

**POLIMERLAR KIMYOSI VA FIZIKASI INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01  
RAQAMLI ILMIY KENGASH**  

---

**URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI**

**ESHCHANOV XUSHNUDBEK ODILBEKOVICH**

**IPAK SANOATI TOLALI CHIQINDILARI ASOSIDA SORBENT  
OLISHNING ILMIY VA AMALIY ASOSLARI**

**02.00.06 – Yuqori molekulyar birikmalar**

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

**Toshkent – 2023**

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

**Eshchanov Xushnudbek Odilbekovich**

Irak sanoati tolali chiqindilari asosida sorbent olishning ilmiy va amaliy asoslari ..... 3

**Эшчанов Хушнудбек Одилбекович**

Научно и практический основы получения сорбента на основе волокнистых отходов шелковой промышленности..... 21

**Eshchanov Khushnudbek Odilbekovich**

The scientific and practical basis of obtaining sorbent based on fiber waste of the silk industry ..... 41

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

Список опубликованных работ  
List of published..... 44

**POLIMERLAR KIMYOSI VA FIZIKASI INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01  
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI**

**ESHCHANOV XUSHNUDBEK ODILBEKOVICH**

**IPAK SANOATI TOLALI CHIQINDILARI ASOSIDA SORBENT  
OLISHNING ILMIY VA AMALIY ASOSLARI**

**02.00.06 – Yuqori molekulyar birikmalar**

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

**Toshkent – 2023**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.2.PhD/K394 raqam bilan ro‘yhatga olingan.**

Dissertatsiya Urganch davlat universitetida bajarilgan.

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

**Ilmiy rahbar:**

**Baltayeva Muxabbat Matnazarovna**

kimyo fanlari nomzodi, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Akbarov Hamdam Ikromovich**

kimyo fanlari doktori, professor

**Voxidova Noyira Raximovna**

kimyo fanlari doktori, katta ilmiy xodim

**Yetakchi tashkilot:**

**Bioorganik kimyo instituti**

Dissertatsiya himoyasi Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti huzuridagi DSs.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 raqamli Ilmiy kengashning 2023-yil «\_\_» \_\_\_\_\_ soat \_\_\_\_\_ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 100128, Toshkent shahri, Abdulla Qodiriy ko‘chasi, 7<sup>b</sup> uy. Tel.:(+99871) 241-85-94, faks: (+99871) 241-26-60, e-mail: [polymer@academy.uz](mailto:polymer@academy.uz)

Dissertatsiya bilan Polimerlar kimyosi va fizikasi institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin. (\_\_\_\_ raqami bilan ro‘yxatga olingan.) (Manzil: 100128, Toshkent shahri, Abdulla Qodiriy ko‘chasi, 7<sup>b</sup> uy. Tel.:(+99871)241-85-94).

Dissertatsiya avtoreferati 2023-yil «\_\_» \_\_\_\_\_ kuni tarqatildi.

(2023-yil «\_\_» \_\_\_\_\_ dagi \_\_\_\_\_ raqamli reestr bayonnomasi.)

**S.Sh. Rashidova**

Ilmiy daraja beruvchi ilmiy kengash raisi, k.f.d., professor, akademik

**M.M. Usmanova**

Ilmiy daraja beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, k.f.n., katta ilmiy xodim

**A.A. Ataxanov**

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

## KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda ipak olish va undan to'qimachilik sanoati uchun zarur mahsulotlar tayyorlash asosiy tarmoqlardan biri hisoblanib, bu yo'nalishda O'zbekiston Respublikasi yetakchi mamlakatlar qatoriga kiradi. Ipak ishlab chiqarishda to'qimachilik sanoati uchun 30 % gacha miqdorda yaroqsiz bo'lgan ipakning tolali chiqindilari hosil bo'ladi va bu chiqindilar kimyoviy tarkibi bo'yicha ipak tolalar bilan bir xil bo'lib, ulardan maqsadli foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Jahonda ipak tolasi asosida tibbiyot, farmatsevtika va kosmetika sohalari uchun turli materiallar tayyorlash va ipakning tolali chiqindilaridan texnik maqsadlarda foydalanishda turli sorbent namunalarini yaratish bo'yicha qator ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, ipak sanoatining tolali chiqindilaridan yuqori sorbsion xossali va texnik maqsadlar uchun qo'llaniladigan sorbentlarni energiya tejamkor usullarda olish, ularning tarkibi, tuzilishi va xossalarini tadqiq qilish kabi yo'nalishlarda maqsadli ilmiy izlanishlarni amalga oshirish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Respublikamizda ushbu sohada bir qator ilmiy izlanishlar amalga oshirilgan bo'lib, bu tadqiqotlar natijasida tabiiy ipak fibroinidan tibbiy maqsadlar uchun sorbent namunalarini yaratish amalga oshirilgan. Jumladan mahalliy xomashyolar asosida import o'rnini bosuvchi va eksportga mo'ljallangan mahsulotlar yaratishni rivojlantirishda ilmiy izlanishlarni yuqori darajada tashkil etish hamda iqtisodiy o'sish sur'atlarini saqlash va mahalliy ishlab chiqarishni qo'llab-quvvatlash bo'yicha keng qamrovli chora tadbirlar amalga oshirilib, raqobatbardosh polimer mahsulotlarni ishlab chiqarish borasida muhim natijalarga erishilmoqda. Mamlakatimizni yanada rivojlantirish bo'yicha Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida<sup>1</sup>, 2030-yilgacha bo'lgan ilm-fanni rivojlantirish kontsepsiyasida<sup>2</sup> «...mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida yuqori qo'shimcha qiymatli tayyor mahsulot ishlab chiqarish...» vazifalari belgilab berilgan. Bu borada O'zbekiston Respublikasida mahalliy xomashyolar asosida tabiiy polimer asosli, ekoxavfsiz sorbentlarini yaratish va ularni qo'llashga yo'naltirilgan ilmiy-amaliy tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 3-apreldagi PQ-4265-sonli "Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori, 2019-yil 30-oktabrdagi PF-5863-sonli «2030-yilgacha bo'lgan davrda O'zbekiston Respublikasining atrof muhitni muhofaza qilish kontsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida» Farmoni, 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 Qarorlari shuningdek, mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son «2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida» Farmoni.

<sup>2</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 29-oktabrdagi PF-6097-son «Ilm-fanni 2030-yilgacha rivojlantirish kontsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida» Farmoni.

**Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalarini rivojlanishi ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar» ustuvor yo‘nalishlariga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Dunyoning ko‘plab yetakchi ilmiy markazlarida tabiiy ipakning tolali chiqindilaridan sorbentlar olish va ularni xossalarini o‘rganish bo‘yicha ilmiy izlanishlar yuqori suratda olib borilmoqda. Chop qilingan ilmiy nashrlarning ko‘pchiligida ipak fibroin tolalari asosida tayyorlangan yuqori g‘ovakli plyonkalar shaklidagi, shuningdek tolasimon va kukunsimon sorbentlar olish va ularning xossalarini o‘rganishga bag‘ishlangan. Huang Y., Farooq M., Kundu P., Hazarika S., Feng X., Ohtomo K., Mizuno Sh, Sato T., Abe S., Ito Sh., Abe T., Agapov I., Safonova L., Bobrova M., Shimizu F., Sakaguchi I. Takahashi Y., Yanukovich V., Semenov N., Karpov A., Kolinko S., Voronov V., Xiao Sh., Wang Z., Ma H., Cao S., Ling Sh., Kaplan D., Qin Z., Lee M., Chen W., Parushuram N., Ranjana R., Nitayaphat W., Jintakosol T. Arami M., Mahmoodi N. kabi jahonga taniqli olimlar ilmiy tadqiqot ishlarini olib borib, bu yo‘nalishni rivojlanishiga katta hissa qo‘shishgan.

Respublikamizda mazkur yo‘nalishga akademik Rashidova S.Sh., professorlar Sarimsakov A.A., Yunusov L., Xolmuminov A.A., Alimova X.A., Nabiyeva I.A., Pak T.S., Taxtaganova D.B., Kamilova S.D., Xamrayev A.L., dots. Baltayeva M.M., k.f.f.d., (PhD) Yarmatov S.S. va boshqalar o‘z ilmiy tadqiqot ishlari bilan ipak fibroinining tarkibi, tuzilishi, xossalarini tadqiq qilish va undan sorbentlar olish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borishib, o‘z hissalarini qo‘shishgan.

Ushbu tadqiqotlarga qadar adabiyotlarda ipak sanoatining tolali chiqindilaridan kislotali sharoitda o‘ta yuqori chastotali nurlar ta’sirida kukunsimon gidrolizlangan fibroin olish va uning tuzilishi, tarkibi, qimmatbaho metall ionlarini sorbsiyalash xossalari, o‘simlik moylarini tozalash xususiyatlari, spekrofotometriya usulida molekulyar massani aniqlash yetarlicha o‘rganilmagan. Bu yo‘nalishda ilmiy va amaliy tadqiqotlarni olib borish, ipak sanoatining tolali chiqindilaridan yuqori sorbsion xossali kukunsimon shakldagi sorbentlar yaratish istiqbollari yuzaga keltiradi.

**Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishi rejalari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Urganch davlat universitetining AM-Φ3-2017102347 “Gidrolizlangan fibroin asosida nanometall ushlagan bakteritsid materiallar olish usulini o‘rganish va o‘zlashtirish” (2017-2019 yy) mavzusidagi “Yosh olimlarning akademik harakatchanligi” loyihasi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** ipakning tolali chiqindilaridan o‘ta yuqori chastotali nurlar ta’sirida gidrolizlangan fibroin sorbentini olish va uning tarkibi, tuzilishi va xossalarini tadqiq qilishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

o‘ta yuqori chastotali nurlar ta’sirida ipakning tolali chiqindilaridan olingan ipak fibroin tolasini kislotali sharoitda gidrolizini tadqiq qilish;

o‘ta yuqori chastotali nurlar ta’sirida olingan kukunsimon gidrolizlangan fibroinni tarkibi, tuzilishi va xossalarini aniqlash;

gidrolizlangan fibroinning kumush(I), oltin(III), mis(II) va temir(III) ionlarini sorbsiyalash xossalarini tadqiq qilish;

metall ionlarini sorbsiyalagan gidrolizlangan fibroin namunalarini fizik-kimyoviy usullar va kvant kimyoviy hisoblashlar asosida tahlil qilish;

gidrolizlangan fibroin sorbenti namunalarini paxta moyini oqlashda qo'llashdan iborat.

**Tadqiqotning obyekti** – ipakning tolali chiqindilari, kukunsimon gidrolizlangan fibroin, gidrolizlangan fibroin tarkibidagi kumush va oltin nanozarrachalari, gidrolizlangan fibroinning mis(II) kompleksi hisoblanadi.

**Tadqiqotning predmeti** ipakning tolali chiqindilaridan o'ta yuqori chastotali nurlar ta'sirida kukunsimon gidrolizlangan fibroin olish, kukunsimon gidrolizlangan fibroinni tarkibi, tuzilishi, sorbsion xossalarini o'rganish, gidrolizlangan fibroinni paxta moyini oqlash xususiyatlarini tadqiq qilishdan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqotlarda UB-, ATR-IQ Furiye spektroskopiya, rentgenofazaviy tahlil, differensial skanerlovchi kalorimetriya, skaner elektron mikroskopiya, optik mikroskopiya, osmometriya, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi va kvant kimyoviy hisoblash usullaridan foydalanilgan.

**Dissertatsiya tadqiqotining ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ilk bor ipakning tolali chiqindilarini o'ta yuqori chastotali nurlar ta'sirida kislotali sharoitda gidroliz qilish orqali gidrolizlangan fibroin olingan va optimal sharoit ko'rsatilgan;

ilk bor ipakning tolali chiqindilaridan olingan kukunsimon gidrolizlangan fibroinni molekulyar massalari spektrofotometriya usuli yordamida aniqlangan;

gidrolizlangan fibroinda kumush, oltin nanozarrachalari va mis(II) komplekslarini hosil bo'lishi, metall ionlarining sorbsiya mexanizmlari aniqlangan;

kukunsimon gidrolizlangan fibroinning paxta moyini oqlash xossalari ko'rsatilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

Mahalliy xomashyo chiqindilaridan, xususan, ipak sanoati tolali chiqindilaridan o'ta yuqori chastotali nurlar ta'sirida yuqori sorbsion xossali kukunsimon gidrolizlangan fibroin olishning optimal sharoiti aniqlangan;

Kumush, oltin ionlarini yuqori sorbsion sig'im bilan sorbsiyalash va yog'-moy sanoatida ishlab chiqariladigan paxta moyini oqlash uchun ipakning tolali chiqindilaridan kukunsimon gidrolizlangan fibroin namunalari olingan.

**Tadqiqot natijalarning ishonchliligi.** Tadqiqot natijalari zamonaviy rentgenofazaviy tahlil, ATR-IQ Furiye- va UB-spektroskopiya, differensial skanerlovchi kalorimetriya, skaner elektron mikroskopiya, optik mikroskopiya, osmometriya, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi va kvant kimyoviy hisoblash usullari ma'lumotlari asosida tasdiqlangan, shuningdek, tadqiqot natijalari bir qator xalqaro va respublika doirasidagi jurnallarda chop qilinib, ilmiy anjumanlarda muhokama qilingan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati kislotali sharoitda o'ta yuqori chastotali nurlar ta'sirida kukunsimon gidrolizlangan fibroin olishda ipak fibroin tolasini gidrolizlash, usul uchun optimal sharoitni aniqlashdan iborat. Shuningdek ipakning tolali chiqindilaridan olingan

gidrolizlangan fibroinning molekulyar massasini spektrofotometriya usuli yordamida aniqlash, kumush, oltin va mis(II) ionlarini sorbsiyalash xossalari ko'rsatilgan.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, ipakning tolali chiqindilaridan o'ta yuqori chastotali nurlar ta'sirida olingan kukunsimon gidrolizlangan fibroin asosida paxta moyini oqlashda import o'rnini bosuvchi sorbentlar olishdan iborat. Olingan kukunsimon gidrolizlangan fibroinni yog'-moy sanoatida ishlab chiqariladigan paxta moyini oqlash xossalari aniqlangan. Ipakning tolali chiqindilaridan olingan kukunsimon gidrolizlangan fibroinni moylarni oqlash xossasi import qilib keltiriluvchi bentonit tuproqlardan sorbsion faolligi yuqoriligi ko'rsatilgan.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Ipak sanoati tolali chiqindilari asosida sorbent olishning ilmiy va amaliy asoslari bo'yicha olingan ilmiy natijalari asosida:

Ipakning tolali chiqindilari asosida sorbent olish bo'yicha olingan ilmiy natijalardan "A-12-53-Atrof-muhit obyektlarida ekotoksikantlarni aniqlashning fotometrik va sorbsion-fotometrik usullarini ishlab chiqishda polimer tashuvchilarda immobilizatsiyalangan reagentlar" (2015-2017 yy) mavzusidagi fundamental loyihasida eritmalardagi metall ionlarini sorbsiyalashda foydalanilgan (O'zR OO'MTV O'zMU ning 2022-yil 19-martidagi 04111-1617-sonli ma'lumotnomasi). Natijada og'ir metall ionlarini sorbsiyalash xossasi yuqoriligi aniqlangan va loyihani muvaffaqiyatli bajarilishiga hissa qo'shgan.

Ipakning tolali chiqindilaridan olingan gidrolizlangan fibroin namunalariidan Urganch yog'-moy" AJ da paxta moyini tozalashda (oqlashda) amaliyotga joriy qilingan ("Urganch yog'-moy" AJ ning 2022-yil 20-iyuldagi dalolatnomasi). Natijada import qilib keltiriluvchi bentonit sorbentiga nisbatan yuqori samaradorlikni ko'rsatib, paxta moyini sifat ko'rsatgichlari va moyning saqlanish muddatini oshirish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy – amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 15 ta ilmiy ish chop qilingan bo'lib, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari (PhD) asosiy ilmiy natijalarni chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 11 ta, jumladan 7 ta maqola - xorijiy va 4 ta maqola Respublika jurallarida nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 109 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida ishning dolzarbligi, tadqiqot maqsadi va vazifalari ko'rsatilgan, tadqiqotning obyekt va predmetlari belgilangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyasi taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mos kelishi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiliklari va amaliy natijalari ko'rsatilgan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan,

tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinganligi hamda chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Tabiiy ipak fibroinining tarkibi, olinishi, fizik-kimyoviy xossalari va qo'llanilish imoniyatlari (adabiyotlar sharhi)”** deb nomlangan birinchi bobida tabiiy ipakning tolali chiqindilarining hosil bo'lishi va uning tarkibi, tuzilishi, ipak fibroinining fizik va kimyoviy xossalari, molekulyar massalarini aniqlash, ipak fibroinini ajratish, ipak fibroinidan sorbentlar olish usullari, o'simlik moylarini sorbentlar bilan oqlash imkoniyatlariga bag'ishlangan adabiyotlar sharhi keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Metodik va tajriba qism”** deb nomlangan ikkinchi bobida ipakning tolali chiqindilaridan ipak fibroin (IF) tolasini ajratib olish, IF tolasidan kislotali sharoitda an'anaviy termik va o'ta yuqori chastotali (O'YCh) nurlar ta'sirida kukunsimon gidrolizlangan fibroin (GF) olish usullari, kukunsimon GF ning bo'kishi va termik xossalari aniqlash usullari, IF tolasini va kukunsimon GF namunalari molekulalarini aniqlash usullari, GF ning paxta moyini oqlash, metall ionlarini sorbsiyalash ko'rsatgichlarini aniqlash va fizik-kimyoviy tadqiq qilish usullari tavsiflangan.

Dissertatsiyaning **“Ipakning tolali chiqindilaridan olingan kukunsimon gidrolizlangan fibroin namunalari tuzilishi, tarkibi, fizik-kimyoviy tahlili va sorbentlik xossalari”** deb nomlangan uchinchi bobida ipakning tolali chiqindilaridan kislotali sharoitda an'anaviy termik va O'YCh nurlar ta'sirida kukunsimon GF olish, kukunsimon GF ning bo'kishi va termik xossalari, IF tolasini va kukunsimon GF namunalari molekulalarini aniqlash usullari, GF ning paxta moyini oqlash, metall ionlarini sorbsiyalash ko'rsatgichlari va olingan namunalarning fizik-kimyoviy tahlil natijalariga tegishli ma'lumotlar keltirilgan.

An'anaviy termik usul yordamida ipakning tolali chiqindilaridan kukunsimon GF olish uchun IF tolasini HCl eritmasida gidroliz qilindi. Ushbu usulning optimal sharoitini tanlash uchun IF tolasini 80÷100°C haroratlarda, gidroliz jarayoni vaqti 55÷840 daqiqalar va gidrolizlovchi eritmaning konsentratsiyasi 2÷5 % oralig'ida jarayon o'tkazildi. IF tolasining kukunsimon holatga o'tishiga gidroliz jarayonining haroratini, gidrolizlovchi eritmaning konsentratsiyasi va jarayon davomiyligini bog'liqligi, mahsulot unumlarining qiymatlarini e'tiborga olgan holda jarayon uchun optimal sharoit tanlash amalga oshirildi (1-jadval). Olingan natijalar asosida an'anaviy termik usulda ipakning tolali chiqindilaridan olingan IF tolasini gidrolizi uchun optimal sharoit sifatida HCl konsentratsiyasi – 3 %, harorat- 90°C, 80 daqiqa vaqt tanlangan. Bunda GF ning hosil bo'lish unumi 81 % ga teng bo'lgan. Ushbu sharoitda olingan GF namunalari shartli ravishda GF1 deb belgilangan.

Ipakning tolali chiqindilaridan olingan IF tolasini gidroliziga O'YCh nurlar ta'sirini o'rganish maqsadida jarayonni HCl ning 3 % li eritmasida nurlanish manbaining 850, 680, 510 va 340 W quvvatlarida olib borilgan.

1-rasmda O'YCh nurlarning GF ning hosil bo'lish unumi va gidroliz vaqtiga ta'siri ko'rsatilgan. Olingan natijalar asosida O'YCh nurlar ta'sirida ipakning tolali chiqindilaridan kukunsimon GF olish uchun optimal sharoit sifatida nur quvvati 510 W, gidroliz vaqti – 16 daqiqa tanlab olingan. Bunda GF ning hosil bo'lish unumi 72

% ni tashkil qildi. Ushbu sharoitda olingan GF namunalari shartli ravishda GF2 deb belgilandi.

1-jadval.

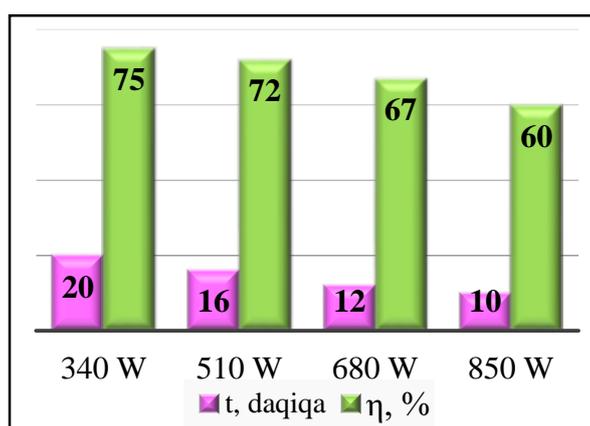
IF tolasining kukunsimon holatga o'tish chegarasini jarayon sharoitlariga bog'liqligi

t° C%	80°C		85°C		90°C		95°C		100°C	
	t, daq.	Unum	t, daq.	Unum	t, daq.	Unum	t, daq.	Unum	t, daq.	Unum
2	840	94%	720	91%	120	88%	116	85%	100	77%
3	160	89%	130	86%	<b>80</b>	<b>81%</b>	77	78%	70	71%
4	110	85%	98	82%	75	78%	69	74%	65	67%
5	98	78%	87	72%	68	65%	60	60%	55	52%

IF tolasidan olingan kukunsimon GF ning zarrachalari o'lchamlarini o'rganish optik mikroskopiya usuli bilan amalga oshirilgan. Optimal sharoitda olingan GF1 va GF2 namunalarning sifat ko'rsatgichlari solishtirildi va GF olish usullarining avzalliklari taqqoslandi.

IF tolasidan GF olish an'anaviy termik usulda olib borilganda, jarayon 80 daqiqada yakunlangan bo'lsa, O'YCh nurlar ta'sirida 16 daqiqada tugagan. O'YCh nurlar ta'sirida kukunsimon GF olish jarayoni an'anaviy termik usulga nisbatan 5 marta tezroq kechishini ko'rsatdi. O'YCh nurlar ta'sirida olingan GF2 zarrachalarning o'rtacha o'lchami 81 mkm, an'anaviy termik usulda olingan GF1 zarrachalarning o'rtacha o'lchami esa 65 mkm ga teng. GF1 olish jarayonida termik ta'sir sirdan sistemaning ichki qismiga kirib boradi va shuning uchun makromolekulalarni termo-gidrolitik parchalanishiga ko'p vaqt sarflanadi, buning evaziga IF tolada ko'plab uziluvchi markazlar shakllanishiga olib keladi. Shu sababli GF1 zarrachalari o'lchamlari kichik bo'ladi. GF2 olish jarayonida O'YCh nurlar butun hajmi birdaniga qizdiradi va shuning uchun makromolekulalarni O'YCh-gidrolitik parchalanishiga kam vaqt sarflanib, IF tolada uziluvchi markazlar kamroq shakllanib, nisbatan kattaroq o'lchamli GF2 zarrachalari hosil bo'lgan. Olingan GF namunalarning shakli va strukturaviy o'zgarishlari fizik tadqiqot usullari yordamida tahlil qilingan.

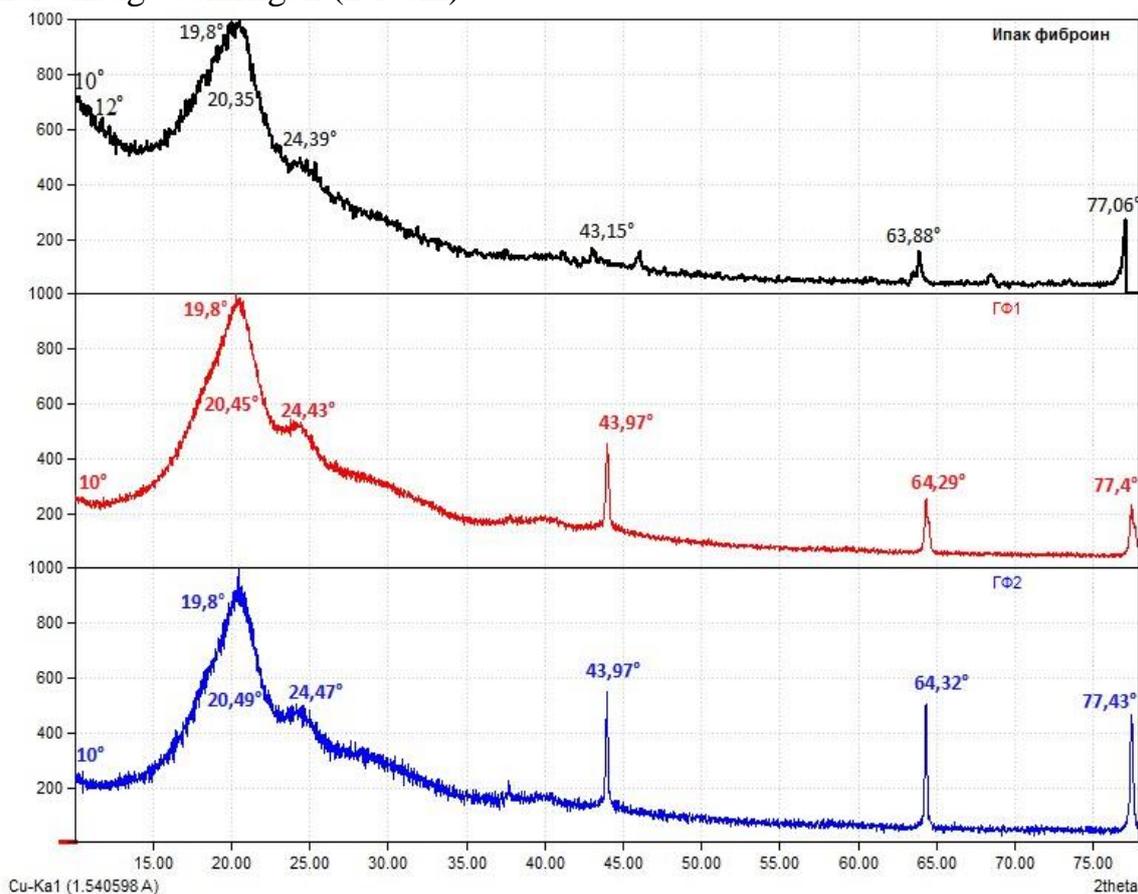
Olingan GF namunalari optik mikroskopiya, ATR-IQ Furiye spektroskopiya, UB-spektrofotometriya, rentgenofazaviy tahlil, metall ionlari sorbsiyasi kabi fizik va fizik-kimyoviy usullari bilan tadqiq qilindi.



1-rasm. Hidroliz jarayonida O'YCh nurlar quvvati, vaqt va unumning bog'liqlik diagrammasi (C%(HCl)=3 %).

Optik mikroskopiya tahlillarida GF2 zarrachalari yuza qismlarida ko'plab g'ovakliklar va yoriqlar kuzatildi. GF2 olish jarayonida O'YCh nur ta'sirida eritmadagi va IF tolasidagi suv va vodorod ionlari kuchli tebranma harakatga kelib, molekulalarning kinetik energiyasi ortib, tola ichidagi sistemada issiqlik hosil bo'ladi. Issiqlikni tezda yuqori qiymatga yetishi va molekulalarning (qutbli va zaryadlangan qismlari) jadal harakati sababli gidroliz jarayoni tezlashadi. O'YCh nurlar ta'sirida IF tola ichidagi haroratni tezda yuqori qiymatga ko'tarilishi sababli suv molekulalari tolani yorib chiqadi va fibroin zarrachalarida ko'plab yoriqlar hosil bo'lishiga olib keladi.

IF tolasini va GF namunalari amorf va kristall qismlar mavjud. Olingan namunalarning amorf va kristall strukturalarini o'rganish uchun rentgenofazaviy tahlillar amalga oshirilgan (2-rasm).



**2-rasm.** IF tolasini, GF1 va GF2 namunalari diffraktogrammalari.

GF1 namunasining diffraktogrammasida  $2\theta=12^\circ$  cho'qqini IF tolasinikiga nisbatan keskin kamayishi kuzatildi.  $2\theta=19,8^\circ$  dagi cho'qqini intensivligi ham kamaygan. IF tolasiga nisbatan  $2\theta=24,43^\circ$  va  $2\theta=43,97^\circ$  dagi cho'qqilarni siljishi va cho'qqi intensivliklari ortishi kuzatilgan. Bu o'zgarishlar GF1 olish jarayonida IF tarkibidagi amorf qismlar ( $\alpha$ - va tartibsiz zanjirlar) kamayganligini ifodalaydi.

GF2 ning diffraktogrammasida  $2\theta=12^\circ$  va  $19,8^\circ$  larga mos cho'qqilarning intensivliklari keskin kamayishi kuzatildi. IF tolasiga nisbatan  $2\theta=24,47^\circ$  dagi cho'qqini siljishi,  $2\theta=43,97^\circ$ ,  $2\theta=64,32^\circ$  va  $74,43^\circ$  dagi cho'qqilarni intensivliklarini ortishi aniqlandi. Aniqlangan natijalarga asoslanib GF2 olish jarayonida ham IF

tolasining amorf qismlari gidrolizga uchrab kamaygan va kristall qismlar oshgan deb xulosa qilindi.

Namunalarning diffraktogrammalarini tahlil qilish natijasida kristallik darajalari IF tolasida (chiqindi) 21,75% ni, GF1 namunasida 33,78% ni, GF2 namunasida esa 34,25% ni tashkil qilishi ma'lum bo'ldi. Diffraktogrammalarni mahsus Match!3 dasturida tahlil qilish orqali kristall qismni tashkil qiluvchi birlik kristall panjaraning o'lchamlari aniqlandi (2-jadval).

**2-jadval.**

IF tolasidagi fibroinning va kukunsimon GF namunalarning kristall panjara ko'rsatgichlari

№	IF tolasidagi fibroinning kristall panjara ko'rsatgichlari	GF1 namunalari kristall panjara ko'rsatgichlari	GF2 namunalari kristall panjara ko'rsatgichlari
1	$a=10,88 \text{ \AA}$ ,	$a=11,95 \text{ \AA}$	$a=10,34 \text{ \AA}$
2	$b=7,62 \text{ \AA}$ ,	$b=7,46 \text{ \AA}$	$b=6,86 \text{ \AA}$
3	$c=7,795 \text{ \AA}$ ,	$c=8,72 \text{ \AA}$	$c=6,32 \text{ \AA}$
4	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=90^\circ$
5	$\beta=90^\circ$	$\beta=90^\circ$	$\beta=90^\circ$
6	$\gamma=105^\circ$	$\gamma=117,45^\circ$	$\gamma=100,67^\circ$

GF1 va GF2 namunalarning kristall panjara ko'rsatgichlari IF tolasidagi fibroinning ko'rsatkichlari bilan solishtirilganida, GF1 kristall panjarasining  $a$  va  $c$  tomon uzunliklarini ortishi kuzatildi. Kristallanish darajasi 21,75 % dan 33,78 % ga oshgan. Bunda IF

tolasini kislotali muhitda qizdirilganda amorf qismlarda gidrolitik uzulishlar bilan birga kristallanish jarayoni ham borgan.

GF2 da kristall panjaraning barcha tomon uzunliklarini nisbatan kamayishi kuzatildi. Kristallik darajasi 21,75 % dan 34,25 % gacha oshgan. IF tolasini kislotali muhitda O'YCh nurlar ta'sirida qizdirganda amorf qismlar bilan birga kristall qismlar ham qisman gidrolizga uchrangani va gidrolitik uzulishlar davomida kristallanish jarayoni ham borishi bilan izohlandi. Kristall qismlardagi ionlashgan ( $\text{NH}_3^+$ ,  $-\text{COO}^-$ ) qismlar O'YCh nurlar ta'sirida kuchli qizishi tufayli gidrolizlanadi. O'YCh nurlar ionlangan qismlarga ta'sir qilib, ularni tebranma harakat qilishga majbur qiladi. Oqibatda kuchli qizish sodir bo'ladi va gidroliz jarayonini tezlashadi.

Olingan GF namunalarning ATR-IQ Furiye spektrlari olindi va tahlil qilindi. GF namunalarning ATR-IQ Furiye spektrlarida  $3562,8 \div 3736,4 \text{ sm}^{-1}$  sohalardagi yutilish intensivligini pasayishi erkin  $-\text{OH}$  guruhlar kamayganligini bildiradi. Erkin  $-\text{OH}$  guruhlarini kamayishi vodorod bog'lanishlarning ortishi bilan bog'liq.  $997 \text{ sm}^{-1}$  sohadagi yutilish intensivligi  $975,96 \text{ sm}^{-1}$  ga nisbatan kamayishi GF1 olish jarayonida IF da  $-\text{Gly-Gly-}$  aminokislota qoldiqlarida uzilishlar ko'p uchranganligini anglatadi.  $1699,9 \text{ sm}^{-1}$  sohadagi yutilish intensivligini ortishi  $-\text{COOH}$  (karboksil) guruhlari oshganligini ifodalaydi.  $1230 \text{ sm}^{-1}$  sohadagi yutilish intensivligini  $1260 \text{ sm}^{-1}$  sohaga nisbatan kamayishi gidrolizda fibroin tarkibidagi tartibsiz va  $\alpha$ -struktura zanjirlari kamayib, kristallikni keltirib chiqaruvchi  $\beta$ -strukturalar oshishi bilan bog'liq.

GF2 namunasining ATR-IQ Furiye spektrida  $2932,23 \text{ sm}^{-1}$  sohadagi yutilishni  $2934,16 \text{ sm}^{-1}$  sohaga siljib, intensivligi kamayishi metil guruhli qismlar o'zgarishga uchranganligini anglatadi.  $1698,02 \text{ sm}^{-1}$  sohadagi yutilish intensivligini oshishi  $-\text{COOH}$  (karboksil) guruhlar sonini ortganini va antiparallel  $\beta$ -strukturalarni

ifodalaydi.  $1230 \text{ sm}^{-1}$  sohani yutilish intensivligini  $1260 \text{ sm}^{-1}$  sohaga nisbatan kamayishi gidroliz jarayonida fibroin tarkibidagi tartibsiz va  $\alpha$ -struktura zanjirlari miqdori kamayib,  $\beta$ -strukturalar oshganini bildiradi.

IF tolasi va GF namunalarining aminokislota tarkibini aniqlash maqsadida namunalar yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YSSX) usulida tahlil qilindi. Ipakning tolali chiqindilaridan olingan IF tola va GF namunalari tarkibidagi aminokislotalarning miqdorlari farq qilishi kuzatildi. IF tolasidan GF namunalarini olish jarayonida namunalarda *Cys, Thr, Arg, Tyr, Val, Met, Ile, Leu, Phe* va *Lys* aminokislotalar miqdori keskin kamaygan. Bu o'zgarishlar gidroliz jarayoni asosan IF ning amorf qismlarida borganini tasdiqlaydi (3-jadval).

O'YCh nurlar ta'sirida GF2 olish jarayonida zaryadlangan va qutbli aminokislota qoldiqlari mavjud qismlar jadal gidrolizlangan. Kristall qismlarning zaryadli va qutblangan aminokislota qoldiqlari miqdori GF2 namunasida GF1 ga nisbatan kamaygan. Bu kristall qismlarning zaryadlangan va qutblangan qismlari hisobiga O'YCh nurlar ta'sirida qisman gidrolizga uchrashini isbotlaydi.

IF ning gidrolizga uchraganligini tasdiqlash va molekulyar massalarini aniqlash maqsadida tadqiqotlar olib borildi. Molekulyar massalarni aniqlash uchun osmometriya va spektrofotometriya usullari qo'llanildi.

IF tolasi va GF namunalaridagi fibroinning molekulyar massalari qiymatlari farq qildi. Bu

**3-jadval.**  
IF tolasi, GF1 va GF2 namunalarining tarkibiga kiruvchi aminokislotalarning miqdorlari

Aminokislotalar	IF tola	GF1	GF2
	Aminokislotalar miqdori $\omega$ ,%		
Asparagin kislota(-) - <i>Asp</i>	1,0628	1,494	1,144
Glutamin kislota(-) - <i>Glu</i>	0,8426	1,214	0,930
Serin - <i>Ser</i>	12,151	15,820	15,133
Glitsin- <i>Gly</i>	32,149	30,738	33,920
Sistein - <i>Cys</i>	1,700	1,072	1,401
Treonin - <i>Thr</i>	4,9034	3,428	1,4025
Argenin (+) - <i>Arg</i>	2,2453	0,340	1,017
Alanin - <i>Ala</i>	13,793	19,836	21,274
Prolin- <i>Pro</i>	1,1548	1,680	1,106
Tirozin - <i>Tyr</i>	5,7014	1,302	1,054
Valin - <i>Val</i>	10,111	9,025	8,712
Metionin - <i>Met</i>	4,2438	3,359	3,024
Gistidin - <i>His</i>	3,5100	8,106	7,893
Izoleytsin - <i>Ile</i>	1,4658	0,819	0,593
Leytsin - <i>Leu</i>	1,4032	0,836	0,591
Fenilalanin - <i>Phe</i>	2,7124	0,706	0,514
Lizin HCl (+)- <i>Lys</i>	0,8456	0,218	0,286

 Oshgan miqdor

 Kamaygan miqdor

olingan GF namunalaridagi makromolekulalarni

**4-jadval.**  
Turli usullar yordamida olingan fibroin namunalarining molekulyar massalari

No	Namuna	Osmometriya usulida	Spektrofotometriya usulida
1	IF tolasi	324600±30 Da	411700±20 Da
2	GF1	244200±20 Da	246600±10 Da
3	GF2	292950±50 Da	307400±50 Da

natijalar IF makromolekulalarining gidrolizga uchrab molekulyar massasi kamayganini anglatadi.

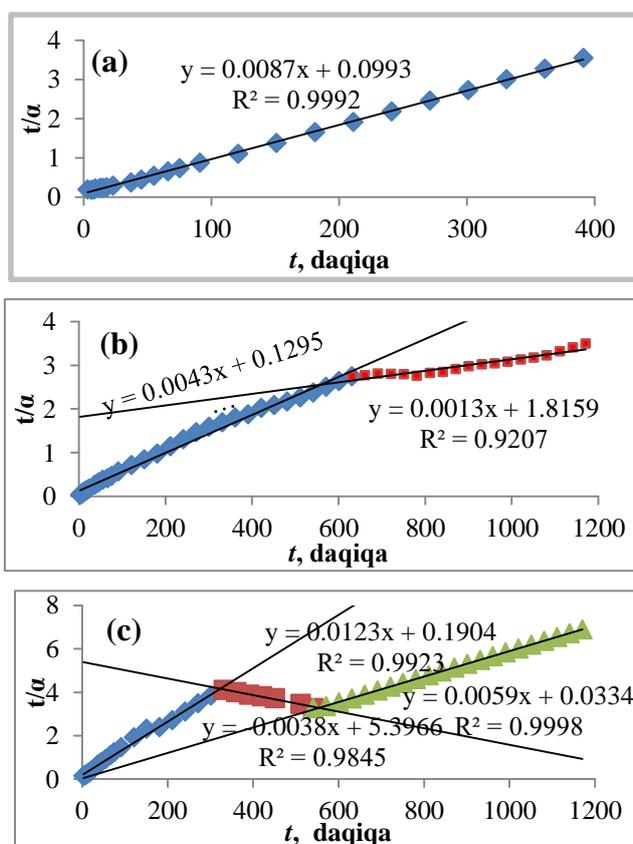
Spektrofotometriya va osmometriya usullari yordamida aniqlangan GF namunalarining molekulyar massalari orasidagi farq kam qiymatlarni tashkil qilib, bu GF tarkibidagi makromolekulalar molekulyar massa bo'yicha monodispers ekanligi bildiradi.

Ipakning tolali chiqididan olingan IF tola va kukunsimon GF1, GF2 larning harorat ta'siridagi strukturaviy o'zgarishlarni aniqlash maqsadida termik tahlil amalga oshirilib, differensial skanerlash kalorimetriya usulidan foydalanildi. Termik tahlil natijalari orqali GF namunalarining tarkibiy o'zgarishi, qo'llash haroratlari va imkoniyatlariga baho berildi. Differensial skanerlash kalorimetriya tahlil natijalariga asosan, 242°C haroratda GF namunalari tarkibidagi makromolekulalarning  $\alpha$ - va tartibsiz zanjirlari tashkil qiluvchi amorf qismlarning kristall qismlarga aylanishi kuzatildi.

GF namunasi 210°C haroratgacha strukturaviy termik barqarorlikka ega bo'lib, 210°C haroratgacha bo'lgan sharoitlarda qo'llash mumkin. 211,6°C haroratda GF2 tarkibidagi karboksil va amino guruhlar ishtirokida kondensatsiya reaksiyasi kuzatiladi.

Olingan namunalarning sorbentlik xususiyatlarini baholash maqsadida bo'kish darajalari va kinetikasi o'rganildi. Izlanishlar umumiy va absolyut hajmiy bo'kish darajalarini aniqlash orqali olib borildi. Kukunsimon GF ning umumiy hajmiy bo'kish darajalarini 20°C haroratda 192 soat davomida neytral, kislotali va ishqoriy muhitlarda aniqlandi. Bunda neytral muhit – suv, kislotali muhit – 3% li xlorid kislota eritmasi va ishqoriy muhit- 3% li kaliy gidroksid eritmasidan foydalanilgan.

GF2 namunalarining maksimal umumiy hajmiy bo'kish ( $\alpha_{v,maks}$ ) - neytral muhitda- 15%, kislotali muhitda- 23% va ishqoriy muhitlar- 70% ni tashkil qildi. Ishqoriy muhitda bo'kishning yuqori darajada bo'lishi GF ning strukturaviy o'zgarishlari tufayli kristall qismlar kamayib, amorf qismlar oshishi bilan bog'liq. GF1 ning ishqoriy, kislotali va neytral muhitda maksimal bo'kish darajalari ( $\alpha_{v,maks}$ ) mos ravishda 62, 21 va 13 % ni tashkil qilishi aniqlandi. Bu maksimal bo'kish ko'rsatgichlari GF2 ning ko'rsatgichlariga karaganda kam. Bo'kish darajalari ko'rsatgichlari namunaning



**3-rasm.** Neytral (a), ishqoriy (b) va kislotali (c) eritmalarda GF zarrachalarining bo'kish jarayoni uchun  $t/\alpha$  va  $t$  ning bog'liqlik grafiqi.

14

sorbtsion xossalariga baho berishda muhim ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Shu sababli keyingi tadqiqotlar GF2 bilan olib borildi.

GF2 namunalarining neytral, kislotali va ishqoriy muhitlardagi bo'kish kinetikasining konstanta qiymatlarini aniqlash uchun ikkinchi tartibli kinetik tenglamadan foydalanildi. Tenglama asosida turli muhitlarda GF2 ning umumiy hajmiy bo'kish jarayonlari uchun  $t/\alpha$  va  $t$  ning bog'liqlik grafiklari ( $t$ -vaqt,  $\alpha$ -umumiy hajmiy bo'kish darajasi) tuzilib, bo'kish kinetikasining konstanta qiymatlari neytral muhitda 0,0664, kislotali muhitda 0,0434, ishqoriy muhitda 0,0144 ga tengligi aniqlandi. Bu ishqoriy muhitli eritmada GF ning bo'kish tezligi kislotali va neytral muhitli eritmalaridagiga nisbatan yuqoriligini ko'rsatadi.

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida GF2 namunalarining absolyut hajmiy bo'kishi aniqlandi. Namunalarining absolyut hajmiy bo'kishi aniqlashda optik mikroskop yordamida zarrachaning bo'kishidagi diametri ( $d$ ) va uzunligi ( $l$ ) o'lchab borildi.

GF zarrachalarining maksimal absolyut hajmiy bo'kishi ( $\alpha_{v,maks}$ ) neytral muhitda- 110 %, kislotali muhitda- 169,5 % va ishqoriy muhitlar- 335 % ni tashkil qildi. GF2 namunalarining absolyut bo'kish ko'rsatkichlari umumiy hajmiy bo'kish ko'rsatkichlaridan katta farq qilishi kuzatildi. Bu GF zarrachalarining umumiy bo'kishida zarrachalar orasida bo'shliqlar mavjudligi, bo'kishda zarrachalar ushbu bo'shliqlarni to'ldirishi, hajmning ortishi tufayli bo'kish o'lchanyotgan idish devoriga zarrachalarni ishqalanish ta'siri natijalarida umumiy hajmning oshishini aniqlashdagi xatoliklar bilan tushuntirildi. Absolyut hajmiy bo'kishda zarrachalarga tashqi ta'sirlar kuzatilmaydi va haqiqiy bo'kish ko'rsatkichlari aniqlanadi (5-jadval).

Neytral, kislotali va ishqoriy muhitlarda GF zarrachasining bo'kish kinetikasi aniqlangan. Kislotali va ishqoriy eritmalarda GF zarrachasining bo'kish kinetikasini ifodalovchi grafiklarda siniq to'g'ri chiziqlar hosil bo'ldi, ammo neytral muhitda bo'kish kinetikasida faqat bitta to'g'ri chiziqqa ega bo'lishi kuzatildi (3-rasm). Bu neytral muhitda bo'kish jarayonida faqat suv molekullari ishtirok qilishi bilan izohlandi. Kislotali va ishqoriy muhitlarda bo'kish ko'rsatkichlarini o'zgarishini GF dagi makromolekulalar orasiga suv molekullari bilan  $H^+$  va  $OH^-$  ionlari ham kirishi va fibroin makromolekulasi konformatsion o'zgarishlari bilan bog'liq.

**5-jadval.**

GF zarrasining bo'kish kinetik konstantasi qiymatlari

Muhit	Grafik chiziqlariga mos keladigan vaqtlar	Kinetik konstanta qiymatlari
Neytral muhitda	391 daqiqagacha	0,0087
Ishqoriy muhitda	631 daqiqagacha	0,0043
	631 daqiqadan keyin	0,0013
Kislotali muhitda	331 daqiqagacha	0,0123
	331 daqiqadan 541 daqiqagacha	-0,0038
	541 daqiqadan keyin	0,0059

GF tarkibida faol markazlar sonini oshirish va unga muhit ta'sirini o'rganish maqsadida kislotali, ishqoriy, neytral (suv) muhitli eritmalarda bo'ktirilgan GF ning namunalariga 510 W quvvatli O'YCh nurlar 5 daqiqa davomida ta'sir qildirildi va GF3, GF4, GF5 namunalari olindi.

Olingan GF3, GF4, GF5 namunalari ATR-IQ Furiye spektroskopiyasi yordamida tahlil qilish orqali GF4 namunasida amorf qismlar oshishini, GF3 namunasida kristall qismlar oshishi kuzatildi.

IF tolasidan olingan GF namunalarining aniqlangan sirt yuza ko'rsatgichlari 6-jadvalda keltirilgan.

Kukunsimon GF namunalarining g'ovaklik radiuslari  $3,28 \div 3,75$  nm ga tengligi aniqlandi. Namunalarning solishtirma sirt yuzasi GF1 da  $84,64 \text{ m}^2/\text{g}$ , GF2 da esa  $92,52 \text{ m}^2/\text{g}$  ga teng bo'lishi, O'YCh nurlar ta'sirida GF2 yuzasida g'ovakliklar miqdori ortishi bilan tushuntirildi. GF3 namunasining sirt yuzasi  $87,83 \text{ m}^2/\text{g}$  gacha kamaygan. Bunga GF3 ni olishdagi kislotali muhitda namunalarda kristallik darajasining oshishi va o'z navbatida g'ovakliklarni yopilishi sabab bo'lgan. GF2 namunasining olinish usulining tezkorligi, sirt yuzasining kattaligi va g'ovakliklarni ko'pligi, termik xususiyatlari bilan an'anaviy termik usulda olingan GF1 ga nisbatan ustunligi kuzatildi.

**6-jadval.**

GF namunalarining sirt yuzasi ko'rsatgichlari

Namuna	$S_{sol}$ , $\text{m}^2/\text{g}$	Mikro- g'ovak, $W_o$ , $\text{m}^3/\text{g}$	Mezo- g'ovak $W_{me}$ , $\text{m}^3/\text{g}$	G'ovaklik radiusi $r$ , nm	To'yinish hajmi, $V_s$ , $\text{m}^3/\text{g}$	$n_M$ , mol/kg
IF tola	84,90	0,09083	0,0800	4,09	0,1737	1,3060
GF1	84,64	0,0400	0,1149	3,66	0,1548	1,3019
GF2	92,52	0,0442	0,1286	3,73	0,1728	1,4230
GF3	87,83	0,04038	0,1081	3,38	0,1485	1,3510
GF4	91,53	0,04429	0,1276	3,75	0,1719	1,4078
GF5	93,90	0,04728	0,1068	3,28	0,15408	1,4457

Kukunsimon GF ning sorbsion xossasiga baho berish maqsadida mis(II), temir(III), kumush(I), oltin(III) ionlari sorbsiyasi va paxta moyini oqlash xossasi bo'yicha tajribalar olib borildi.

Suvli eritmalardan qimmatbaho metall ionlarini ajratib olish imokiyatlarini aniqlash maqsadida mis(II), temir(III), kumush(I), oltin(III) ionlari sorbsiyasi o'rganildi. Olib borilgan tadqiqotlar GF ga 298 K haroratda kumush(I) ionlarining maksimal sorbsion sig'imi  $247,7 \text{ mg/g}$  ga, oltin ionlari uchun  $265,47 \text{ mg/g}$  ga, mis ionlari uchun  $56,88 \text{ mg/g}$  ga teng bo'lishini ko'rsatdi. Temir(III) ionlari eritmasining kontsentratsiyalari ortishi bilan sorbsiya keskin kamaydi. Temir(III) ionlarining  $0,003165$  va  $0,008051$  M kontsenratsiyali eritmalarda sorbsiya kuzatilib, sorbsion sig'im mos ravishda  $24,8$  va  $9,99 \text{ mg/g}$  ga teng bo'ldi.  $0,0100$  M kontsentratsiyali eritmadan boshlab esa sorbsiya jarayoni bormadi. Bu yuqori kontsentratsiyali

eritmalarda kislotalik ortib ketishi natijasida GF ning g'ovakliklaridagi amorf qismlar kristallashishi, natijada g'ovakliklar yopilib qolishi bilan izohlandi.

GF ning kumush va oltin ionlarini uchun sorbsion sig'imi qimmatbaho metall ionlarini ajratib olishda qo'llaniladigan sorbentlarnikidan yuqoriligi aniqlandi. Bu orqali kukunsimon GF ni kumush va oltin ionlarini samarali sorbsiyalovchi sorbent sifatida baholash mumkin.

Kumush, oltin va mis ionlarining GF kukunlariga sorbsiyasini Lengmyur, Freyndlix va Dubinin-Radushkevich (D-R) izoterma modellari yordamida o'rganilib, mis va kumush ionlarining sorbsiyasi uchun Lengmyur, oltin ionlarini sorbsiyasi uchun Freyndlix izoterma modellari mos kelishi aniqlandi. Mos keluvchi izotermalar asosida sorbsiya jarayonining Gibbs energiyasining o'zgarishlari manfiy qiymatga ega bo'lishini ko'rsatdi va bu sorbsiya jarayoni o'z-o'zicha borishini anglatadi.

Oltin ionlarining sorbsiyasiga mos keluvchi Freyndlix izoterma modelidan aniqlangan  $n=0,705$  bo'lgani uchun kimyoviy sorbsiya jarayoni ( $n<1$ ) ustun ekanligini ko'rsatdi (7-jadval).

Oltin ionlarini sorbsiyalagan GF kukunlari sariq rangda bo'lib, undagi oltin ionlari qaysi funksional guruhlar bilan o'zaro ta'sirlashganligini aniqlash uchun ATR-IQ Furrye spektroskopiya tahlilidan foydalanildi va  $3074,94 \text{ cm}^{-1}$  dagi yutilishni ortishi aromatik halqadagi C-H bog'larning tebranishlarini o'zgarganligi bilan bog'liq deb qaraldi.

7-jadval.

GF ga metall ionlarini sorbsiyasi uchun turli izoterma modellaridan aniqlangan ko'rsatgichlar

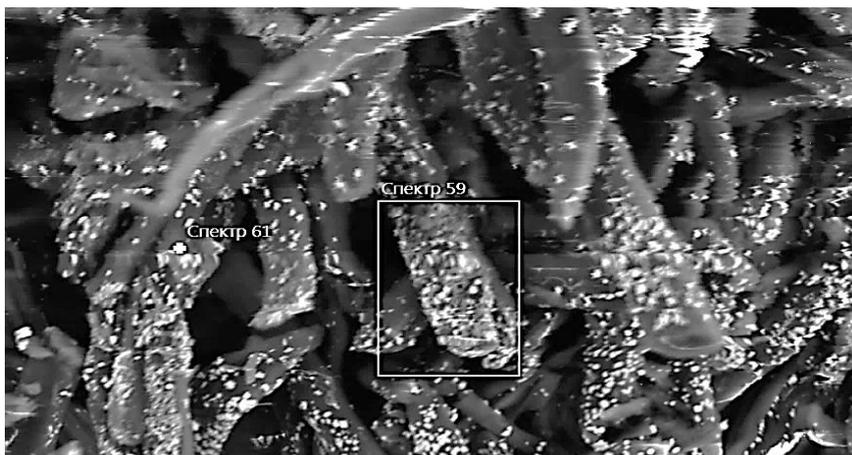
Metall ioni	Lengmyur izotermasidan aniqlangan ko'rsatgichlar		Freyndlix izotermasidan aniqlangan ko'rsatgichlar			Dubinin- Radushkevich izotermasidan aniqlangan ko'rsatgichlar		$\Delta G_{sorb.}$ , kJ/mol
	$K_L$ , L/mol	$R^2$	$K_F$ , L/mol	$n$	$R^2$	$E$ , kJ/mol	$R^2$	
Cu(II)	1,63773	0,9934	0,0010539	0,95	0,9743	0,1008	0,8575	-1,222
Ag(I)	18,490	0,9988	0,012790	1,502	0,9668	0,2290	0,9035	-7,220
Au(III)	-	-	1,61360	0,705	0,9861	1,4222	0,8821	-1,1854

$1441,5 \text{ cm}^{-1}$  sohadagi yutishni kuchli ortishi *Ala* aminokislota qoldig'idagi  $\text{CH}_3$ -guruhining tebranishlarini bilan bog'liq bo'lib, bu *Ala* aminokislota qoldig'ini C=O yoki -NH- guruhi orqali oltin ionlari bilan koordinatsion bog'langan bo'lish ehtimolini ko'rsatadi.  $1360,5 \text{ cm}^{-1}$  sohadagi yutish fibroindagi C-H guruhlarni erkin tebranishini ortishi tufayli vujudga kelgan.  $1167,69 \text{ cm}^{-1}$  sohadagi yutilishdagi o'zgarish *Tyr* aminokislotasidagi -NH-CO- va -OH guruhlari bilan oltin ionlari o'zaro ta'sirda ekanligini ifodalaydi.  $1043,3 \text{ cm}^{-1}$  dagi cho'qqini paydo bo'lishi birlamchi spirtning C-OH guruhining (*Ser*) tebranishiga tegishli hisoblanadi.

Kumush va mis ionlarini sorbsiyalagan GF namunalaridan metall ionlarini desorbsiyalanishi kuzatildi. Bu GF ga kumush va mis ionlarini fizikaviy

sorbsiyalanishidan dalolat beradi. Ammo, kumush, oltin va mis ionlarini sorbsiyalagan GF namunalarida vaqt o'tishi bilan tarkibiy o'zgarishlar kuzatildi.

Kumush(I) ionlarini sorbsiyalagan GF namunalar 24 soatdan keyin yorug'lik ta'sirida qizg'ish qo'ng'ir rangga, past kontsentratsiyali ( $pH > 3,5$ ) eritmalaridan oltin ionlarini sorbsiyalagan namunalar 12 soatdan keyin qizg'ish rangga, mis ionlarini sorbsiyalagan namunalar 7 kundan keyin sariq rangga



25 $\mu$ m

**4-rasm.** Kumush tutgan GF namunasining SEM tasviri (x2000).

kirishi kuzatildi. Rang o'zgarishi kuzatilgan namunalarning tarkibi UB- va ATR-IQ Furiye spektroskopiyasi, skaner elektron mikroskopiya, rentgenofazaviy tahlil va kvant kimyoviy hisoblash usullari yordamida o'rganildi.

Kumush tutgan GF ning ATR-IQ Furiye spektridagi 3283,57, 3078,8, 2934  $cm^{-1}$  sohadagi yutilishning intensivliklarini o'zgarishi -NH-, aromatik halqadagi va metilen guruhdagi C-H larni tarkibiy o'zgarishga uchraganligini tushuntiradi. 600 va 826  $cm^{-1}$  sohadagi yutilishlarni o'zgarishi kumush nanozarrachalariga xos simmetrik tebranishlar hisoblanadi.

Oltin tutgan GF ning ATR-IQ Furiye spektrdagi 3285,14  $cm^{-1}$  yutilish intensiyasini o'zgarishi -OH va amid guruhlarida o'zgarish bo'lganini tushuntiradi. 2928,38  $cm^{-1}$  sohadagi yutilish intensivligi -CH<sub>2</sub>- guruhi o'zgarishga uchraganligini bildiradi. Bu natijalar Tyr aminokislota qoldig'idagi -OH va fenilen guruh tarkibiy o'zgarishga uchraganligini anglatadi. 684  $cm^{-1}$  sohadagi yutilish Au-N va Au-O bog'lari mavjud ekanligini ko'rsatadi.

Mis tutgan GF ning ATR-IQ Furiye spektrlarini tahlil qilinganda 426,191  $cm^{-1}$  sohadagi yutilish intensivligini ortishi Cu-N va Cu-O bog'lari vujudga kelganligi bilan bog'liq. 1625,7  $cm^{-1}$  dagi yutilish intensivligining ortishi  $\beta$ -strukturadagi amid I guruhlari bilan mis ionlari bog'lanish hosil qilganligini anglatadi.

Kumush va oltin nanozarrachalari hosil bo'lganligi va mis ionlari fibroin bilan bog'langanligini isbotlash maqsadida kvant kimyoviy hisoblashlar qilindi. Buning uchun metall tutgan GF molekulasini modellari tuzildi va hisoblashlar HyperChem professional 8.0.8 dasturida, BIO+ (CHARMM22) kuch maydonida molekularni optimallashtirgan holda amalga oshirilib, metall tutgan GF molekularining IQ-spektrlari hisoblash asosida olindi. Kvant kimyoviy hisoblashlar yordamida olingan IQ-spektrlari va amalda olingan IQ-spektr natijalari bilan solishtirildi. Dastur yordamida qaysi spektr qanday funktsional guruhlarga mos kelishi aniqlab chiqilib, amalda olingan IQ-spektr natijalariga yaqinligini aniqlandi. Bu natijalar GF tarkibida

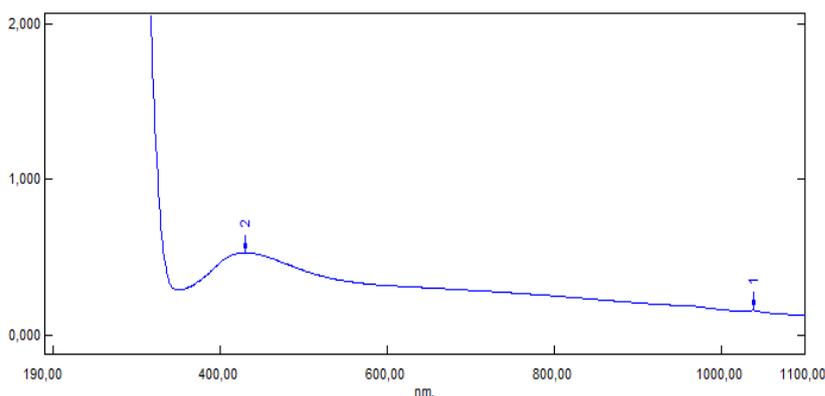
kumush va oltin nanozarrachalari va mis ionlari kompleks birikma hosil qilganligini tasdiqlaydi. Namunadagi kumush va oltin nanozarrachalarining ta'svirlarini olish maqsadida SEM tahlilidan foydalanildi (4-rasm). GF tarkibidagi kumush, oltin nanozarrachalarini mavjudligi va zarrachalarning o'lchamlarini aniqlash uchun UB-spektroskopiyasi va rentgenofazaviy tahlillari qilindi.

Kumush, oltin tutgan GF kukunlari  $\text{CaCl}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH-H}_2\text{O}$  ning 1:2:8 mol nisbatli eritmasida eritilib, UB-spektrlari olindi va kumush nanozarrachalariga xos 430 nm to'liq uzunlikdagi sohada (5-rasm), oltin nanozarrachalariga xos bo'lgan 542 nm to'liq uzunlikli sohada (6-rasm) yutilishlar kuzatildi. Rentgenofazaviy tahlillar orqali olingan diffraktogrammalarda kumush va oltin nanozarrachalariga xos intensiv cho'qqilar kuzatildi. Olingan diffraktogrammalar ma'lumotlari asosida va Debay-Sherrer tenglamasi yordamida kumush nanozarrachalari o'lchami  $9,5 \div 17,26$  nm, oltin nanozarrachalari o'lchami esa 9,15 nm ekanligi tasdiqlandi.

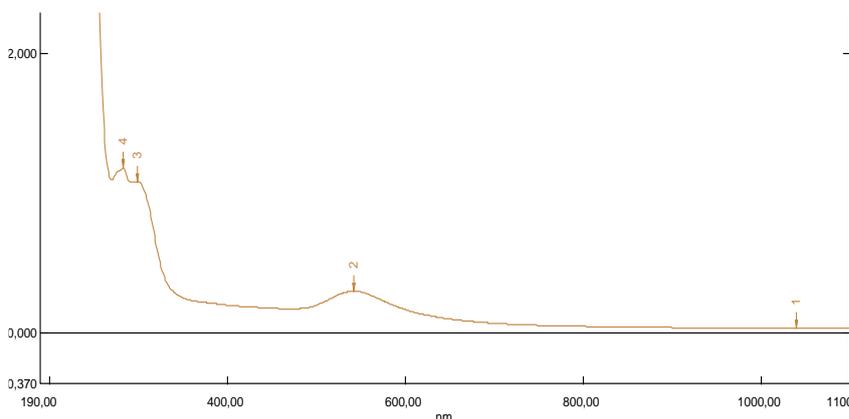
Oltin va kumush tutgan GF namunalarining UB- va ATR-IQ Furre spektrlari, kvant kimyoviy hisoblash natijalari, SEM va rentgenofazaviy tahlil natijalari nanozarrachalar hosil bo'lganligini isbotlaydi.

Ipakning tolali chiqindilaridan olingan GF namunalarini (GF1, GF2, GF3, GF4) "Urganch yog'-moy" AJ da ishlab chiqarilayotgan paxta moyini oqlash jarayonida sorbent sifatida qo'llanildi. "Urganch yog'-moy" AJ da moylarni oqlash jarayonida qo'llanilayotgan import qilib keltirilgan "Pokiston" bentonitining sorbsion ko'rsatgichlari bilan taqqoslandi.

Ipakning tolali chiqindilaridan olingan GF namunalari bilan paxta moyini oqlash jarayonida moyning ranglilik darajasi 17 qizil birlikdan 8 gacha, kislota soni esa 0,4 dan 0,2 gacha, peroksid soni 12 birlikdan  $2,2 \div 5$  mmol/kg gacha kamaydi. Paxta moyini namlik ko'rsatgichi  $0,055 \div 0,06$  gacha pasaydi. Kislota sonini kamayishi GF ning asoslik xossasi mavjudligi sababli moy tarkibidagi erkin yog' kislotalarini neytralashi bilan tushuntirildi. GF namunalarini moyning peroksid sonini keskin



5-rasm. GF tarkibidagi kumush nanozarrachalarining UB-spektri



6-rasm. GF tarkibidagi kumush nanozarrachalarining UB-spektri

tushirishiga asosiy sabab fibroin tarkibidagi *Tyr*, *Phe* kabi aminokislota qoldiqlarining aromatik funtsional guruhlarining peroksidlar ta'sirida oksidlanishidir.

Moylarni oqlash jarayonida GF namunalari qo'llanilganda, ular paxta moyi bilan uzoq vaqt ushlab turilsa ham moyning tarkibi va ta'mi o'zgarmaydi. GF namunalari moyning peroksid sonini pasaytirishi paxta moyini saqlanish muddati oshishiga olib keladi.

## XULOSA

“Ipak sanoati tolali chiqindilari asosida sorbent olishning ilmiy va amaliy asoslari” mavzusida falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Ipakning tolali chiqindilaridan kislotali sharoitda O'YCh nurlar ta'sirida kukunsimon GF olishning gidroliz vaqtini an'anaviy termik usulga nisbatan 5 marta kamaytirishga erishildi va optimal sharoit aniqlandi. O'YCh nurlar ta'sirida kukunsimon GF olish jarayonini nur quvvati 510 W, gidroliz vaqti 16 daqiqa, 3 % kontsentratsiyali xlorid kislota eritmasi sharoitida olib borish yuqori samara berishi ko'rsatildi.

2. O'YCh nurlar ta'sirida olingan kukunsimon GF tarkibi, tuzilishi va xossalari o'rganildi. IF tolasining O'YCh nurlar ta'sirida gidroliz jarayoni makromolekulaning kristall va amorf qismlaridagi ma'lum aminokislota qoldiqlari hisobiga borishini YSSX, IQ-spektroskopiya va rentgenofazaviy tahlil usullari yordamida aniqlandi. Ilk bor GF namunalarining molekulyar massalarini aniqlashning spektrofotometriya usuli ishlab chiqildi. GF2 ning termik xossalari DSK tahlili yordamida o'rganildi va 211,6°C haroratdagi o'ziga xos cho'qqini vujudga kelishi O'YCh nurlar ta'sirida vujudga kelgan ko'plab yoriqlardagi karboksil va amino guruhlar orasidagi reaksiya borishi bilan izohlandi.

3. GF namunalarining neytral, ishqoriy va kislotali eritmadlarda umumiy va absolyut bo'kish darajalari o'rganildi. Umumiy bo'kish jarayoni ikkinchi tartibli kinetik tenglamaga mos kelishi va kinetik konstanta qiymatlari neytral, kislotali va ishqoriy muhitlarda mos ravishda 0,0664, 0,0434 va 0,0144 ga tengligi aniqlandi.

4. GF ning metall ionlari uchun sorbsion sig'imi va sorbsiya mexanizmlari aniqlandi. GF ning sorbsion sig'imi oltin ionlari uchun 265,47 mg/g ni, kumush ionlari uchun 247,7 mg/g ni va mis ionlari uchun 56,88 mg/g ni tashkil qildi. Metall ionlarini sorbsiyalagan GF namunalari uchun kvant kimyoviy hisoblashlar va fizik tadqiqot tahlillari amalga oshirilib, vaqt o'tishi davomida 12 soatdan so'ng oltin, 24 soatdan so'ng kumush nanozarrachalari va 7 sutkadan so'ng mis komplekslari hosil bo'lishi isbotlandi.

5. GF namunalari bilan paxta moyini oqlash amalga oshirildi. Paxta moyini oqlash orqali ranglilik darajasi 17 qizil birlikdan 8 qizil birlikgacha, kislota soni esa 0,4 dan 0,2 ko'rsatgichgacha va peroksid soni 12 mmol/kg dan 2,2 mmol/kg gacha kamaytirishga erishildi. Olingan GF sorbentini paxta moyini oqlash jarayoniga qo'llash orqali moyning sifatini va saqlanish muddatini oshishiga erishildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.К/ФМ/Т.36.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ ХИМИИ И ФИЗИКИ  
ПОЛИМЕРОВ**

---

**УРГЕНЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ЭШЧАНОВ ХУШНУДБЕК ОДИЛБЕКОВИЧ**

**НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТА  
НА ОСНОВЕ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ ШЕЛКОВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**02.00.06 – Высокомолекулярные соединения**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ  
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PHD) ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2023**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2022.2.PhD/К394.**

Диссертация выполнена в Ургенчском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета [www.polchemphys.uz](http://www.polchemphys.uz) на информационно-образовательном портале «ZiyoNET» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Научный руководитель**

**Балтаева Мухаббат Матназаровна**  
кандидат химических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Акбаров Хамдам Икромович**  
доктор химических наук, профессор

**Вохидова Ноира Рахимовна**  
доктор химических наук, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:**

**Институт Биоорганической химии**

Защита диссертации состоится « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г. в \_\_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 при Институт химии и физики полимеров. (Адрес: 100128, г. Ташкент, ул. Абдулла Кадыри, 7<sup>б</sup>. Тел.: (+99871) 241-85-94; факс: (+99871) 241-26-60, e-mail: [polymer@academy.uz](mailto:polymer@academy.uz)).

Диссертация зарегистрирована в информационно-ресурсном центре Института химии и физики полимеров. за № \_\_\_\_, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (Адрес: 100128, г.Ташкент, улица Абдулла Кадыри, дом 7<sup>б</sup>. Телефон: (+99871) 241-85-94.

Автореферат диссертации разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

(реестр протокола рассылки № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.)

**С.Ш. Рашидова**

Председатель Научного совета по присуждению ученой степени, д.х.н., профессор, академик

**М.М. Усманова**

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, к.х.н. старший научный сотрудник

**А.А. Атаханов**

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире производство шелка и производство необходимой продукции для текстильной промышленности считается одной из основных отраслей, а Республика Узбекистан является одной из ведущих стран в этом направлении. При производстве шелка образуется до 30 % непригодных для текстильной промышленности отходов шелкового волокна, причем эти отходы имеют тот же химический состав, что и шелковые волокна, и их целевое использование является одним из актуальных вопросов.

В мире проводятся ряд научных исследований по получению различных материалов для областей медицины, фармацевтики и косметики на основе шелкового волокна, созданию различных образцов сорбентов с использованием отходов шелкового волокна в технических целях. В связи с этим большое научное и практическое значение имеет получение сорбентов с высокими сорбционными свойствами, используемых в технических целях из волокнистых отходов шелковой промышленности энергосберегающими способами и проведение целевых научных исследований в таких направлениях, как изучение их состава, структуры и свойств.

В нашей республике выполнен ряд научных исследований в этой области, в результате которых созданы образцы сорбентов из фиброина природного шелка в медицинских целях. В частности, проведены широкомасштабные меры по организации на высоком уровне научных исследований в развитии создания продукции на основе местного сырья, заменяющей импорт и предназначенной для экспорта, а также сохранению темпов экономического роста, поддержанию местного производства. В данном достигнуты важные результаты в производстве конкурентноспособных полимерных продуктов. В концепции развития науки до 2030 года в Стратегии прогресса Нового Узбекистана по дальнейшему развитию нашей страны поставлены задачи «...производства готовой продукции высокой дополнительной стоимостью на основе глубокой переработки местных ресурсов сырья...». В связи с этим в Республике Узбекистан имеет важное значение проведение научно-практических исследований, направленных на создание экобезопасных, природных полимерных сорбентов на основе местного сырья.

Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности», № ПП-5863 от 30 октября 2019 года Постановление «Об утверждении концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года» от 12 августа 2020 года № ПП-4805 «О качестве непрерывного образования в области химии и биологии и Настоящая диссертационная работа служит в определенной степени для реализации выполнения задач, определенных в Постановлениях «О мерах по повышению научной результативности», а также в иных нормативно правовых документах, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии в Республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** Во многих ведущих научных центрах мира на высоком уровне проводятся научные исследования по получению сорбентов из отходов натурального шелкового волокна и изучению их свойств. Большинство опубликованных научных публикаций посвящено получению и изучению свойств высоко пористых пленкообразных, волокнистых и порошкообразных сорбентов на основе волокон фиброина шелка. Большой вклад в развитие этого направления внесли ученые с мировым именем, такие как Huang Y., Farooq M., Kundu P., Hazarika S., Feng X., Ohtomo K., Mizuno Sh, Sato T., Abe S., Ito Sh., Abe T., Агапов И., Сафонова Л., Боброва М., Shimizu F., Sakaguchi I. Takahashi Y., Янукович В., Семенов Н., Карпов А., Колинко С., Воронов В., Xiao Sh., Wang Z., Ma H., Cao S., Ling Sh., Kaplan D., Qin Z., Lee M., Chen W., Parushuram N., Ranjana R., Nitayaphat W., Jintakosol T. Arami M., Mahmoodi N.

В нашей республике академик Рашидова С. Ш., профессора Саримсаков А.А., Юнусов Л., Холмуминов А.А., Алимова Х.А., Набиева И.А., Пак Т.С., Тахтаганова Д.Б., Камилова С.Д., Хамраев А.Л., доц. Балтаева М.М., (PhD) Ярматов С.С. и др. внесли свой вклад в это направление, проведя своими научно-исследовательскими работами по исследованию состава, структуры, свойств фиброина шелка и получению из него сорбентов

До этих исследований изучались вопросы получения гидролизованного фиброина в порошкообразном виде из волокнистых отходов шелковой промышленности в кислых условиях под воздействием сверхвысокочастотных лучей. Не достаточно изучена структура, состав, сорбционные свойства ионов драгоценных металлов, очищающие свойства растительных масел и определение его молекулярной массы методом спектрофотометрии. Проведение научно-практических исследований в этом направлении получения перспективы создания порошкообразных сорбентов с высокими сорбционными свойствами из волокнистых отходов шелковой промышленности.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта Ургенчского государственного университета «Академическая мобильность молодых ученых» по теме АМ-ФЗ 2017102347 - «Изучение и освоение метода получения бактерицидных материалов содержащих нанометаллы на основе гидролизованного фиброина» (2017-2019 гг.).

**Целью исследования** получить сорбенты из гидролизованного фиброина из отходов шелкового волокна под действием сверхвысокочастотного облучения и изучить его состав, структуру и свойства.

**Задачи исследования:**

- исследование гидролизованного фиброинного волокна шелка, полученного из отходов шелкового волокна, в кислых условиях под действием сверхвысокочастотного облучения;

- определение состава, структуру и свойств гидролизованного фиброина в виде порошка, полученного под воздействием сверхвысокочастотного облучения;

- исследование сорбционных свойств ионов серебра(I), золота(III), меди(II) и железа(III) на гидролизованном фиброине;

- анализ образцов гидролизованного фиброина, сорбированного ионами металлов, физико-химическими методами и квантово-химических расчетов;

- заключается использование образцов гидролизованного фиброина сорбента при отбеливании хлопкового масла.

**Объектами исследования** являются отходы шелкового волокна, порошкообразного гидролизованного фиброина, наночастицы серебра и золота, содержащиеся в гидролизованном фиброине, комплекс меди(II) в гидролизованном фиброине.

**Предметами исследования** получение порошкообразного гидролизованного фиброина из отходов шелкового волокна под воздействием сверхвысокочастотных лучей, изучение состава, структуры и сорбционных свойств порошкообразного гидролизованного фиброина, изучение свойств продуктов отбеленных хлопкового масла.

**Методы исследования.** В исследованиях использовались УФ-, НПВО-ИК Фурье-спектроскопия, рентгенофазовый анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, сканирующая электронная микроскопия, оптическая микроскопия, осмометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография и квантово-химические методы расчета.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

- впервые получен гидролизованный фиброин путем гидролиза отходов шелкового волокна под воздействием сверхвысокочастотных лучей в кислых условиях и установлены оптимальные условия;

- впервые методом спектрофотометрии определена молекулярная масса гидролизованного фиброина в виде порошка, полученного из отходов шелкового волокна;

- установлены механизмы образования наночастиц серебра, золота и меди(II) в гидролизованном фиброине, механизмы сорбции ионов металлов;

- определены свойства порошкообразного гидролизованного фиброина при отбеливании хлопкового масла.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

Определены оптимальные условия получения порошкообразного гидролизованного фиброина с высокими сорбционными свойствами под действием сверхвысокочастотного излучения из отходов местного сырья, в частности, из волокнистых отходов шелковой промышленности;

Для сорбции ионов серебра и золота с высокой сорбционной емкостью и для отбеливания хлопкового масла, вырабатываемого в масложировой промышленности, из отходов шелкового волокна отбирали образцы

гидролизованного фиброина в виде порошка.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты исследований подтверждены данными современного рентгенофазового анализа, НПВО-ИК Фурье и УФ-спектроскопии, дифференциальной сканирующей калориметрии, сканирующей электронной микроскопии, оптической микроскопии, осмометрии, высокоэффективной жидкостной хроматографии и квантово-химических расчетных методов, а также результаты исследований были представлены в ряде международных и опубликованных в республиканских журналах и обсуждены на научных конференциях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований заключается в определении оптимальных условий гидролиза фиброинового волокна шелка и получения гидролизованного фиброина в виде порошка под воздействием сверхвысококачественных лучей в кислых условиях. Также показано возможность определения молекулярной массы гидролизованного фиброина, полученного из отходов шелкового волокна, спектрофотометрическим методом и сорбционных свойств ионов серебра, золота и меди(II).

Практическая значимость результатов исследований заключается в приготовлении импортозамещающих сорбентов для отбеливания хлопкового масла на основе порошкообразного гидролизованного фиброина, полученного из отходов шелкового волокна под воздействием сверхвысококачественных лучей.

Показана возможность отбеливания хлопкового масла гидролизанным фиброином, производимого в масложировой промышленности. Показано, что гидролизанный фиброин в виде порошка, полученный из отходов шелкового волокна, по сорбционной активности превосходит импортные бентонитовые глины.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научных результатов, полученных на научно-практической базе производства сорбентов на основе волоконных отходов шелковой промышленности:

Научные результаты, полученные по производству сорбентов на основе отходов шелкового волокна, использованы в фундаментальном проекте «А-12-53- Иммуобилизованные реагенты на полимерных носителях в разработке фотометрических и сорбционно-фотометрических методов определения экотоксикантов в объектах окружающей среды» (2015-2017 гг.), применяемых при сорбции ионов металлов (МВССОРУз НУУз № 04111-1617 от 19 марта 2022 года). В результате были определены высокие сорбционные свойства сорбции ионов тяжелых металлов, что способствовало успешной реализации проекта.

Образцы гидролизованного фиброина, полученные из отходов шелкового волокна, внедрены в практику для очистки (отбеливания) хлопкового масла на АО «Урганч ёг-мой» (акт АО «Урганч ёг-мой» от 20 июля 2022 года). В результате по сравнению с импортным бентонитовым сорбентом разработанный сорбент показал высокую эффективность и позволил увеличить качественные показатели хлопкового масла и увеличить срок.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались на 2-х международных и 2-х республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 11 в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD), в том числе 7 статей – в зарубежных и 4 статьи опубликованы в республиканских журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 109 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Во введении определяются актуальность работы, цель и задачи исследования, объекты и предметы исследования, соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики Узбекистан, показаны научные инновации и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, выявлена теоретическая и практическая значимость, представлена исследовательская информация о внедрении результатов и опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Состав, получение, физико-химические свойства и возможности использования фиброина натурального шелка (обзор литературы)»** рассмотрено образование отходов волокна натурального шелка и его состав, строение, физико-химические свойства фиброина шелка, определение молекулярных масс, разделение фиброина шелка, способы получения сорбентов из фиброина шелка, дан обзор литературы по возможностям отбеливания растительных масел сорбентами.

Во второй главе диссертации под названием **«Методическая и экспериментальная часть»** рассмотрены способы выделения фиброина из отходов шелкового волокна, способы получения порошкообразного гидролизованного фиброина (ГФ) из шелкового фиброинового (ШФ) волокна под воздействием традиционных термических и сверхвысокочастотного (СВЧ) облучения в кислых условиях, описаны набухание и термические свойства порошкообразного ГФ, описаны методы определения молекулярной массы ШФ волокна и порошкообразных образцов ГФ, отбеливание ГФ хлопкового масла, определение показателей сорбции ионов металлов, физико-химические методы исследования.

В третьей главе диссертации **«Структура, состав, физико-химический анализ и сорбционные свойства образцов порошкообразного гидролизованного фиброина, полученного из отходов шелкового волокна»** рассмотрено получение порошкообразного ГФ из отходов шелкового волокна в кислых условиях традиционным термическим способом и при СВЧ облучении,

исследованы набухание и тепловые свойства порошкообразного ГФ, определены молекулярные массы ШФ волокна и порошкообразных образцов ГФ, изучены условия отбеливания хлопкового масла ГФ, показаны сорбции ионов металлов и результаты физико-химического анализа полученных образцов.

ШФ волокно из отходов шелкового волокна подвергали гидролизу в растворе HCl с получением порошкообразного ГФ традиционным термическим методом. Для подбора оптимальных условий данного метода ШФ волокно обрабатывали при температуре 80÷100°C, в течение 55÷840 минут при концентрации гидролизующего раствора 2÷5%.

Оптимальные условия подобраны с учетом зависимости температуры процесса гидролиза, концентрации гидролизующего раствора и продолжительности процесса от перехода волокна ШФ в порошкообразное состояние, значений выхода продукта (табл. 1).

**Таблица 1.**

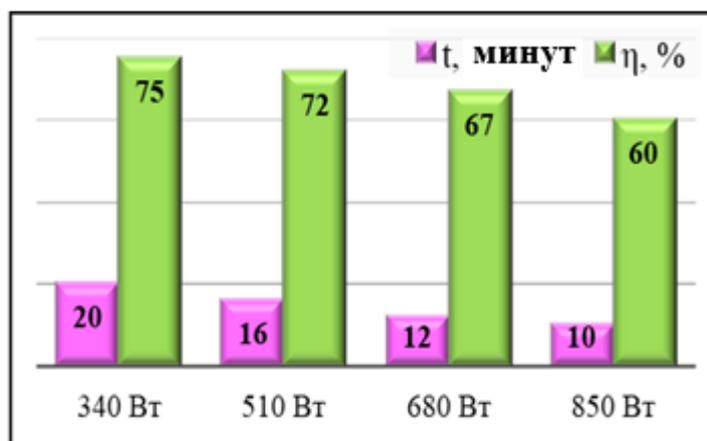
Зависимость порога перехода волокна ШФ в порошкообразное состояние от условий процесса

t° \ C%	80°C		85°C		90°C		95°C		100°C	
	t, мин.	Выход	t, мин.	Выход	t, мин.	Выход	t, мин.	Выход	t, мин.	Выход
2	840	94%	720	91%	120	88%	116	85%	100	77%
3	160	89%	130	86%	<u>80</u>	<u>81%</u>	77	78%	70	71%
4	110	85%	98	82%	75	78%	69	74%	65	67%
5	98	78%	87	72%	68	65%	60	60%	55	52%

На основании полученных результатов в качестве оптимальных условий гидролиза ШФ волокна, полученного из отходов шелкового волокна, традиционным термическим методом были выбраны концентрация HCl - 3%, температура - 90°C, время 80 минут. Выход ГФ составил 81%. Образцы ГФ, полученные в этих условиях, условно обозначены как ГФ1.

С целью изучения влияния СВЧ лучей на гидролиз волокон ИФ, полученных из волокнистых отходов шелка, процесс проводили в 3% растворе HCl при мощности источника излучения 850, 680, 510 и 340 Вт.

На рис. 1 показано влияние СВЧ лучей на выход продукции и время гидролиза ГФ. На основании полученных результатов в качестве



**Рисунок 1.** График зависимости мощности, времени и производительности СВЧ облучения при гидролизе (C%(HCl)=3 %)

оптимальных условий получения порошкообразного ГФ из отходов шелкового волокна под действием СВЧ лучей были выбраны мощность луч 510 Вт и время гидролиза 16 минут. Выход ГФ составил 72 %. Образцы ГФ, полученные в этих условиях, были условно обозначены как ГФ2.

Исследование размера частиц порошкообразного ГФ, полученного из волокна ШФ, проводили методом оптической микроскопии. Проведено сравнение показателей качества образцов ГФ1 и ГФ2, полученных в оптимальных условиях, и сопоставлены преимущества методов получения ГФ.

Получение ГФ из ШФ волокна традиционным термическим методом было завершено за 80 минут, а с использованием СВЧ облучения за 16 минут. Показано, что процесс получения порошкообразного ГФ под действием СВЧ лучей происходит в 5 раз быстрее, чем традиционным термическим способом. Средний размер частиц ГФ2, полученных под воздействием СВЧ лучей, составляет 81 мкм, а средний размер частиц ГФ1, полученных традиционным термическим методом, составляет 65 мкм. В процессе получения ГФ1 тепловое воздействие проникает с поверхности внутрь системы, в связи с чем много времени тратится на термо гидролитический распад макромолекул, что в свою очередь приводит к образованию множества центров разрушения в волокно ШФ. Из-за этого частицы ГФ1 имеют малый размер. В процессе получения ГФ2 СВЧ лучи прогревают сразу весь объем, в связи с чем на СВЧ - гидролитический распад макромолекул затрачивалось меньше времени, в волокне ШФ формировалось меньше центров разрыва и образовывались относительно более крупные частицы ГФ2. Формы и структурные изменения полученных образцов ГФ были проанализированы физическими методами исследования.

Полученные образцы ГФ исследовали методами оптической микроскопии, НПВО-ИК Фурье спектроскопии, УФ-спектрофотометрии, рентгенофазового анализа, сорбции ионов металлов, физическими и физико-химическими методами.

При оптическом микроскопическом анализе на поверхности частиц ГФ2 наблюдалось множество пор и трещин. В процессе получения ГФ2 под действием СВЧ излучения вода и ионы водорода в растворе и в волокне ШФ сильно колеблются, кинетическая энергия молекул увеличивается, а в системе внутри волокна выделяется тепло. Процесс гидролиза ускоряется за счет быстрого нарастания тепла до высокой величины и быстрого движения молекул (полярных и заряженных частей). Поскольку СВЧ лучи быстро повышают температуру внутри волокна ШФ, молекулы воды разрушают волокно и вызывают множество трещин в частицах фиброина.

ШФ волокно имеет аморфную и кристаллическую части. Для изучения аморфной и кристаллической структур полученных образцов был проведен рентгенофазовый анализ (рис. 2).

На дифрактограмме образца ГФ1 было замечено, что пик  $2\theta=12^\circ$  резко уменьшен по сравнению с пиком волокна ШФ. По сравнению с ШФ волокном шелка наблюдались сдвиги пиков и изменение их интенсивности при  $2\theta=24,43^\circ$  и  $2\theta=43,97^\circ$ . Эти изменения являются следствием уменьшения количества

аморфных частей ( $\alpha$ - и неупорядоченных цепей) в фиброине шелка во время получения ГФ1.

На дифрактограмме ГФ2 наблюдалось резкое уменьшение интенсивности пиков, соответствующих  $2\theta=12^\circ$  и  $19,8^\circ$ . По сравнению с ШФ волокна обнаружено увеличение смещения пика при  $2\theta=24,47^\circ$ , интенсивности пиков при  $2\theta=43,97^\circ$ ,  $2\theta=64,32^\circ$  и  $74,43^\circ$ . На основании результатов был сделан вывод, что аморфные части ШФ волокна уменьшались в результате гидролиза, а кристаллические части увеличивались в процессе получения ГФ2.

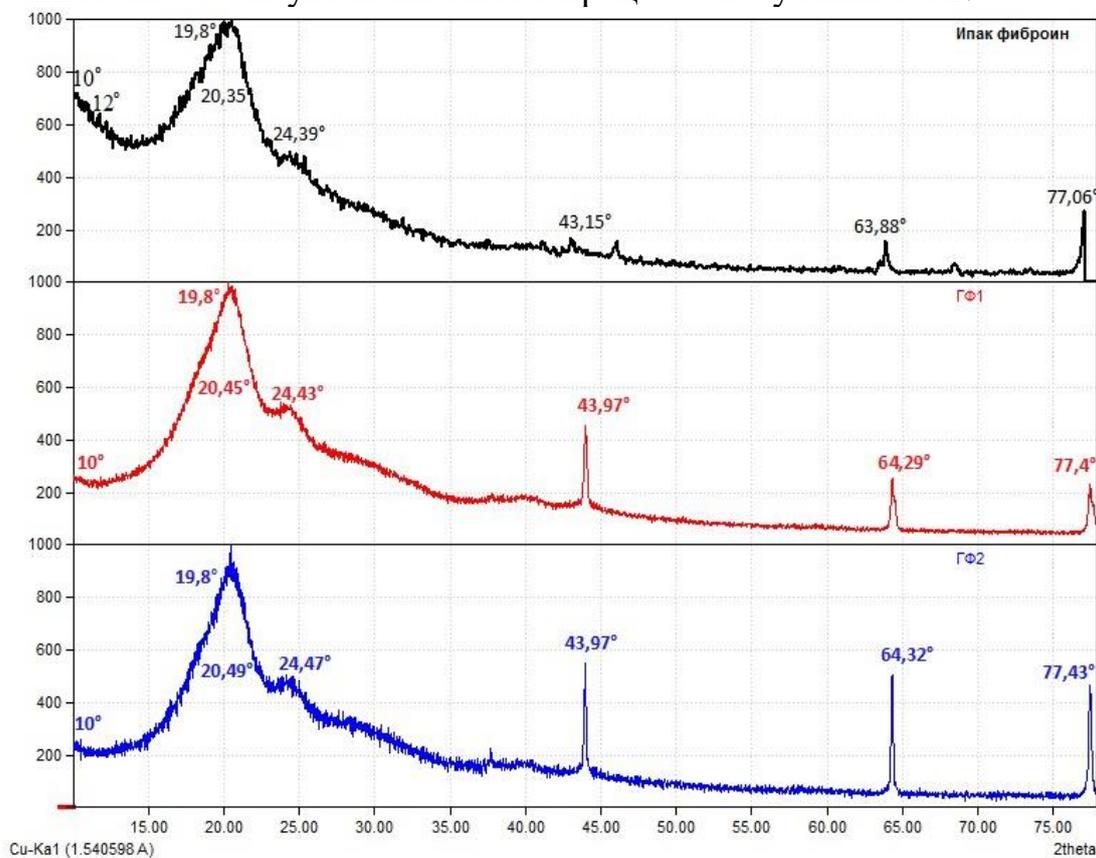


Рисунок 2. Дифрактограммы образцов ШФ волокна шелка, ГФ1 и ГФ2

При анализе дифрактограмм образцов установлено, что степень кристалличности волокна ШФ (отходы) составила 21,75%, образца ГФ1– 33,78%, образца ГФ2– 34,25%. Путем анализа рентгеновских дифрактограмм в специальной программе Match!3 были определены

Таблица 2.

Показатели кристаллической решетки волокон ШФ и порошкообразных образцов ГФ

№	Показатели кристаллической решетки фиброина в ШФ волокне	Показатели кристаллической решетки образцов ГФ1	Показатели кристаллической решетки образцов ГФ2
1	$a=10,88 \text{ \AA}$ ,	$a=11,95 \text{ \AA}$	$a=10,34 \text{ \AA}$
2	$b=7,62 \text{ \AA}$ ,	$b=7,46 \text{ \AA}$	$b=6,86 \text{ \AA}$
3	$c=7,795 \text{ \AA}$ ,	$c=8,72 \text{ \AA}$	$c=6,32 \text{ \AA}$
4	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=90^\circ$
5	$\beta=90^\circ$	$\beta=90^\circ$	$\beta=90^\circ$
6	$\gamma=105^\circ$	$\gamma=117,45^\circ$	$\gamma=100,67^\circ$

размеры элементарной кристаллической решетки, из которых состоит кристаллическая часть (табл. 2).

Когда параметры кристаллической решетки образцов ГФ1 и ГФ2 сравнивали с параметрами фиброина из волокна ШФ, полученного из отходов шелкового волокна, было замечено, что длина кристаллической решетки ГФ1 увеличивалась в направлениях *a* и *c*. Степень кристаллизации увеличилась с 21,8% до 33,78%. Это было объяснено тем, что при нагревании ШФ волокна в кислой среде аморфные части претерпевают гидролитические разрывы наряду с процессом кристаллизации. В ГФ2 наблюдалось относительное уменьшение всех длин сторон кристаллической решетки. Кристалличность увеличилась с 21,8% до 34,25%. Это объяснялось тем, что при нагревании ШФ волокна в кислой среде под действием СВЧ облучения кристаллические части наряду с аморфными частично гидролизуются, и процесс кристаллизации идет с гидролитическими разрывами. Основная причина этого объяснялась тем, что ионизированные ( $\text{NH}_3^+$ ,  $-\text{COO}^-$ ) части в кристаллических частях гидролизуются вследствие сильного нагрева. СВЧ облучение воздействуют на ионизированные частицы, заставляя их вибрировать. В результате происходит сильный нагрев и ускоряется процесс гидролиза.

Были получены и проанализированы НПВО-ИК Фурье спектры полученных образцов ГФ. Уменьшение интенсивности полосы поглощения в области  $3562,8 \div 3736,4 \text{ см}^{-1}$  в НПВО-ИК Фурье спектрах образцов ГФ свидетельствует об уменьшении количества свободных  $-\text{OH}$  групп. Снижение интенсивности полоса поглощения в области  $997 \text{ см}^{-1}$  по сравнению с  $975,96 \text{ см}^{-1}$  означает, что при продукции ГФ1 в ШФ произошли нарушения аминокислотных остатков  $-\text{Gly-Gly}-$ . Увеличение интенсивности полоса поглощения в области  $1699,9 \text{ см}^{-1}$  представляет собой увеличение  $-\text{COOH}$  (карбокислых) групп. Снижение интенсивности полосы поглощения в области  $1230 \text{ см}^{-1}$  по сравнению с областью  $1260 \text{ см}^{-1}$  свидетельствует о том, что в процессе гидролиза неупорядоченные и  $\alpha$ -структурные цепи фиброина восстанавливаются, а  $\beta$ -структуры, вызывающие кристалличность, увеличиваются.

В НПВО-ИК Фурье спектре образца ГФ2 полоса поглощения при  $2932,23 \text{ см}^{-1}$  сместился до  $2934,16 \text{ см}^{-1}$ , а уменьшение интенсивности означает, что части метильных групп изменились. Видна интенсивность полоса поглощения при  $1698,02 \text{ см}^{-1}$ . Это состояние представляет собой повышенное количество  $-\text{COOH}$  (карбокислых) групп и антипараллельных  $\beta$ -структур. Уменьшение интенсивности полоса поглощения области  $1230 \text{ см}^{-1}$  по сравнению с областью  $1260 \text{ см}^{-1}$  означает, что количество неупорядоченных и  $\alpha$ -структурных цепей в фиброине в процессе гидролиза уменьшилось, а кристалличность увеличилась.

Для определения аминокислотного состава образцов ШФ волокна и ГФ образцы были проанализированы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Было замечено, что количество аминокислот в образцах ШФ волокна и ГФ, полученных из отходов шелкового волокна, было различным. Аминокислоты *Cys*, *Thr*, *Arg*, *Tyr*, *Val*, *Met*, *Ile*, *Leu*, *Phe* и *Lys* в образцах были резко снижены в процессе отбора образцов ГФ из волокна ШФ.

Эти изменения подтверждают, что процесс гидролиза происходил преимущественно в аморфной части ШФ (табл. 3).

Участки, содержащие заряженные (-) и полярные аминокислотные остатки, быстро гидролизуются при получении ГФ2 под действием СВЧ облучения. Было обнаружено, что количество заряженных и поляризованных аминокислотных остатков частей кристалла в образце ГФ2 ниже, чем в ГФ1. Это означает, что заряженные и поляризованные части кристаллических частей частично

гидролизуются под действием СВЧ облучения.

Были проведены исследования с целью подтверждения гидролиза ШФ и определения молекулярных масс макромолекул в полученных ГФ. Для определения молекулярных масс использовали методы осмометрии и спектрофотометрии (табл. 4). Значения молекулярных масс фиброина в образцах ШФ волокна и ГФ были разными. Эти результаты показывают, что молекулярная масса макромолекул ШФ уменьшилась за счет гидролиза.

Разница между молекулярными массами образцов ГФ, определенными спектрофотометрическим и осмометрическим методами, невелика, что означает монодисперсность макромолекул в ГФ по молекулярной массе.

Для определения структурных изменений волокна ШФ и порошкообразных ГФ1, ГФ2, полученных из отходов шелкового волокна, был проведен термический анализ.

**Таблица 3.**

Количество аминокислот в волокнах ШФ, образцах ГФ1 и ГФ2

Аминокислоты	ШФ волокна	ГФ1	ГФ2
	Количество аминокислот ω,%		
Аспарагиновая кислота(-) <i>Asp</i>	1,0628	1,494	1,144
Глутаминовая кислота(-) <i>Glu</i>	0,8426	1,214	0,930
Серин - <i>Ser</i>	12,151	15,820	15,133
Глицин- <i>Gly</i>	32,149	30,738	33,920
Цистеин - <i>Cys</i>	1,700	1,072	1,401
Треонин – <i>Thr</i>	4,9034	3,428	1,4025
Аргенин(+) - <i>Arg</i>	2,2453	0,340	1,017
Аланин - <i>Ala</i>	13,793	19,836	21,274
Пролин- <i>Pro</i>	1,1548	1,680	1,106
Тирозин - <i>Tyr</i>	5,7014	1,302	1,054
Валин - <i>Val</i>	10,111	9,025	8,712
Метионин - <i>Met</i>	4,2438	3,359	3,024
Гистидин - <i>His</i>	3,5100	8,106	7,893
Изолейцин - <i>Ile</i>	1,4658	0,819	0,593
Лейцин - <i>Leu</i>	1,4032	0,836	0,591
Фенилаланин- <i>Phe</i>	2,7124	0,706	0,514
Лизин HCl(+)- <i>Lys</i>	0,8456	0,218	0,286

■ -Увеличение количества ■ -Уменьшение количества

**Таблица 4.**

Молекулярные массы образцов фиброина, полученные разными методами

№	Образец	В методе осмометрии	Спектрофотометрическим методом
1	ШФ волокно	324600±30 Да	411700±20 Да
2	ГФ1	244200±20 Да	246600±10 Да
3	ГФ2	292950±50 Да	307400±50 Да

Для термического анализа образцов использовали метод дифференциальной сканирующей калориметрии. По результатам термического анализа были оценены структурные изменения, температуры применения и возможности образцов ГФ. По результатам анализа дифференциальной сканирующей калориметрии отмечено, что при температуре 242°C происходит превращение аморфных частей, образующих  $\alpha$ - и неупорядоченные цепи макромолекул в образцах ГФ, в кристаллические части. Образец ГФ имеет структурную термостойкость до 210°C и может эксплуатироваться в условиях до 210°C. При температуре 211,6°C наблюдается реакция конденсации с участием карбоксильных и аминогрупп в ГФ2.

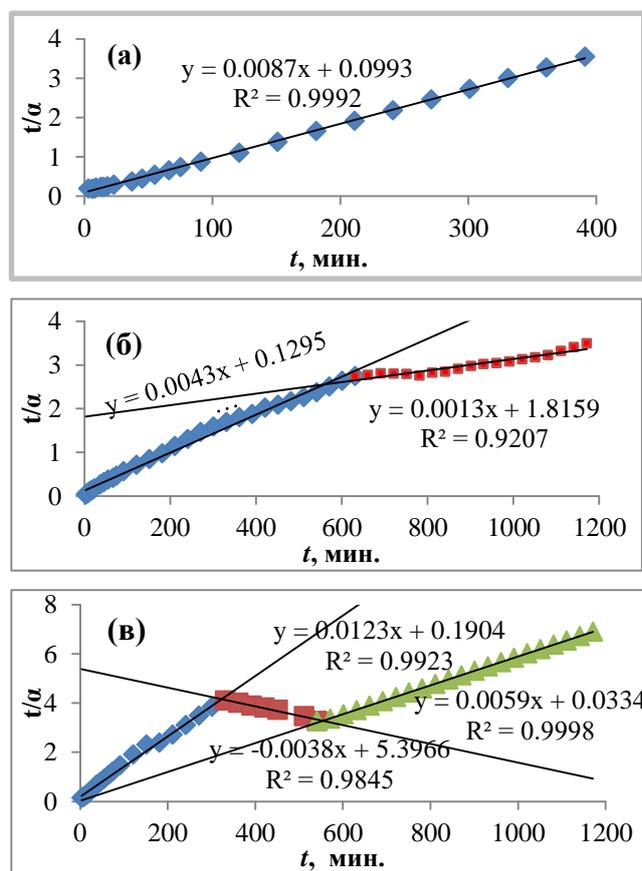
Для оценки сорбционных свойств полученных образцов исследовали степень набухания и кинетику.

Исследования проводились путем определения зрительного общего объема и абсолютного объема. Суммарные объемные скорости набухания порошкообразного ГФ изучали при 20°C в течение 192 часов в нейтральной, кислой и щелочной средах. При этом использовали нейтральную среду - воду, кислую среду - 3% раствор соляной кислоты, щелочную среду - 3% раствор гидроксида калия.

Максимальное общее объемное расширение ( $\alpha_{v, макс}$ ) образцов ГФ2 составляет 15% в нейтральной среде, 23% в кислой среде и 70% в щелочной среде. Высокая степень набухания в щелочной среде связана с уменьшением количества кристаллических частей и увеличением количества аморфных за счет структурных изменений ГФ. Было обнаружено, что ГФ1 имеет максимальные степени набухания 62, 21 и 13% ( $\alpha_{v, макс}$ ) в щелочной, кислой и нейтральной средах соответственно. Эти максимальные степени набухания ниже, чем степени набухания ГФ2.

Показатели уровня насыщения являются одним из важных показателей при оценке сорбционных свойств образца. Поэтому дальнейшие исследования были проведены с ГФ2.

Кинетическое уравнение второго порядка использовали для определения постоянных значений кинетики набухания образцов ГФ2 в нейтральной, кислой и щелочной средах. На основании уравнения построены графики зависимости



**Рисунок 3.** График зависимости  $t/\alpha$  и  $t$  для процесса набухания частиц ГФ в нейтральном (а), щелочном (б) и кислом (в) растворах.

$t/\alpha$  и  $t$  (где  $t$  – время,  $\alpha$ -общая объемная набухания) для ГФ2 в различных средах и найдены значения константы кинетики набухания: 0,0664 в нейтральной среде, 0,0434 в кислой среде и 0,0144 в щелочной среде.

Это свидетельствует о том, что скорость набухания ГФ в растворе щелочной среды выше, чем в растворах кислой и нейтральной среды.

В результате проведенных исследований определено абсолютное объемное набухание образцов ГФ2. Абсолютное объемное набухание образцов наблюдали с помощью оптического микроскопа, в котором измеряли диаметр частиц ( $d$ ) и длину ( $l$ ). Установлено, что максимальное абсолютное объемное набухание ( $\alpha_{v, макс}$ ) частиц ГФ составляет 110 % в нейтральной среде, 169,5 % в кислой среде и 335 % в щелочной среде.

Было замечено, что абсолютные значения набухания образцов ГФ2 значительно отличались от значений общего объемного набухания. Это объяснялось наличием зазоров между частицами при общем набухании частиц ГФ, объемом частиц, заполняющих эти пространства в процессе набухания, трением частиц об стенку сосуд, где измеряется набухание, за счет увеличения объема, а также ошибки в определении увеличения общего объема.

**Таблица 5.**

Кинетические константы набухания частиц ГФ

Среда	Время, соответствующее линиям графика	Кинетические постоянные значения
Нейтральной среде	До 391 мин.	0,0087
Щелочном растворе	До 631 мин	0,0043
	Через 631 мин.	0,0013
В растворе кислоты	До 331 мин.	0,0123
	331мин. до 541 мин.	-0,0038
	Через 541 мин.	0,0059

При абсолютном объемном набухании не наблюдается внешние воздействия на частицы и определяются истинные показатели набухания. Определена кинетика набухания частиц ГФ в нейтральной, кислой и щелочной средах (табл. 5). На графиках кинетики набухания частиц ГФ в кислых и щелочных растворах показаны ломаные прямые, а кинетика набухания в нейтральных средах описывается одной прямой линией. Это объяснялось тем, что в процессе набухания участвуют только молекулы воды. Изменение параметров набухания в кислой и щелочной средах объясняли внедрением ионов  $H^+$  и  $OH^-$  вместе с молекулами воды между макромолекулами в ГФ и конформационными изменениями макромолекул фиброинов (рис. 3).

С целью увеличения числа активных центров в ГФ и изучения влияния на него растворной среды образцы ГФ, набухшие в кислых, щелочных, нейтральных (водных) растворах, подвергались воздействию СВЧ лучей мощностью 510 Вт в течение 5 минут, а были взяты образцы ГФ3, ГФ4, ГФ5. Полученные образцы ГФ3, ГФ4, ГФ5 анализировали с помощью спектроскопии

НПВО-ИК Фурье, и было замечено, что аморфные части в образце ГФ4 и кристаллические части в образце ГФ3 увеличились. Определенные показатели площади поверхности образцов ГФ, полученных из волокна ШФ, представлены в табл. 6.

Таблица 6.

Поверхностные показатели образцов ГФ

Образец	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	Микропора $W_0$ , м <sup>3</sup> /г	Мезопористый $W_{me}$ , м <sup>3</sup> /г	Радиус пор, $r$ , нм	Объем насыщения $V_s$ , м <sup>3</sup> /г	$n_m$ , мол/кг
ШФ волокно	84,90	0,09083	0,0800	4,09	0,1737	1,3060
ГФ1	84,64	0,0400	0,1149	3,66	0,1548	1,3019
ГФ2	92,52	0,0442	0,1286	3,73	0,1728	1,4230
ГФ3	87,83	0,04038	0,1081	3,38	0,1485	1,3510
ГФ4	91,53	0,04429	0,1276	3,75	0,1719	1,4078
ГФ5	93,9	0,04728	0,1068	3,28	0,15408	1,4457

Радиусы пористости образцов ГФ оказались равными 3,28÷3,75 нм. Удельная поверхность образцов равнялась 84,64 м<sup>2</sup>/г в ГФ1 и 92,52 м<sup>2</sup>/г в ГФ2. Площадь поверхности образца ГФ3 уменьшилась до 87,83 м<sup>2</sup>/г. Это было вызвано увеличением степени кристалличности образцов в кислой среде получения ГФ3 и, в свою очередь, закрытием пор. Было замечено, что образец ГФ2 превосходил образец ГФ1, полученный обычным термическим методом, благодаря скорости изготовления, большой площади поверхности и большому количеству пор, а также термическим свойствам.

Были проведены исследования по изучению сорбционных свойств образцов ГФ, полученных из отходов шелкового волокна. Изучали сорбционные свойства ГФ по сорбции ионов меди(II), железа(III), серебра(I), золота(III) и отбеливающей способности хлопкового масла.

Сорбцию ионов меди(II), железа(III), серебра(I), золота(III) изучали с целью определения возможности извлечения ионов благородных металлов из водных растворов. Проведенные исследования показали, что максимальная сорбционная емкость ионов серебра(I) по ГФ при температуре 298 К равна 247,7 мг/г, по ионам золота 265,47 мг/г, по ионам меди 56,88 мг/г. С увеличением концентрации раствора ионов железа(III) сорбция резко снижалась. Сорбция наблюдалась в растворах с концентрацией 0,003165 и 0,008051 М, сорбционная емкость составила 24,8 и 9,99 мг/г соответственно. Установлено отсутствие процесса сорбции из раствора с концентрацией 0,010 М. Это объяснялось кристаллизацией аморфных частей в порах ГФ в результате повышенной кислотности в высококонцентрированных растворах, в результате чего поры закрывались.

Сорбцию ионов серебра, золота и меди порошками ГФ изучали с использованием моделей изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радускевича (Д-Р). Пригодными оказались модель изотермы Ленгмюра для

сорбции ионов меди и серебра и модель изотермы Фрейндлиха для сорбции ионов золота. На основании соответствующих изотерм показано, что изменения энергии Гиббса процесса сорбции будут иметь отрицательное значение, что означает самопроизвольный характер процесса сорбции.

Поскольку  $n=0,705$ , определенное по модели изотермы Фрейндлиха, соответствующей сорбции ионов золота, то это показало, что процесс хемосорбции ( $n < 1$ ) является доминирующим (табл. 7).

**Таблица 7.**

Показатели степени, определенные из различных моделей изотерм сорбции ионов металлов на ГФ

Ион металла	Показатели, определяемые по изотерме Ленгмюра		Показатели, определяемые по изотерме Фрейндлиха			Показатели, определяемые по изотерме Дубинина-Радушкевича		$\Delta G_{сорб.}$ кЖ/моль
	$K_L$ , л/моль	$R^2$	$K_F$ , л/моль	$n$	$R^2$	$E$ , кЖ/моль	$R^2$	
Cu(II)	1,63773	0,9934	0,0010539	0,950	0,9743	0,1008	0,8575	-1,222
Ag(I)	18,490	0,9988	0,012790	1,502	0,9668	0,2290	0,9035	-7,220
Au(III)	-	-	1,61360	0,705	0,9861	1,4222	0,8821	-1,1854

Порошок ГФ, содержащий ионы золота, имеет желтый цвет, и анализ НПВО-ИК Фурье спектроскопии был использован для определения, с какими функциональными группами взаимодействуют содержащиеся в нем ионы золота, а увеличение поглощения при  $3074,94 \text{ см}^{-1}$  свидетельствует о колебаниях связей С-Н в ароматических кольцах считалось связанным с изменением.

Сильный рост поглощения в области  $1441,5 \text{ см}^{-1}$  связан с колебаниями группы  $\text{CH}_3$ - аминокислотного остатка *Ala*, что делает аминокислотный остаток *Ala* координационно связанным с ионами золота через С=О или -NH- групп указывает на вероятность их связывания.

Поглощение в районе  $1360,5 \text{ см}^{-1}$  обусловлено повышенным свободным колебанием С-Н групп фиброина. Изменение поглощения в области  $1167,69 \text{ см}^{-1}$  свидетельствует о взаимодействии ионов золота с группами -NH-CO- и -ОН аминокислоты *Tyr*. Появление пика при  $1043,3 \text{ см}^{-1}$  связано с колебанием группы С-ОН (*Ser*) первичного спирта.

Десорбцию ионов металлов наблюдали из образцов ГФ, сорбирующий ионы серебра и меди. Это указывает на физическую сорбцию ионов серебра и меди на ГФ.

Однако в образцах ГФ, сорбирующий ионы серебра, золота и меди, со временем наблюдались изменения состава. Замечено, что образцы ГФ, адсорбированные ионами серебра(I), через 24 часа под действием света приобретают красновато-коричневый цвет, образцы, адсорбированные ионами золота из растворов с низкой концентрацией ( $pH > 3,5$ ), через 12 часов

становятся красноватыми, а образцы, адсорбированные медью ионы желтеют через 7 дней. Состав образцов с наблюдаемым изменением окраски исследовали с помощью УФ- и НПВО-ИК Фурье спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа и квантово-химических расчетных методов.

Изменения интенсивностей полоса поглощения в области 3283,57, 3078,8, 2934  $\text{см}^{-1}$  в НПВО-ИК Фурье спектре серебросодержащих ГФ объясняют тем, что -NH-, C-H в ароматическом кольце и метиленовой группе претерпели структурные изменения. Изменения полоса поглощения в области 600 и 826  $\text{см}^{-1}$  представляют собой симметричные колебания, характерные для наночастиц серебра.

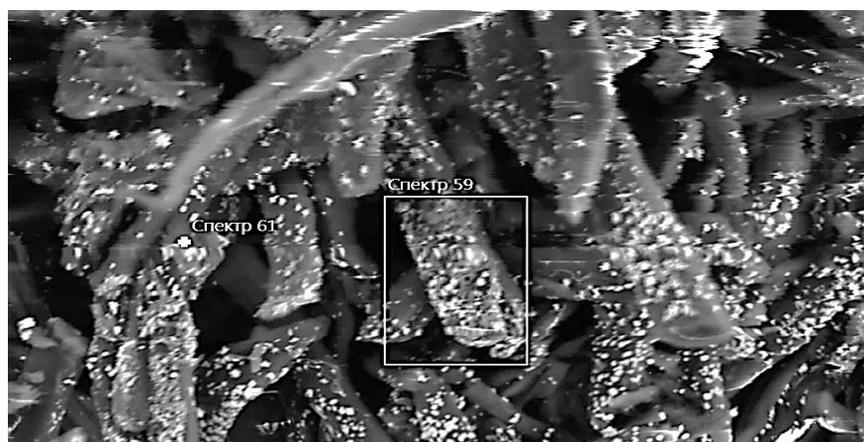
Изменением интенсивности полоса поглощения 3285,14  $\text{см}^{-1}$  в НПВО-ИК Фурье спектре золотосодержащего ГФ объясняется изменение -ОН и амидных групп. Интенсивность полоса поглощения в районе 2928,38  $\text{см}^{-1}$  означает, что группа -CH<sub>2</sub>- изменилась. Это означает, что -ОН и фениленовая группа в аминокислотном остатке *Tyr* претерпели структурные изменения. Поглощения при 684  $\text{см}^{-1}$  указывает на наличие связей Au-N и Au-O.

При сравнении НПВО-ИК Фурье спектров ГФ, связанного с медью, повышенная интенсивность полоса поглощения при 426,191  $\text{см}^{-1}$  указывает на образование связей Cu-N и Cu-O. Увеличение интенсивности полоса поглощения при 1625,7  $\text{см}^{-1}$  объясняется образованием ионов меди с амидными I группами в  $\beta$ -структуре.

Проведены квантово-химические расчеты, подтверждающие образование наночастиц серебра и золота и связывание ионов меди с фибриноном. Для этого были построены модели металлосвязанной молекулы ГФ и проведены расчеты в программе HyperChem professional 8.0.8, оптимизирующие молекулы в силовом поле BIO+ (CHARMM22), рассчитаны ИК-спектры.

Проведено сравнение ИК-спектров, полученных квантово-химическими расчетами, и результатов ИК-спектров, полученных на практике. С помощью программы определяли, какой спектр каким функциональным группам соответствует.

Установлено, что ИК-спектр, полученный квантово-химическими расчетами, близок к результатам ИК-спектра, полученным на практике. Эти



**Рисунок 4.** СЭМ-изображение образца ГФ связанного серебром (x2000)

результаты подтверждают, что наночастицы серебра и золота, а также ионы меди образуют комплексное соединение в ГФ.

СЭМ- анализ был использован для получения изображений наночастиц серебра и золота в образце.

Для определения количества наночастиц серебра и золота в ГФ был проведен элементный анализ (рис. 4).

Для определения наличия наночастиц серебра и золота в ГФ и размера частиц были проведены УФ-

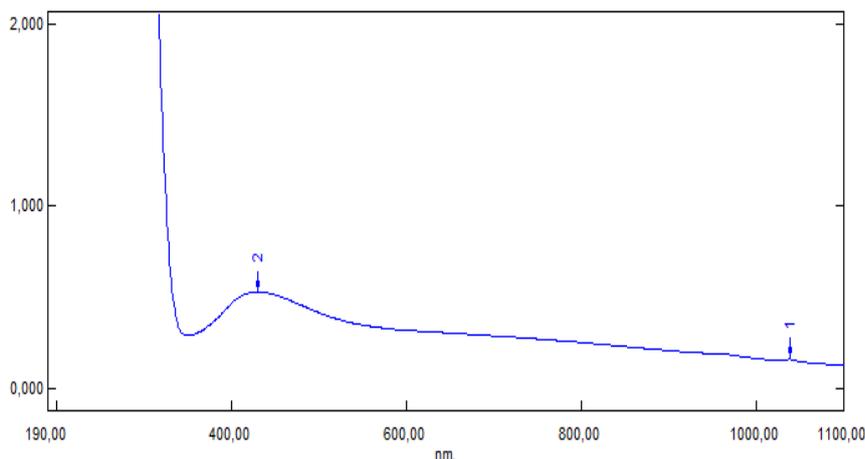


Рисунок 5. УФ-спектр наночастиц серебра в ГФ

спектроскопия и рентгенофазовый анализ. Порошки ГФ, содержащие серебро и золото, растворяли в мольном соотношении 1:2:8  $\text{CaCl}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH-H}_2\text{O}$ , получали УФ- спектры и наблюдали поглощения в диапазоне длин волн 430 нм, характерные для наночастиц серебра (рис.5) и в области длин волн 542 нм (рис.6), характерной для наночастиц золота. На дифрактограммах, полученных методом рентгенофазового анализа, наблюдались интенсивные пики, характерные для наночастиц серебра и золота. На основании полученных данных дифрактограммы и с использованием уравнения Дебая-Шеррера подтверждено, что размер наночастиц серебра составляет  $9,5\div 17,26$  нм, а размер наночастиц золота – 9,15 нм.

УФ- и НПВО-ИК Фурье-спектры образцов ГФ, содержащих золото и серебро, результаты квантово-химических расчетов, СЭМ и рентгенофазового анализа доказывают образование наночастиц.

Образцы ГФ (ГФ1, ГФ2, ГФ3, ГФ4), полученные из отходов шелкового волокна,

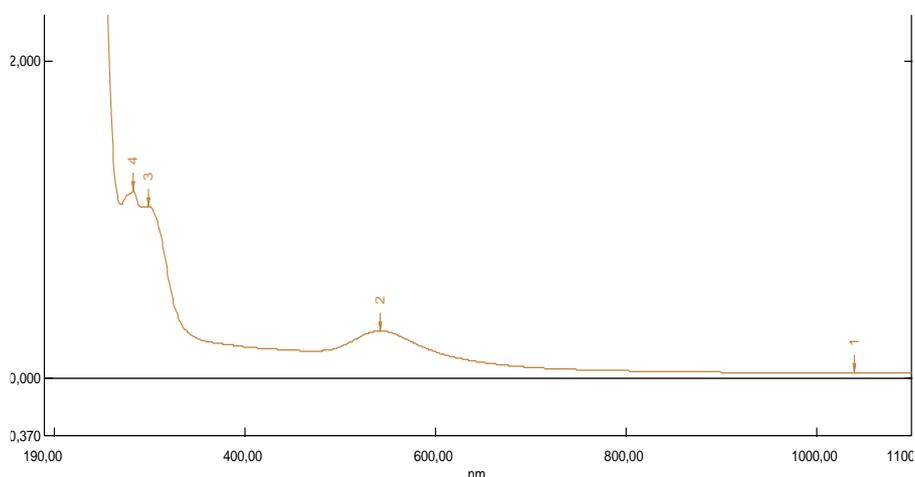


Рисунок 6. УФ-спектр наночастиц золота в ГФ

использовали в качестве сорбентов в процессе отбеливания хлопкового масла производства АО «Урганч ёг-мой». Проведено сравнение с сорбционными показателями импортного «Пакистанского» бентонита, который используется в процессе масло переработки на АО «Урганч ёг-мой».

При отбелке хлопкового масла образцами ГФ, полученными из отходов натурального шелкового волокна, установлено, что цветность снизилась с 17 красных единиц до 8, кислотное число уменьшилось с 0,4 до 0,2, а перекисное число уменьшилось с 12 единиц до 2,2÷5. Показатель влажности хлопкового масла снизился до 0,055÷0,06.

Снижение кислотного числа объясняли нейтрализацией свободных жирных кислот в масле за счет основности ГФ. Основной причиной резкого снижения перекисного числа масла в образцах ГФ является окисление ароматических функциональных групп аминокислотных остатков, таких как *Tyr*, *Phe*, в макромолекулах фиброина под действием пероксидов.

При использовании образцов ГФ для очистки, состав и вкус масла не меняются даже при длительном хранении их с хлопковым маслом. Снижение перекисного числа масла в образцах ГФ приводит к увеличению срока годности хлопкового масла.

## ВЫВОДЫ

В результате исследований, выполненных по теме диссертации «Научно и практический основы получения сорбента на основе волокнистых отходов шелковой промышленности» на соискание ученой степени доктора философии по химическим наукам, были представлены следующие выводы:

1. При получении порошкообразного ГФ из отходов шелкового волокна в кислой среде под действием СВЧ лучей время гидролиза сокращено в 5 раз по сравнению с традиционным термическим способом и определены оптимальные условия. Показано, что процесс получения порошкообразного ГФ под действием СВЧ лучей высокоэффективен в условиях мощности лучей 510 Вт, времени гидролиза 16 минут и раствора соляной кислоты концентрацией 3%.

2. Изучены состав, структура и свойства порошкообразного ГФ, полученного под воздействием СВЧ лучей. Методами ВЭЖХ, ИК спектроскопии и рентгенофазового анализа установлено, что процесс гидролиза ШФ волокна под действием СВЧ лучей происходит за счет определенных аминокислотных остатков в кристаллической и аморфной частях макромолекулы. Впервые разработан спектрофотометрический метод определения молекулярных масс образцов ГФ. Термические свойства ГФ2 изучали с помощью ДСК анализа, а образование специфического пика при температуре 211,6°С объясняли реакцией между карбоксильными и аминогруппами во многих трещинах, образовавшихся под действием СВЧ лучей.

3. Изучены уровни полного и абсолютного набухания образцов ГФ в нейтральных, щелочных и кислых растворах. Установлено, что общий процесс набухания подчиняется кинетическому уравнению второго порядка, а значения кинетических констант составляют 0,0664, 0,0434 и 0,0144 в нейтральной, кислой и щелочной средах соответственно.

4. Определены сорбционные емкости и механизмы сорбции ГФ по ионам металлов. Сорбционная емкость ГФ составила 265,47 мг/г по ионам золота,

247,7 мг/г по ионам серебра и 56,88 мг/г по ионам меди. Квантово-химические расчеты и анализы физических исследований были проведены на образцах ГФ, сорбировавших ионы металлов, и было доказано, что через 12 часов образуются наночастицы золота, через 24 часа - наночастицы серебра и через 7 суток - комплексы меди.

5. Отбеливание хлопкового масла проводили с образцах ГФ. Отбеливанием хлопкового масла удалось снизить уровень цветности с 17 красных единиц до 8 красных единиц, кислотное число с 0,4 до 0,2 показателя и перекисное число с 12 ммоль/кг до 2,2 ммоль/кг. Использование полученного сорбента ГФ в процессе отбели хлопкового масла позволило повысить качество и срок его хранения масла.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 AT INSTITUTE OF POLYMER  
CHEMISTRY AND PHYSICS**

---

**URGENCH STATE UNIVERSITY**

**ESHCHANOV KHUSHNUDBEK ODILBEKOVICH**

**SCIENTIFIC AND PRACTICAL BASES OF SORBENT OBTAIN BASED ON  
FIBER WASTE OF THE SILK INDUSTRY**

**02.00.06 – High molecular compounds**

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

**Tashkent– 2023**

The title of the doctoral dissertation has been registered by the the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration number of B2022.2.PhD/K394.

The dissertation has been carried out at Urgench State University

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) has been posted on the webpage of Scientific Council ([www.polchemphys.uz](http://www.polchemphys.uz)) and on the \_information\_educational portal «ZiyoNET» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:**

**Baltaeva Mukhabbat Matnazarovna**

Candidate of chemical sciences, Associate professor

**Official opponents:**

**Akbarov Khamdam Ikromovich**

Doctor of chemical sciences, professor

**Vohidova Noira Rakhimovna**

Doctor of Chemical Sciences, Senior Researcher

**Leading organization:**

**Institute of Bioorganic Chemistry**

The defense of the dissertation will take place on “\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 in \_\_<sup>00</sup> at the meeting of Scientific Council DSc.02.30.12.2019.K/FM/T.36.01 at Institute of Polymer Chemistry and Physics (Address: 100128, Tashkent city, A. Kadiri street, 7<sup>b</sup> house. Tel .:(+99871) 241-85-94; fax: (+99871) 241-26-60, e-mail: [polymer@academy.uz](mailto:polymer@academy.uz)).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of Institute of chemistry and physics of polymers (registered under the number \_\_\_\_\_). (1000128, Tashkent city, A. Kadiri street, 7<sup>b</sup> house. Tel .:(+99871) 241-85-94; fax: (+99871) 241-26-60.

Abstract of the dissertation was distributed on “\_\_” \_\_\_\_\_ 2023.

(Protocol was registered under No. \_\_ dated “\_\_” \_\_\_\_\_ 2023).

**S.Sh. Rashidova**

Chairman of the Scientific Council on award of the scientific degrees, Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Academician

**M.M. Usmanova**

Scientific Secretary of the Scientific Council on award of scientific degrees, Doctor of philosophy, Senior researcher

**A.A. Atakhanov**

Chairman of the Scientific Seminars under Scientific Council on award of scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is to obtain hydrolyzed fibroin sorbent from silk fiber waste under the influence of ultra-high frequency rays and to study its composition, structure and properties.

**The object of research work** is silk fiber waste, powdered hydrolyzed fibroin, silver and gold nanoparticles contained in hydrolyzed fibroin, copper(II) complex of hydrolyzed fibroin.

### **Scientific novelty of the research work:**

for the first time, hydrolyzed fibroin was obtained by hydrolysis of silk fiber waste under the influence of ultra-high frequency rays under acidic conditions, and the optimal conditions were shown;

for the first time, the molecular mass of hydrolyzed fibroin powder obtained from silk fiber waste was determined using the spectrophotometry method;

formation of silver, gold nanoparticles and copper(II) complexes in hydrolyzed fibroin, sorption mechanisms of metal ions were determined;

properties of cottonseed oil bleaching of powdered hydrolyzed fibroin are shown.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results obtained on the Scientific and practical bases of sorbent obtain based on fiber waste of the silk industry:

From the scientific results obtained on the production of sorbents based on silk fiber waste, in the fundamental project "A-12-53-Immobilized reagents on polymer-carriers in the development of photometric and sorption-photometric methods for the determination of eco toxicants in environmental objects" (2015-2017 y) used in the sorption of metal ions (The reference number 04111-1617 of March 19, 2022 of MHSSE UzR NUUz). As a result, the high property of sorption of heavy metal ions was determined and contributed to the successful implementation of the project.

Hydrolyzed fibroin samples obtained from silk fiber waste were put into practice in cleaning (whitening) cottonseed oil at Urganch yog-moy joint-stock company ("Urganch yog-moy" JSC dated July 20, 2022). As a result, compared to the imported bentonite sorbent, it showed high efficiency and allowed to increase in the quality indicators of cottonseed oil and the shelf life of the oil.

**The structure and volume of the dissertation.** The content of the dissertation consists of an introductory part, three chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 109 pages.

## E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI

### Список опубликованных работ

### List of publications

#### I bo'lim (I часть; I part)

1. Eshchanov Kh., Shigabutdinov A., Baltaeva M. Studying “polymer—metall” complexes based on fibroin //Actual problems of modern science, education and training in the region. –2017. – Vol. – №. 3. – P. 16-19. (02.00.00. №15)
2. Sarimsakov A.A., Rashidova S.Sh., Baltaeva M.M., Eshchanov Kh.O., Shigabutdinov A.A. Study of copper-polymer complexes and their production //Actual problems of modern science, education and training in the region. – 2018. – Vol. 3. –№. 3. – P. 22-25. (02.00.00. №15)
3. Сарымсаков А.А., Ярматов С.С., Эшчанов Х.О. Полифункциональные гемосорбенты на основе волокнистых отходов натурального шелка // Узбекский химический журнал. – 2019. – №3. – С. 67-75. (02.00.00. №6)
4. Eshchanov Kh.O., Baltayeva M.M., Sarimsakov A.A. Determination of the Molecular Mass of Silk Fibroin Using the Method of Spectrophotometry //Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – Vol. 25. – P. 4083-4090. (№40 ResearchGate, №41 SCImago)
5. Eshchanov Kh. O., Baltayeva M. M., Sarimsakov A. A, Sabirova M. Swelling of hydrolyzed fibroin in water, acidic and alkaline solutions //Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. – 2021. – Vol. 8. –№. 86. –P. 81-85. (02.00.00. №2)
6. Eshchanov Kh.O., Baltayeva M.M., Sarimsakov A.A. Purification of Cottonseed Oil Using A Sorbent Obtained from the Fibrous Waste of Natural Silk //Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – Vol. 25. – №. 1. – P. 692-698. (№40 ResearchGate, №41 SCImago)
7. Eshchanov Kh.O., Baltaeva M.M., Sarimsakov A.A., Shigabutdinov A.A. Synthesis of copper and silver nanoparticles using hydrolyzed fibroin //Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. –2021. – Vol.3. – P. 95-105. (02.00.00. №15)
8. Eshchanov Kh.O., Baltaeva M.M. "Study of the interaction of sorbed silver, gold and copper ions with functional groups on hydrolyzed fibroin using Charmm22 force field calculations //Chemical Review and Letters. – 2022. – Vol. 5. – P.161-168. (№8 Chemical Abstracts CAS, №25 Directory of Open Access Journals)
9. Eshchanov Kh., Baltaeva M. Swelling kinetics of powdered hydrolyzed fibroin //Algerian Journal of Materials Chemistry. – 2022. – Vol. 5. – №. 1. – P.33-40. (№8 Chemical Abstracts CAS, №13 Bielefeld Academic Search Engine, №21 InfoBase Index)
10. Eshchanov Kh., Baltayeva M. Determination of the molecular mass of hydrolyzed fibroin obtained from natural silk fibroin by spectrophotometry //Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry. – 2022. – Vol. 9. – №. 1. – P. 115-120. (№3 Scopus)

11. Eshchanov Kh. Determination of the mechanism of sorption of  $\text{Cu}^{2+}$  ions to hydrolyzed fibroin //International Journal of Advanced Chemistry. – 2022. – Vol. 10. – №. 1. – P. 5-8. (№13 Bielefeld Academic Search Engine, №40 ResearchGate)

### **II bo'lim (II часть; II part)**

12. Эшчанов Х. О., Шигабутдинов А. А. Изучения процесса гидролиза фиброина и метода получения" полимер-металл" комплексов //Инновационное развитие современной науки: проблемы, закономерности, перспективы. – 2017. – С. 26-28.

13. Эшчанов Х.О., Балтаева М.М., Саримсаков А.А., Раззоқбердиев Н.Н. Ипакнинг толали чиқиндиларидан олинган фиброиннинг молекуляр массасини аниқлаш, Функционал полимерлар фанининг замонавий ҳолати ва истиқболлари, Профессор ўқитувчилар ва ёш олимларнинг илмий- амалий анжумани материаллари. -Тошкент. – 2020. – 180-181-б.

14. Сарымсаков А.А., Эшчанов Х.О., Шигабутдинов А.А. Синтез медных и серебряных наночастиц на основе гидролизованного фиброина, полученного из отходов натурального шёлка //World science: Problems and innovations: сборник статей XXVII Международной научно-практической конференции. -Пенза. – 2018. – С. 27-29.

15. Эшчанов Х.О., Балтаева М.М., Саримсаков А.А. Толали ипак чиқиндилари асосида ёғ-мой саноати учун сорбент олиш. «Polimerlar haqidagi fanning zamonaʼviy muammolari» Respublika ilmiy anjumani, – 2020. – 58-59-б.

Avtoreferat «O‘zbekiston kimyo jurnali» tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosishga ruxsat etildi: 08.02.2023  
Bichimi: 60x84<sup>1/16</sup> «Times New Roman»  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 2,8. Adadi 100. Buyurtma: № 39  
Tel: (99) 832 99 79; (99) 817 44 54  
Guvohnoma reestr № 10-3279  
“IMPRESS MEDIA” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.  
Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6-uy.