондуктометрия, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой и молекулярный докинг.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые из местного сырьевого источника *Calliptamus italicus L.* был получен хитин, а из него хитозан с молекулярной массой 355 кДа и высокой степенью деацетилирования;

с помощью метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) было определено содержание 30 элементов в составе *Calliptamus italicus L.*, а также подтверждена степень депотеинизации на уровне 98,07 % методом органического элементного анализа;

получены композитные материалы на основе хитозана, модифицированные различными биологически активными веществами (Xtz/Gls/ZnO/Бензилпенициллин, Xtz/Gls/ZnO/Ампициллин, Xtz/Gls/ZnO/Сульфаниламид);

определены уровни токсичности (LD₅₀) различных композитных материалов на основе хитозана, а также их биологическая активность против некоторых микроорганизмов, встречающихся в организме человека;

впервые установлено, что композитная пленка на основе Xtz/Gls/ZnO полностью биodeградирует под почвой в слабощелочной среде за ±20 дней, в нейтральной среде за ±50 дней и в слабокислотной среде за ±70 дней.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: выявлено, что композитная пленка на основе хитозана (Xtz/Gls/ZnO) эффективно сохраняет натуральное состояние экспортируемых фруктов при их упаковке;

установлено, что композитная пленка на основе Xtz/Gls/ZnO и В-пенициллина проявляет антимикробную активность в отношении штамма бактерии *Bacillus subtilis* (зона ингибирования составляет 26 мм).

Достоверность результатов исследования. Научные исследования проводились с использованием современных физико-химических методов анализа (УФ-, ИК- и Раман-спектроскопия, SEM, EDX, XRD, DLS, АКМ, TGA, ICP-MS, рентгенофлуоресцентный анализ и измерение изотерм адсорбции с помощью вакуумного устройства).

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется получением хитозана и композиционных материалов на его основе из местного сырья (*Calliptamus italicus* L.), а также модификацией этих образцов природными и синтетическими антибиотиками (бензилпенициллин, ампициллин, сульфаниламид) и изучением их биологической активности в отношении *gramm(+)* и *gramm(-)* бактерий..

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что композиционные материалы различного состава на основе хитозана, полученного из *Calliptamus italicus* L., продемонстрировали наилучший ингибирующий эффект в отношении штамма бактерий *Bacillus subtilis*, а также могут быть использованы в практике очистки сточных вод от ионов меди (II).

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных при создании новых композиционных пленочных материалов на основе хитозана из сырья *Calliptamus italicus* L. и их применения:

Стандарт организации для плёнки, изготовленной на основе хитозана из *Calliptamus italicus* L., был утверждён Экспертной группой Комитета по санитарно-эпидемиологическому благополучию и общественному здоровью Республики Узбекистан (Справка № 31-8/85 от 26 января 2024 года, Тс 200845944-113:2024). В результате это позволило создать плёночные материалы на основе хитозана, повышающие эффективность хранения пищевых продуктов.

Композитный плёночный материал на основе хитозана был внедрён в практику на АО «Фаргона ёғ-мой» (Справка № 01/455 от 22 сентября 2023 года). В результате это позволило эффективно очищать объекты окружающей среды и технологические растворы от ионов $Cu(II)$.

Апробация результатов исследования. Основные результаты данного исследования обсуждались на 12 научно-практических конференциях, в том числе на 4 международных и 8 республиканских.

Опубликование результатов исследования. По теме и материалам диссертации опубликовано 23 научных работ, в том числе 4 научных статей, 2 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и

инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора философии (PhD).

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 115 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, характеризуются объекты и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о состоянии внедрений в практику результатов исследования, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Источники хитина в природе, получение, степень деацетилирования, молекулярная масса, структура и биологическая активность (обзор литературы)»** представлены данные о распространении хитина и хитозана в природе, методах их извлечения из различных сырьевых источников, их физико-химических свойствах, биологической активности и областях применения. В качестве наиболее доступных источников хитина указаны насекомые. При использовании насекомых в качестве источника для получения хитозана установлено, что его средняя молекулярная масса составляет от 3 кДа до 786 кДа. По результатам анализа установлено, что хитин и хитозан, полученные из насекомых, обладают значительно большей антибактериальной активностью по сравнению с хитином и хитозаном, полученными из ракообразных. Биологическая активность этих соединений зависит от типа источника, степени деацетилирования и молекулярной массы. Также представлены результаты исследований соединений хитина и его производного хитозана.

Во второй главе диссертации **«Получение хитина и хитозана из местного сырья *Calliptamus italicus* L., модификация различных композитных материалов на основе хитозана биологически активными веществами (анализ полученных результатов)»** описывается процесс получения хитина и хитозана из природного сырья *Calliptamus italicus* L., а также анализ различных композитных материалов на основе хитозана с помощью современных физико-химических методов исследования.

При получении хитина из *Calliptamus italicus* L. были проведены этапы делипидизации, деминерализации, депротеинизации и депигментации для удаления различных белков, минералов и липидов из сырья. На основе результатов элементного анализа органических элементов (CHNS) полученного хитина (C=41.31 %, H=6.62 %, N=7.21 %) было определено, что содержание белка составляет 1.93. Содержание белков в хитине составляет

1.93%, что указывает на чистоту процесса депротеинизации на уровне 98.06% (100 - 1.93). Выход хитина относительно массы исходного сырья составил 11.1%. По результатам элементного анализа методом ICP-MS на этапе деминерализации было установлено, что основными компонентами минеральной части хитина из *Calliptamus italicus L.* являются ионы металлов $^{20}\text{Ca}^{42}$, $^{19}\text{K}^{39}$, $^{30}\text{Zn}^{66}$ и $^{11}\text{Na}^{23}$, а также неметаллические элементы $^{16}\text{S}^{32}$, $^{34}\text{Se}^{82}$, $^{15}\text{P}^{31}$, $^{14}\text{Si}^{28}$, $^5\text{B}^{11}$ и $^{33}\text{As}^{75}$. Среди них особенно много $^{15}\text{P}^{31}$ и $^{14}\text{Si}^{28}$. Высокое содержание $^{15}\text{P}^{31}$ можно объяснить присутствием в минеральной части $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Путем деацетилирования полученного хитина был получен его производный хитозан. Степень деацетилирования полученного хитозана была определена различными методами (по элементному анализу (CHNS) 86,4%, кондуктометрическим титрованием 87,6%, методом ИК-спектроскопии 84,7%).

Для идентификации строения полученного хитозана были получены ИК-спектры. Результаты ИК-спектроскопии следующие: валентные колебания и деформационные поглощения наблюдаются в областях: $\nu_{\text{OH}}=3439 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{N-H}}=3295 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{C-H}}=2981 \text{ и } 2889 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{(NH}_2\text{(CO))}}=1618 \text{ см}^{-1}$, $\delta_{\text{NH}_2}=1552 \text{ см}^{-1}$, $\delta_{\text{CH}_2}=1420 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{C-O-C}}=1154 \text{ и } 1113 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{C-O}}=1376 \text{ см}^{-1}$.

Хитозан, полученный из *Calliptamus italicus L.*, был исследован с использованием капиллярной вискозиметрии, и средняя молекулярная масса ($M_r = 355 \text{ кДа}$) была определена с помощью формулы Марка-Хаувинка.

Для оценки кристалличности и структуры полученного хитозана был проведен рентгеновский анализ (XRD). Результаты показали наличие двух расширенных дифракционных пиков при $2\theta = 9.56$ и $2\theta = 20.21$ в диапазоне 2θ от 5° до 45° (Рис. 1).

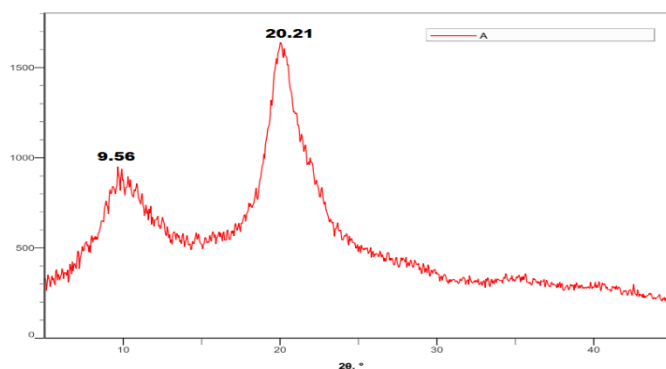


Рис. 1. Рентгеновский дифракционный спектр хитозана, полученного из *Calliptamus italicus L.*

В целом, хитин, полученный из насекомых, характеризуется высокой степенью кристалличности, так как экзоскелет насекомых твердый и структурно прочный. Исходя из расположения и интенсивности рентгеновских дифракционных пиков хитозана, полученного из *Calliptamus italicus L.*, была определена степень кристалличности, которая составила 46,7%.

Для определения заряда частиц хитозана в подготовленном растворе и стабильности коллоидного раствора были исследованы значения зета-потенциала и динамического светорассеяния (DLS).

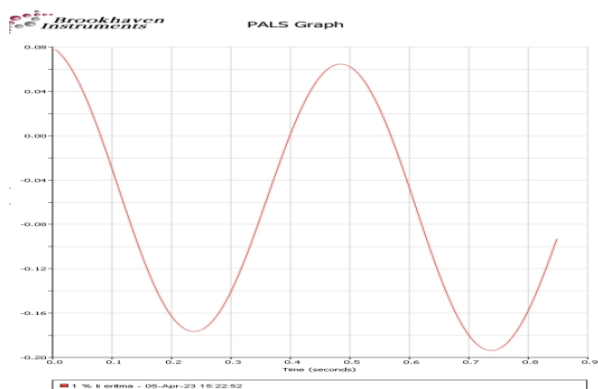


Рис. 2. Зета-потенциал раствора хитозана, полученного из *Calliptamus italicus* L.

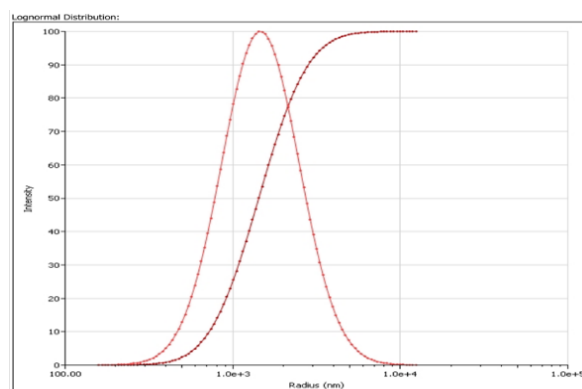


Рис. 3. Значение DLS раствора хитозана, полученного из *Calliptamus italicus* L.

Для этого был измерен зета-потенциал 1% раствора хитозана в уксусной кислоте (pH=4.78), который составил 27.28 мВ, а значение подвижности - 2.84 ($\mu\text{s}/(\text{V}/\text{sm})$) (Рис.2). Значение зета-потенциала раствора хитозана отражает движение молекул хитозана к одному из электродов (электростатическое притяжение) и время, затраченное на это движение (значение подвижности). Чем выше значение этого электростатического притяжения (например, выше 30 мВ), тем стабильнее считается раствор. С помощью метода динамического светорассеяния (DLS) были определены диапазон размеров частиц и их полидисперсность в растворе хитозана. Размер частиц хитозана был измерен на основе временных колебаний рассеяния лазерного света, и было установлено, что распределение частиц составляет 1.461 нм, а полидисперсность равна 0.326 (Рис.3). Чем меньше значение полидисперсности частиц хитозана, тем равномернее распределяются композиционные материалы, полученные на его основе.

На основе вышеуказанных результатов был получен композитный пленочный материал на основе хитозана (Xtz/Gls/ZnO) массовым составом 1:0.5:0.02, и для детального изучения структуры его поверхности был проведен анализ с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) и энергодисперсионной спектроскопии (EDS) для определения химического состава элементов на поверхности. Полученные изображения показывают наличие разрывов и пор, связанных с межфазными границами между компонентами и матрицей хитозана (Рис. 4-а). Это подтверждает, что полученная пленка является композитным материалом на основе хитозана.

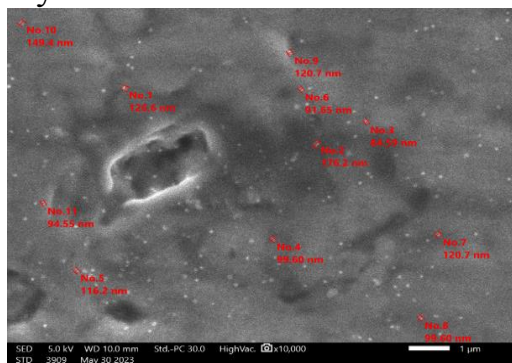


Рис. 4.а. SEM изображения композитных материалов (Xtz/Gls/ZnO)

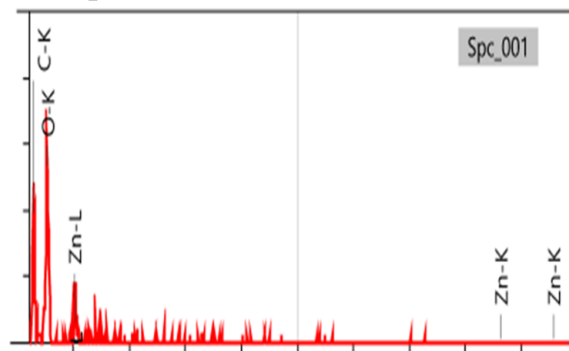


Рис. 4.б. EDS спектр композитных материалов (Xtz/Gls/ZnO)

Из результатов EDS анализа видно, что содержание цинка в составе композита составляет 10.5% (рис. 4.б).

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) является одним из идеальных методов для изучения адсорбционных свойств и поверхности модифицированных пленочных материалов на основе хитозана. Для изучения поверхности материалов (Xtz/Gls – композит хитозана с глицерином, Xtz/Gls/ZnO – композит хитозана с глицерином и оксидом цинка и Xtz/Gls/ZnO/B-*pen* – композит хитозана с глицерином, оксидом цинка и пенициллином) были получены АСМ изображения.

Результаты показали, что при сравнении изображений композита Xtz/Gls/ZnO/B-*pen* с первоначальным пленочным материалом Xtz/Gls можно увидеть, что в результате модификации количество и размер складок на поверхности увеличились (Рис. 5).

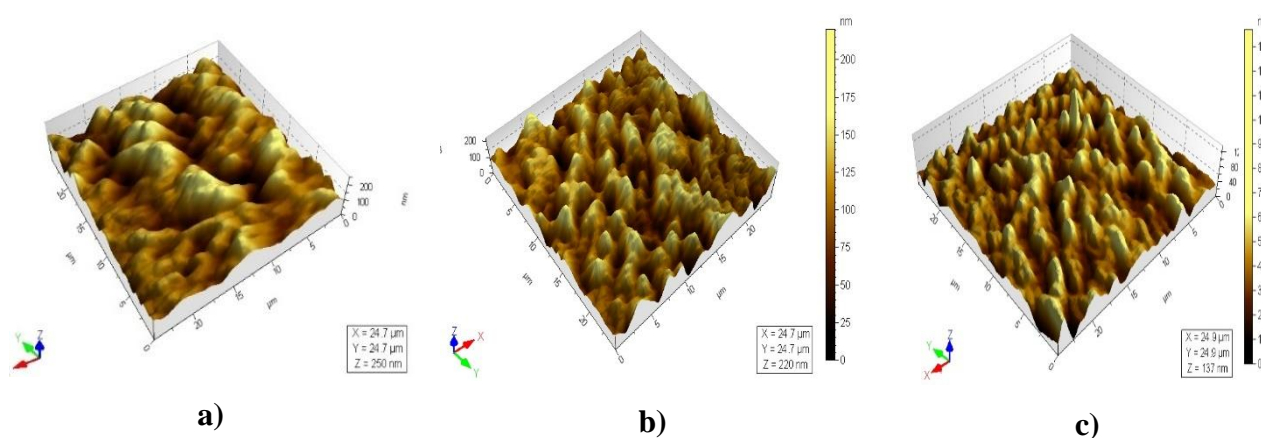


Рис. 5. АСМ изображения композитных материалов на основе хитозана. а) Xtz/Gls; б) Xtz/Gls/ZnO; в) Xtz/Gls/ZnO/B-*pen* композитный образец

Это помогает лучше понять химические и физические свойства поверхности пленки.

Для определения термической стабильности полученных композитных материалов на основе хитозана был проведен их TGA-анализ в диапазоне от 25°C до 800°C. Чем выше термическая стабильность композитных пленок на основе хитозана, тем более широкие возможности они предоставляют для использования в различных процессах. Это является одной из важных характеристик композитных пленок на основе хитозана.

Для этого были сравнительно изучены образцы Xtz/Gls и его модифицированный вариант Xtz/Gls/ZnO/B-*pen*. На первом этапе, в диапазоне от 40°C до 150°C, наблюдалась потеря массы за счет испарения молекул воды, содержащихся в Xtz/Gls. На втором этапе потеря массы происходила за счет разложения молекул хитозана и глицерина (Рис. 6). Наибольшая потеря массы наблюдалась при 472°C, энергия разложения составила 93.5 мВ.

Из результатов TGA-анализа видно, что добавление новых компонентов, в том числе ZnO, в состав хитозана повышает его термическую стабильность на 30°C (Рис. 7).

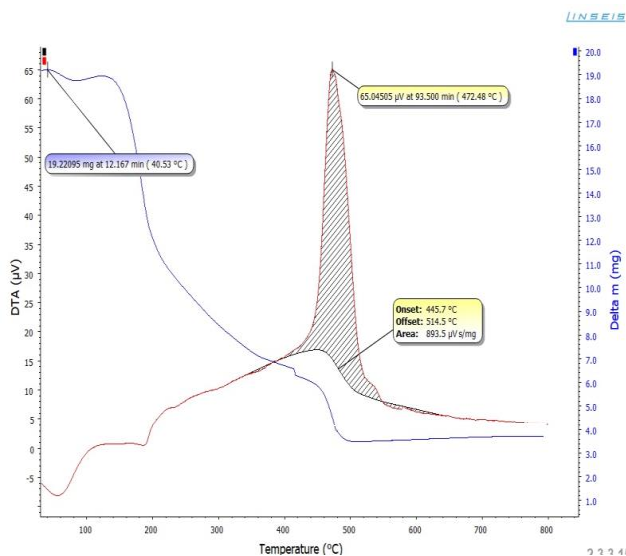


Рис.6. Термогравиметрический анализ пленочного материала Xtz/Gls

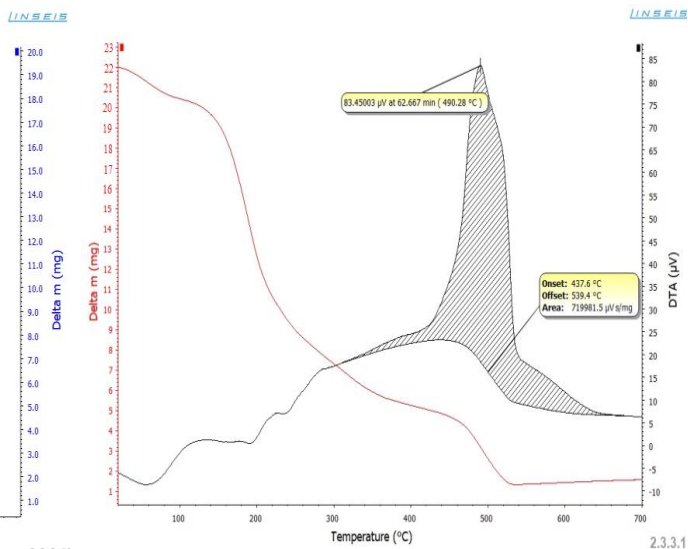


Рис.7. Термогравиметрический анализ пленочного материала Xtz/Gls/ZnO/B-phen

В образце Xtz/Gls/ZnO/B-phen потеря массы происходила в три этапа. Первая потеря массы была связана с испарением воды, вторая – с разложением бензилпенициллина при 263°C, а основная потеря массы на третьем этапе – с разложением хитозана при 490°C (рис. 7).

В сравнении с исходным композитным материалом, у модифицированного композита наблюдается более высокая термическая стабильность. Это можно объяснить увеличением внутренних водородных связей, возникающих в результате модификации ZnO и биологически активным веществом.

Для определения влияния различных областей применения композитных материалов на основе хитозана Xtz/Gls/ZnO были изучены их десорбционные свойства в зависимости от среды и времени. Исследование проводилось в средах с различными значениями pH (pH=5.5, pH=7 и pH=8.5), и переход композитных материалов в раствор определялся с помощью УФ-спектрофотометра. Были зафиксированы соответствующие сигналы для хромофорных групп в составе композита. Наибольшая оптическая плотность наблюдалась в области длин волн 190–220 нм.

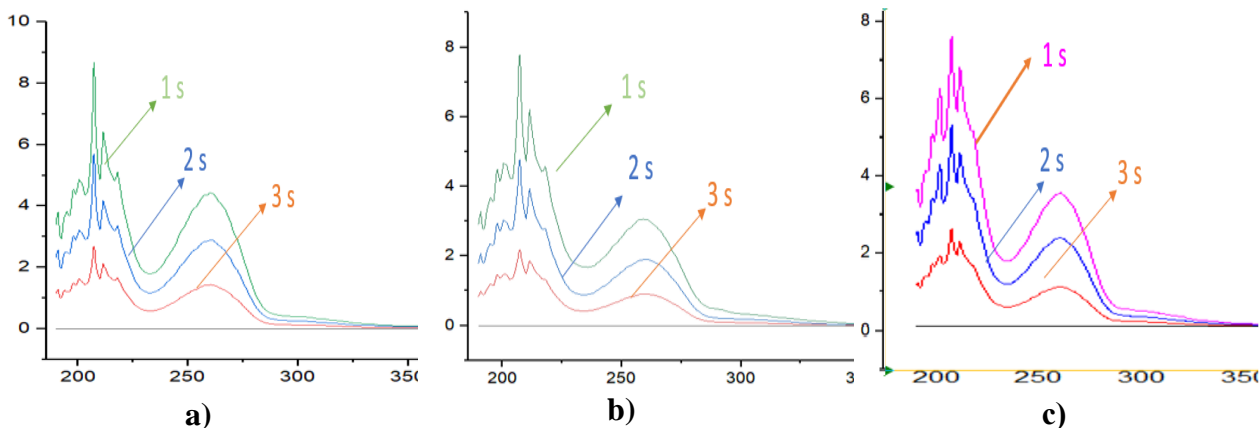


Рис. 8. Влияние времени и среды на десорбционные свойства композитного материала Xtz/Gls/ZnO: а) pH=5.5; б) pH=7; в) pH=8.5.

Обычно соответствующие переходы $n-\sigma$ или $\pi-\pi^*$ для $-\text{NH}_2$, $-\text{CO}$, $-\text{COOH}$ и эфиров наблюдаются в области 190–230 нм. При изучении десорбированных растворов композитных образцов хитозана в диапазоне 190–260 нм были зафиксированы сигналы, относящиеся к функциональным группам $-\text{NH}_2$, $-\text{CO}$ и $\text{NH}_2(\text{CO})\text{CH}_3$ полимераминаполисахарида хитозана. Сигналы в диапазоне 260–300 нм соответствуют глицерину. Наблюдалось увеличение оптической плотности соответствующих длин волн в зависимости от времени (Рис. 8). На основе вышеуказанных данных было установлено, что оптимальные условия десорбции для композита Xtz/Gls/ZnO находятся в слабощелочной среде.

Из УФ-спектров десорбции композитов хитозана можно сделать вывод, что композитные материалы хитозана десорбируются под воздействием слабокислой, нейтральной и слабощелочной среды. Все компоненты, включенные в состав, переходят в раствор, что подтверждается результатами анализа Рамана. Для изучения зависимости десорбционных свойств композитного пленочного материала Xtz/Gls/ZnO от времени и среды, растворы в трех различных средах были исследованы, сравнивая их спектры Рамана с новыми растворами через каждый час. Для процесса десорбции композитного пленочного материала Xtz/Gls/ZnO были выбраны среды с $\text{pH}=5.5$; $\text{pH}=7.0$; $\text{pH}=8.5$.

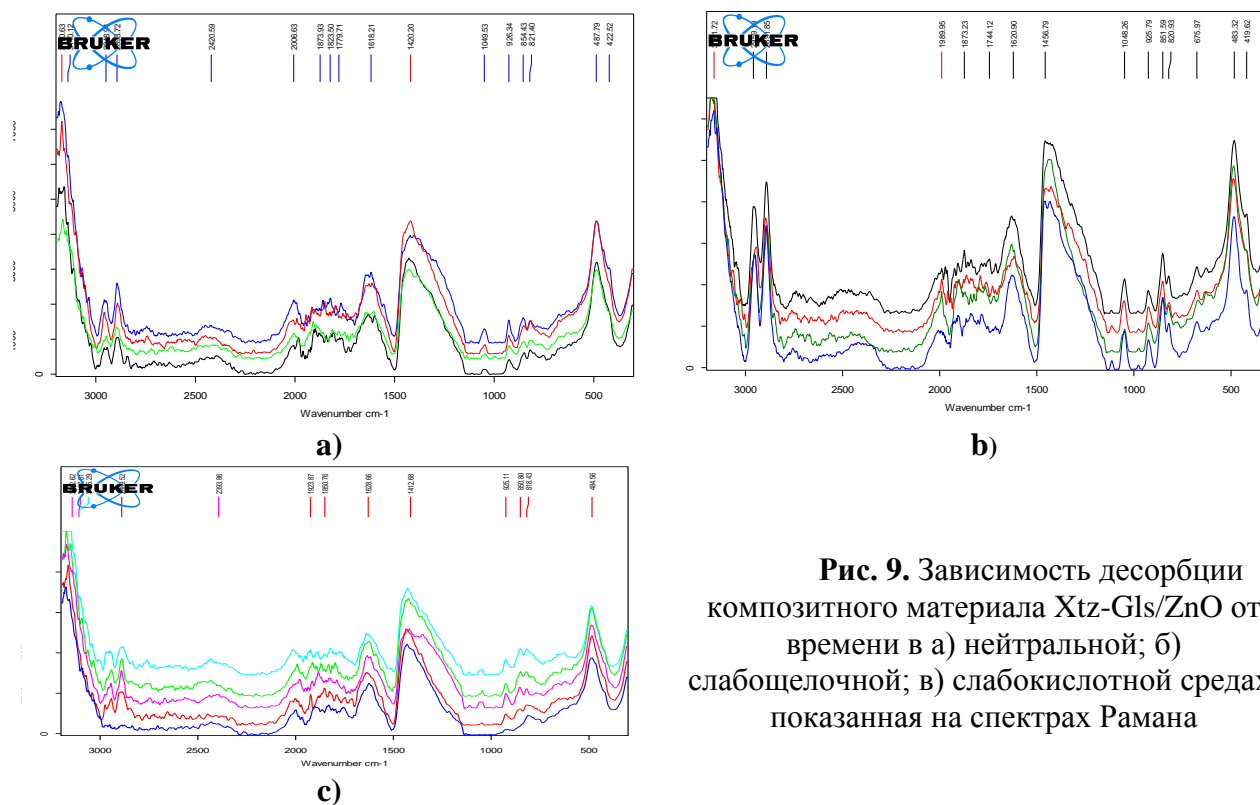


Рис. 9. Зависимость десорбции композитного материала Xtz-Gls/ZnO от времени в а) нейтральной; б) слабощелочной; в) слабокислотной средах, показанная на спектрах Рамана

Из полученных спектров Рамана видно, что десорбция композитного пленочного материала Xtz/Gls/ZnO в нейтральных, слабощелочных и слабокислотных растворах увеличивается со временем, при этом интенсивность сигналов, соответствующих включенным компонентам, также возрастает. При сравнении спектров десорбированных растворов с растворителями на рисунках 9а, 9б и 9с было установлено, что наиболее

благоприятные условия для десорбции данного образца наблюдаются в слабокислотной среде.

В десорбированном растворе композита для хитозана в Раман спектрах наблюдались валентные колебания групп $-OH$ и $-NH_2$ в области 3312 см^{-1} и 3277 см^{-1} , валентные колебания группы $-CH_2OH$ для группы CH_2 при 2889 см^{-1} . Амидная группа I в составе хитозана проявила себя при 1628 см^{-1} , а деформационные колебания для группы CH_2 были зафиксированы при 1412 см^{-1} . В составе композита также были обнаружены новые сигналы, соответствующие ZnO , при 926 см^{-1} .

Для определения явлений, происходящих на поверхности композитных материалов на основе хитозана (Xtz , $Xtz/Gls/ZnO$, $Xtz/Gls/ZnO/B-pen$), и закономерностей адсорбции были изучены адсорбция азота, водяного пара и паров бензола.

С помощью адсорбционных изотерм азота на образцах Xtz , $Xtz/Gls/ZnO$ и $Xtz/Gls/ZnO/B-pen$ были определены удельная поверхность, пористость и различия в структуре образцов (Таблица 1). Образец $Xtz/Gls/ZnO/B-pen$, согласно методу БЭТ, обладает наибольшей удельной поверхностью и самым большим объемом мезопор, что указывает на более развитую пористую структуру по сравнению с образцами Xtz и $Xtz/Gls/ZnO$. Это, вероятно, связано с физической адсорбцией азота, приводящей к образованию дополнительных пор в структуре $Xtz/Gls/ZnO/B-pen$.

Таблица 1

Адсорбционные показатели образцов хитозана на основе изотерм адсорбции азота

Образец	$S_{БЭТ}$, $м^2/г$	$S_{Ленг}$, $м^2/г$	t-Plot, $м^2/г$	a_m , ммоль/г	Микро V_a , $см^3/г$	Мезо V_b , $см^3/г$	D, нм
Xtz	0,66	1,6884	1,7985	0,0025	0,00069	0,006	4,12
Xtz/Gls/ZnO	0,93	1.7821	2,5781	0,0029	0,00194	0,0128	5,09
Xtz/Gls/ZnO/B-pen	1,93	5.1081	5,0583	0,0143	0,00087	0,020	4,25

Полученные результаты показывают, что размеры мезопор и микропор для всех образцов практически одинаковы, что свидетельствует о сходстве их микроструктурных характеристик. Меньшая адсорбционная способность образца Xtz по удержанию азота может быть связана с более плотной упаковкой межслоевых промежутков из-за меньшего количества микропор на его поверхности и в структуре.

Изучение адсорбционных изотерм паров бензола на образцах Xtz , $Xtz/Gls/ZnO$ и $Xtz/Gls/ZnO/B-pen$ показало, что при низких относительных давлениях изотермы адсорбции повышаются, что свидетельствует о начальной адсорбции паров бензола на поверхностях с высоким адсорбционным потенциалом. Композит $Xtz/Gls/ZnO/B-pen$ продемонстрировал самую высокую адсорбцию бензола при различных относительных давлениях по сравнению с Xtz и $Xtz/Gls/ZnO$. Это указывает на наличие большего

количества пор и адсорбционных центров, способных удерживать бензол в композите Xtz/Gls/ZnO/B-pen.

На основании полученных результатов анализа в таблице 2 представлены показатели пористой структуры, полученные из изотермических данных адсорбции паров бензола.

Таблица 2

Адсорбционные показатели образцов хитозана на основе изотерм адсорбции паров бензола

Образец	S _{ВЕТ} , м ² /Г	a _м , ммоль/Г	Микро V _а , см ³ /Г	Мезо V _б , см ³ /Г	r, нм
Xtz	27,45	0,114	0,041	0,018	4,33
Xtz/Gls/ZnO	40,96	0,170	0,041	0,020	2,95
Xtz/Gls/ZnO/B- pen	42,22	0,175	0,048	0,021	3,25

Образец Xtz/Gls/ZnO показал меньшую адсорбцию бензола по сравнению с образцом Xtz/Gls/ZnO/B-pen, но более высокую по сравнению с исходным образцом Xtz. Это связано с возможными изменениями в пористой структуре Xtz/Gls/ZnO. Исходный образец хитозана продемонстрировал самую низкую скорость адсорбции, что, вероятно, связано с меньшей общей пористостью или более плотным размещением макромолекул, что указывает на меньшее количество адсорбционных центров.

При изучении адсорбции водяного пара композитных образцов хитозана Xtz, Xtz/Gls/ZnO и Xtz/Gls/ZnO/B-pen было установлено, что мезопористая структура хитозана значительно влияет на адсорбцию. Кроме того, на эффективность адсорбции полярных соединений влияют как функциональные группы композита, так и полярность самого адсорбата.

Во всех случаях удельная поверхность, определенная методом БЭТ, увеличивалась от хитозана к образцу Xtz/Gls/ZnO/B-pen. Это показывает, что после успешной модификации материалов на основе хитозана они приобретают большую удельную поверхность по сравнению с исходным веществом, что свидетельствует о повышении их адсорбционной способности. Образец Xtz/Gls/ZnO продемонстрировал больший объем микропор и общий объем пор по сравнению с исходным образцом. Адсорбционные показатели хитозана и композитных пленочных образцов на основе изотерм адсорбции водяного пара представлены в таблице 3.

Таблица 3

Адсорбционные показатели образцов хитозана на основе изотерм адсорбции водяного пара

Образец	S _{БЭТ} , м ² /Г	a _м , ммоль/Г	Микро V _а , см ³ /Г	Мезо V _б , см ³ /Г	r, нм
Xtz	74,75	1,150	0,151	0,092	6,53
Xtz/Gls/ZnO	104,35	1,605	0,098	0,082	3,45
Xtz/Gls/ZnO/B-pen	131,82	2,028	0,158	0,059	3,29

По сравнению с исходным образцом хитозана, полученные композиционные материалы обладают более развитой пористой структурой и большей удельной поверхностью, что обеспечивает их высокие адсорбционные свойства. Вначале в образцах наблюдалась мономолекулярная адсорбция, затем полимолекулярная адсорбция.

Полученный полимерный композиционный материал обладает катионитными свойствами, его статическая обменная емкость (СОЕ) по кислоте составляет 2,43 мг-экв/г. Было изучено поглощение ионов Cu(II) в статических условиях из различных по концентрации искусственно приготовленных растворов $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ с использованием полимерного композиционного материала на основе хитозана (Xtz/Gls/ZnO) в форме H^+ .

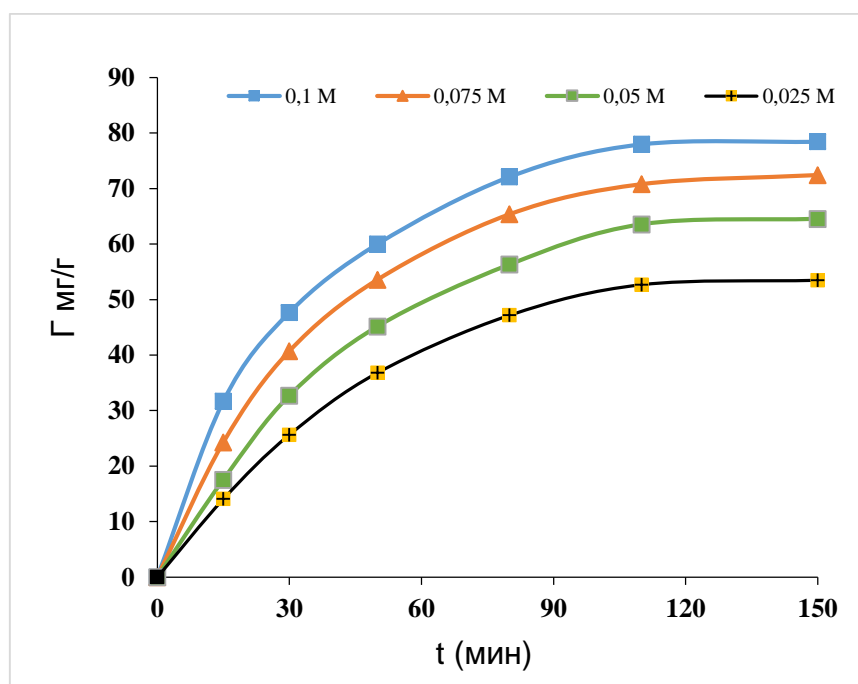


Рис. 10. Кривые кинетики сорбции ионов Cu(II) на материале Xtz/Gls/ZnO. 298 К. pH=5

Для этого исследования проводились при pH раствора в диапазоне от 2 до 5 и температуре 298 К. При pH раствора равном 5, композит Xtz/Gls/ZnO адсорбировал 78,4 мг/г Cu(II) (Рис. 10).

Низкая адсорбция ионов меди композитом в сильно кислой среде, вероятно, обусловлена конкуренцией между ионами Cu(II) и H^+ . При pH раствора > 6 происходит переход Cu(II) в $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Поэтому оптимальное значение pH для адсорбции ионов Cu(II) составляет 5.

Композитный материал на основе хитозана, полученного из *Calliptamus italicus L.*, был испытан в качестве упаковочного средства для ягод ежевики с учетом его биологических и физических свойств. Для этого свежесобранные, немывые ягоды ежевики были завернуты в композитный материал Xtz/Gls/ZnO, полиэтиленовую пленку и оставлены открытыми. Эти образцы хранились в холодильнике при температуре от -1 до +4 °С. Различия в состоянии ягод при каждом из условий хранения можно увидеть на рисунке 11.

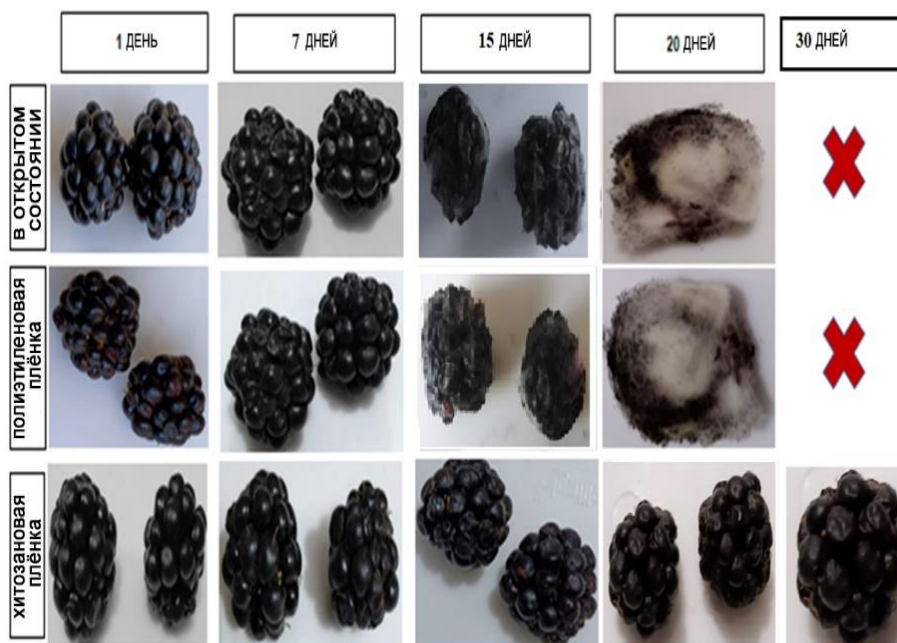


Рис. 11. Хранение ягод ежевики с использованием хитозанового композита и полиэтиленовой пленки

Из этих изображений видно, что ягоды ежевики, хранящиеся в обычной полиэтиленовой пленке и в открытом состоянии, становятся непригодными для употребления и плесневеют в течение около 10 дней. Однако ягоды, упакованные в композитные материалы на основе хитозана, сохраняют свою пригодность в течение около 30 дней. Таким образом, композитные пленочные материалы на основе хитозана позволяют сохранять плоды в пригодном состоянии на более длительный срок.

Полученный композитный пленочный материал (Xtz/Gls/ZnO) был изучен на предмет биodeградации в почве в зависимости от pH среды. Для этого образец Xtz/Gls/ZnO был помещен в три различных среды (pH=5.5; pH=7; и pH=8.5) с использованием одинаковых почвенных образцов для наблюдения за процессом биodeградации (Рис. 12).

Исследования показали, что наиболее оптимальные условия для биodeградации образцов Xtz/Gls/ZnO микроорганизмами – это слабощелочная среда. Это также подтверждается изображениями, сделанными в первые десять дней. Практически полная биodeградация композитных материалов наблюдалась за 20 дней. В других условиях, таких как нейтральная среда, полная биodeградация происходила за 50 дней, а в слабокислотной среде за 70 дней.

Причиной биodeградации пленки на основе Xtz/Gls/ZnO в почве может быть наличие аминогрупп в составе хитозана, которые могут привлекать микроорганизмы, усваивающие азот (фособиумы, азотофиксирующие микроорганизмы).

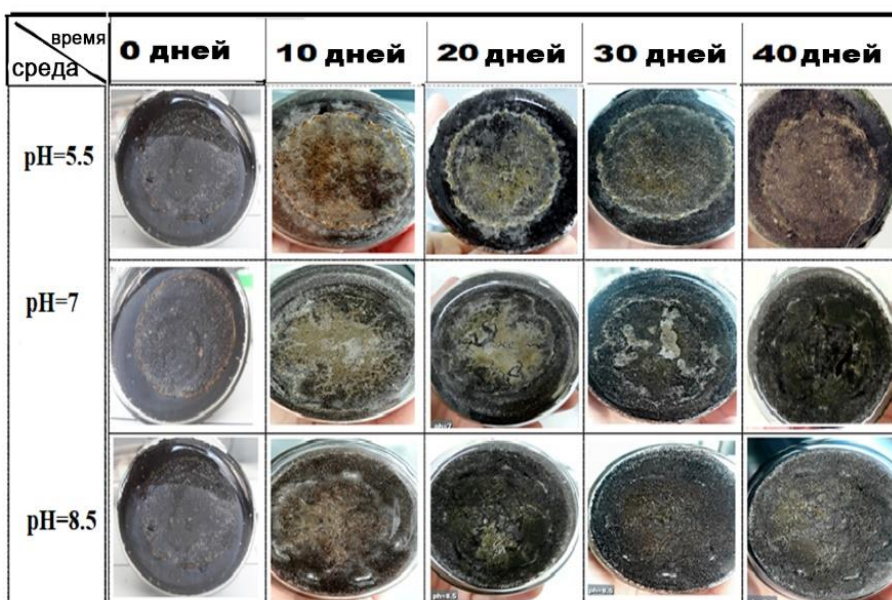


Рис. 12.
Биодеградация
материалов на
основе Xtz/Gls/ZnO
в почве с
различным pH

В третьей главе диссертации «**Биологическая активность различных композитных материалов на основе хитозана**» изучены теоретические и практические аспекты биологической активности различных композитных материалов на основе хитозана. Для этого были проведены симуляции с помощью молекулярного докинга для изучения связывания хитозана и различных конформеров ZnO с белком 7ВНУ. С помощью методов молекулярного докинга была рассчитана энергия связывания для устойчивых комплексов каждого конформера (от -14,04 до +1,13 ΔG) между белком 7ВНУ, относящимся к *Bacillus subtilis*, и различными конформерами молекул хитозана и ZnO. В методе молекулярного докинга отрицательная энергия связывания указывает на сильное взаимодействие между лигандом и рецептором. Значение $\Delta G = -14,04$ показало наивысшую энергию связывания, что свидетельствует о благоприятном режиме связывания с белком бактерии (Рис. 13). Полученные результаты показывают, что в условиях, смоделированных в этом исследовании, хитозан не образует стабильных комплексов с белком 7ВНУ ($\Delta G = +1,13$).

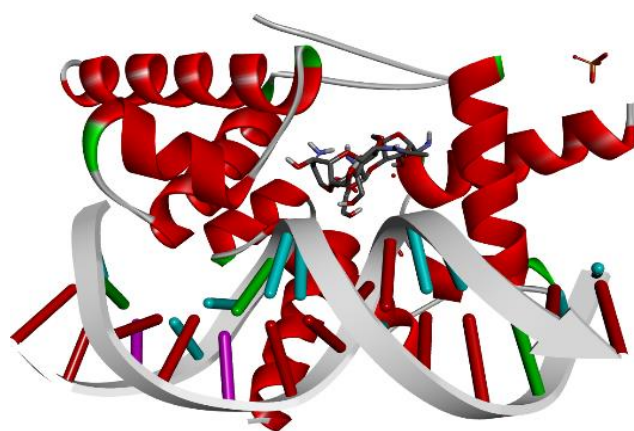


Рис.13. Связывание Xtz/ZnO с остатками аминокислот белка

На основе теоретически полученных данных была изучена антимикробная биологическая активность композитных образцов хитозана, полученных из *Calliptamus italicus L.*, против некоторых тестовых штаммов

(*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Candida albicans*) в практических условиях.

Полученные результаты показали, что среди исследованных образцов наибольшую биологическую активность продемонстрировал композит (Xtz/Gls/ZnO/сульфаниламид) с антагонистическим воздействием на *Staphylococcus aureus* (12 мм), *Bacillus subtilis* (25 мм), *Escherichia coli* (15 мм) и грибок *Candida albicans* (10 мм). Композит (Xtz/Gls/ZnO/B-pen) показал сильное антагонистическое воздействие на *Staphylococcus aureus* (15 мм), *Bacillus subtilis* (26 мм), *Escherichia coli* (18 мм) и грибок *Candida albicans* (13 мм) (рис. 14).

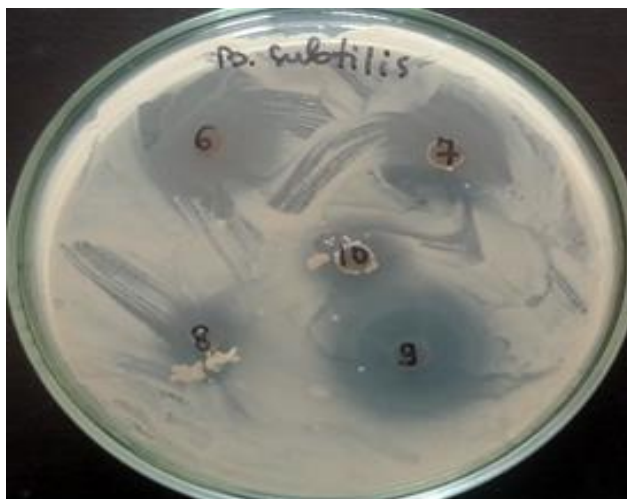


Рис.14. Влияние различных композитов на основе хитозана на бактерию *Bacillus subtilis* (зона ингибирования 26 мм)

1% и 1.5% растворы композитных материалов на основе хитозана, полученного из *Calliptamus italicus L.*, не проявили биологической активности против исследованных штаммов. Однако 2% композитный материал на основе хитозановой пленки продемонстрировал значительную биологическую активность против *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli*. Также было установлено, что добавление ZnO в состав увеличивает биологическую активность композита против тестовых штаммов, включая грибок *Candida sp.* Все остальные образцы показали биологическую активность против исследованных штаммов при соотношении массы компонентов в композите 6:1 и 6:2 по отношению к хитозану. Наиболее эффективным оказался образец с соотношением массы хитозана и бензилпенициллина 6:2 (Xtz/ZnO/Ben-pen), который продемонстрировал наибольшую зону ингибирования.

Токсичность различных композитных материалов на основе хитозана, полученного из *Calliptamus italicus L.*, была изучена на беспородных белых мышах-самцах. Результаты исследований острой токсичности представлены в таблице 4.

Для определения уровней токсичности композитных материалов хитозана использовались растворы №1 (Xtz/ZnO/B-pen), №2 (Xtz в уксусной кислоте), №3 (B-pen) и №4 (1% уксусная кислота). Образцы вводились в желудок мышей с помощью специального зонда в дозах 1000, 1500, 2000 и 2500 мг/кг.

Таблица 4

Значения показателей острой токсичности композитных материалов на основе хитозана при введении образцов в желудок мышей

Группы	Тип животных, пол	Доза, мг/кг, мл	Количество животных в группе/умерших	Средний вес животных (г) (1 день)	Средний вес животных (г) (7 дней)	Средний вес животных (г) (14 дней)	LD ₅₀ с доверительным интервалом
№1	Мышь (самец)	1000	6/0	21	22	24	2050 мг/кг (V класс)
		1500	6/0	22	23	24	
		2000	6/3	21	20	20	
		2500	6/6	20	19	18	
№2		1000	6/0	20	21	22	1780 мг/кг (IV класс)
		1500	6/2	21	22	23	
		2000	6/6	22	21	20	
№3		1000	6/0	20	21	23	2500 мг/кг (V класс)
		1500	6/0	21	22	23	
		2000	6/0	21	22	23	
		2500	6/0	21	21	22	
№4			0,5 ml	6/0	21	22	24
Контроль		0,5 ml	6/0	21	22	25	

Композитные материалы на основе хитозана, полученного из *Calliptamus italicus L.*, были классифицированы как вещества V класса - практически нетоксичные. Результаты, представленные в таблице 4, показывают, что образцы №1 и №3 имеют острые токсические свойства, соответствующие V классу - практически нетоксичные соединения. При однократном введении в желудок средняя летальная доза (LD₅₀) для образца №1 составляет 2050 мг/кг, а для образца №3 - более 2500 мг/кг. Образец №2 классифицируется как вещество IV класса - малотоксичное соединение, с средней летальной дозой (LD₅₀) 1780 мг/кг при однократном введении в желудок.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «**Материалы и методы. Экспериментальная часть**», изложены методы исследования химических изменений и физико-химических свойств хитина, хитозана и композитов на его основе, полученных из *Calliptamus italicus L.*, а также описание методик получения хитозана и различных композитных материалов на его основе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен метод получения образцов хитозана с высокой молекулярной массой и степенью деацетилирования 87,5% из местного сырья (*Calliptamus italicus L.*), широко распространенного в республике, с высоким выходом;

2. При получении хитозановых пленочных материалов рекомендовано использовать 1% раствор уксусной кислоты в качестве растворителя, а также биологически активное вещество ZnO для придания механической прочности.

3. Изучено влияние времени и среды (pH=5,5;7,0; 8.4) на десорбционные свойства различных биологически активных пленочных материалов на основе хитозана. Показано, что для образца Xtz/Gls оптимальной средой для десорбции является слабокислотная среда, а для образцов Xtz/Gls/ZnO и Xtz/Gls/ZnO/В-пенициллин — слабощелочная среда.

4. Значение LD₅₀ для хитозановых пленочных материалов составляет 2050 мг/кг, что указывает на их принадлежность к V классу соединений, которые считаются практически нетоксичными.

5. Изучена биологическая активность различных композитных пленок на основе хитозана против некоторых грамм (+) и грамм (-) бактерий и грибов (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* и *Candida sp.*). Предложено использовать эти пленки в борьбе с указанными микроорганизмами на практике.

6. Исследованы физико-химические свойства пленочных материалов на основе хитозана, что позволяет определить их химическую и термическую стабильность, структуру композита. Показатели SEM, AFM и структура-сорбционные свойства (2,028 ммоль/г) подтверждают наличие пористой структуры, способствующей сорбции.

7. Биодegradация пленочных материалов на основе хитозана (Xtz/Gls/ZnO) была изучена в различных pH средах, а именно при pH=5,5; 7,0; и 8,5. Наилучшие условия биодegradации наблюдались в слабощелочной среде (pH=8,5). Кроме того, пленочные материалы на основе хитозана (Xtz/Gls) были рекомендованы для использования на АО «Farg'ona yog'-moу» для обнаружения и удаления ионов меди (II) из объектов окружающей среды и технологических растворов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
PhD.03/30.12.2019.K.05.01 AT FERGANA STATE UNIVERSITY**

NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN

MAKHKAMOVA NAZOKAT OBIDJON KIZI

**OBTAINING, STRUCTURE, AND PROPERTIES OF CHITOSAN-BASED
COMPOSITE MATERIALS**

02.00.10 – Bioorganic chemistry

**DISSERTATION ABSTRACT of the doctor of philosophy(PhD)
on CHEMICAL SCIENCES**

Fergana – 2024

The subject of the PhD thesis, has been registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2024.1.PhD/K733.

The doctoral dissertation completed at the National university of Uzbekistan.

The abstract of the PhD dissertation in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is posted on the webpage of the Scientific Council at Fergana state university (www.fsu.uz) and on the informational-educational portal "ZiyoNet" at (www.ziynet.uz).

Academic Supervisor: **Khaitbaev Alisher Khamidovich**
doctor of chemical sciences, professor

Official opponents: **Shomurotov Shavkat Abduganievich**
doctor of chemical sciences, professor

Nishonov Mirkozimjon
candidate of technical sciences, professor

Leading organization: **Tashkent pharmaceutical institute**

The defense will take place on « 14 » 11 2024 at 14⁰⁰ o'clock at the meeting of the scientific Council No. PhD.03/30.12.2019.K.05.01 at Fergana state university (Address: 150100, Ferghana, Murabbiylar Street, 19. Tel.: (+99873) 244-44-02; Fax: (+99873) 244-44-93)

The dissertation can be reviewed at the information resource center of Fergana state university (registration number № 413). (Address: 150100, Ferghana, Murabbiylar Street, 19. Tel.: (+99873) 244-44-02; Fax: (+99873) 244-44-93; e-mail: fardu.info@umail.uz).

Abstract of dissertation sent out on « 31 » 10 2024 y.
(mailing report №10 from « ___ » 2024 y.)



V.U. Khujaev
Chairman of the scientific Council awarding scientific degrees, doctor of chemical sciences, professor

Sh.Sh. Turgunbaev
Scientific secretary of the scientific Council awarding scientific degrees, PhD

Sh.V. Abdullaev
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council on the award of a scientific degree, doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work: is to obtain chitosan-based composite materials and to determine their structure and properties.

The object of the research work: is a representative of the Orthoptera order – the Italian locust (*Calliptamus italicus* L.).

The scientific novelty of the dissertation research consists is as follows:

For the first time, chitin was obtained from the local raw material source *Calliptamus italicus* L., and from it, chitosan with a molecular weight of 355 kDa and a high degree of deacetylation was produced;

Using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), the content of 30 elements in *Calliptamus italicus* L. was determined, and the degree of deproteinization (98.07%) was confirmed through organic elemental analysis;

The composite materials based on chitosan, modified with various biologically active substances (Xtz/Gls/ZnO/Benzylpenicillin, Xtz/Gls/ZnO/Ampicillin, Xtz/Gls/ZnO/Sulfanilamide), were obtained;

The toxicity levels (LD_{50}) of various chitosan-based composite materials, as well as their biological activity against certain microorganisms found in the human body, were determined;

It was also established for the first time that the composite film based on Xtz/Gls/ZnO completely biodegrades under soil conditions in a mildly alkaline environment within ± 20 days, in a neutral environment within ± 50 days, and in a mildly acidic environment within ± 70 days.

Implementation of research results. Based on the scientific findings obtained in the development of new composite film materials on the basis of chitosan derived from *Calliptamus italicus* L. and their applications:

The organizational standard for the film made from chitosan derived from *Calliptamus italicus* L. was approved by the Expert Group of the Committee for Sanitary and Epidemiological Well-being and Public Health of the Republic of Uzbekistan (Certificate No. 31-8/85, dated January 26, 2024, Ts 200845944-113:2024). As a result, this allowed the creation of chitosan-based films that enhance the efficiency of food product storage.

The chitosan-based composite film material was implemented in practice at the “Farg‘ona Yog‘-Moy” JSC (Certificate No. 01/455, dated September 22, 2023). This, in turn, enabled the effective removal of Cu(II) ions from environmental objects and technological solutions..

The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and an appendix. The volume of the thesis is 115 pages.

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

I bo'lim (I част; I part)

1. Махкамova N.O., Хайтбаев А.Х. Xitozan asosida olingan polimer kompozitida mis (II) ioni sorbsiyasining fizik kimyoviy xossalari. // O'zbekiston Milliy universiteti xabarlari, 2024, 3/1/1, 340-342 b. (02.00.00, № 12).
2. Махкамova Н.О., Хайтбаев А.Х. Физико-химические свойства различных пленок на основе хитозана. // Universum: химия и биология, 2024, Выпуск: 2(116),– С. 48-53. (02.00.10, № 2).
3. Махкамova N.O., Махкамov B.G', Хайтбаев А.Х. Махаллий хомашйо (*Calliptamus italicus L.*) asosida biopolimer kompozitsion materiallar olish va ularning ayrim xossalari. // O'zbekiston Kompozitsion materiallar ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali, 2023, №3, 103-105 b. (02.00.00, № 4).
4. Махкамova N.O., Хайтбаев А.Х. Xitozan va u asosida olingan plyonka materiallarining optik spektroskopik xossalari. // Farg'ona davlat universiteti ilmiy xabarlari, 2023, №3, 203-208 b. (02.00.00, № 17).
5. Махкамova Н.О., Махкамov Б.Г., Хайтбаев А.Х. Хитозанни табиатда учраши ва унинг олиниши. // O'zbekiston Milliy universiteti xabarlari, 2022, 3/2/1 385-387 b. (02.00.00, № 12).
6. Khabibullaeva Nozima, Makhkamova Nazokat, Karimov Sherali, Khaitbaev Alisher. The Extraction and Characterization of Chitosan from Apis Mellifera. // American Journal of Polymer Science USA, 2022, Volume 11, №1, 1-6 b. (02.00.00, № 4).

II bo'lim (II част; II part)

7. Махкамova O.N., Habibullayeva N. Mahalliy хомашйодан ajratib olingan xitozanning ayrim fizik-kimyoviy xossalari. // Research proceedings of international forum "Women in stem" Tashkent, February 10 – 14, 2023, -P. 435-437.
8. Makhkamova O.N. Khaitbaev A. Surface analysis of chitosan film materials using AFM. // Uzbek-Japan Innovation Center of Youth, Tashkent, Uzbekistan. Uzbekistan-Japan International Conference «Energy-Earth-Environment-Engineering» December 5, Toshkent 2023. -37 p.
9. Махкамova O.N., Хайтбайев А.Х., Махкамov B.G'. Махаллий хомашйодан olingan xitozanning fizik kimyoviy xossalari. // Фундаментальные и прикладные аспекты исследований хитина и его производных. Конференция посвящена 32 летию Независимости Республики Узбекистан. "Международная конференция" Тошкент 2023. 2-3 август. –С. 101-102.
10. Махкамova O.N., Хайтбайев А.Х. *Calliptamus italicus L.* xitozanining olinishi va fizik-kimyoviy tahlili. // Табиий бирикмалар асосидаги ресурс тежамкор усуллар. Халқаро илмий –амалий анжумани Гулистон 2022 й. –Б. 136-137.

11. Хабибуллаева Н.Ф., Хайтбаев А.Х., Махкамова Н.О. Элементный анализ фильтрата, полученного экстракцией хитина из различных видов ос. //Светлой памяти доктора химических наук, профессора Зайцевой Валентины Васильевны Симпозиум «химия в народном хозяйстве» Москва 2020. –С. 93-94.

12. Махкамова N.O., Хайтбаев А.Х. Xitozan plyonka materiallarining sirt yuzasi va sorbsion xossalari. // Termoreaktiv oligomerlar, polimerlar saqlovchi chiqindilar, polifunksional birikmalar va ular asosida polimer materiallar yaratishning istiqbollari. 18-19 yanvar, Toshkent 2024. –B. 221-222.

13. Махкамова O.N., Хайтбаев А.Х., Махкамов B.G`. Xitozan asosidagi polimer kompozitsion materiallarning sorbsion xossalari. // Международная научная конференция «Актуальные проблемы развития биоорганической химии» в Ташкенте 13-14 ноября 2023 г. –С. 239-241.

14. Махкамова N.O., Махкамов B.G`, Хайтбаев А.Х. *Calliptamus italicus L. (qir chigirtkasi)* dan xitozan ajratib olish va uning ayrim kompozitsion birikmalari. // Функционал полимерларнинг фундаментал ва амалий жиҳатлари Халқоро кенференция. Тошкент 2023. –Б. 295-298.

15. Махкамова Н.О., Махкамов Б.Ф., Хайтбаев А.Х. *Calliptamus italicus L.* сувли экстратининг (ICP) элемент анализи. // Kimyo va tibbiyot: nazariyadan amaliyotgacha Xalqaro ishtirok bilan respublika ilmiy-amaliy konferensiya. Buxoro, 7-8 oktyabr, 2022. –B. 116-117.

16. Махкамова N.O., Хайтбаев А.Х. Xitozan hosilalarining amaliy ahamiyati. // Abu Ali ibn Sino va Zamonaviy farmatsevtikada inovatsiyalar avzusidagi VI xalqaro ilmiy-amaliy anjuman to'plami. Toshkent-2023.-B. 87-88.

17. Махкамова N.O., Хайтбаев А.Х. Xitozan asosida olingan plyonka materiallarida Cu(II) ionining sorbsiyasi // Tabiiy fanlar sohasidagi dolzarb muammolar va innovatsion texnologiyalar Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya, 4-5 aprel, Toshkent 2024. –B. 219-220.

18. Махкамова N.O., Хайтбаев А.Х. Xitozan kompozit materiallarining azot bo'yicha adsorbsion ko'rsatkichlari. // Barqaror rivojlanishda kimyo fanining roli, 21-22 may, Toshkent-2024. –B. 45-46.

19. Махкамова Н.О., Махкамов Б.Ф., Хайтбаев А.Х. Махаллий хомашёдан олинган хитозаннинг молекуляр массасини аниқлаш. // Кимёнинг ривожида фундаментал, амалий тадқиқотлар ва уларнинг истиқболлари 22, 23-сентябрь Тошкент 2022. -Б.16-17 б.

20. Махкамова N.O. Хабибуллаева N.F., Хайтбаев А.Х.,. О'рта Осиёда кенг тарқалган *Calliptamus italicus L.* tarkibidan olingan hitin IQ tahlili // “Ilm-fan va texnikaning rivojlanishida innovatsion yondashuvlar” mavzusidagi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi miqyosida tashkil qilingan ilmiy-amaliy onlayn konferensiya, Navoiy 2020. –B. 42-43.

21. Махкамова N.O., Хайтбаев А.Х. Maxalliy xomashyo (*Calliptamus italicus L.*) asosida biopolimer kompozitsion materiallar olish. // Tabiiy fanlarda innovatsion yechimlar: zamonaviy tadqiqotlar va ilm-fan integratsiyasi mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. 5-6-oktabr, Xiva shahri 2023. -B. 42-44.

22. Nozima Khabibullaeva, Alisher Khaitbaev, Nazokat Makhkamova, Sherali Karimov. Characterization of chitin obtained from *Calliptamus italicus L.* // European Journal of Molecular & Clinical Medicine ISSN 2515-8260 Volume 10, Issue 3, Winter 2023 –P. 1249-1252.

23. Maxkamova N.O., Xaitbaev A.X. *Calliptamus italicus L.* tarkibidan kimyoviy usulda *N*-atsetil *D*- glukozamin biopolimerini ajratib olish. // O‘zbekiston Milliy universitetining ilm-fan rivoji va jamiyat taraqqiyotida tutgan o‘rni” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 12 may, Toshkent 2023. –B. 257.