

NAMANGAN DAVLAT  
UNIVERSITETI  
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-9]  
ISSN:2181-1458  
ISSN:2181-0427



02.00.00-KIMYO FANLARI  
journal.namdu.uz  
CHEMICAL SCIENCES

## NATRIY SITRAT ASOSIDA BARQAROR KUMUSH NANOZARRALAR OLISH

<sup>1</sup>Lutpillayeva Masuda, <sup>2</sup>Xoshimov Farxod

<sup>1</sup>Doktorant, Kimyo kafedrasi, Namangan davlat texnika universiteti, Namangan, 160123, O'zbekiston. E-mail: lutpillayeva@mail.ru

<sup>2</sup>Professor, Kimyo kafedrasi mudiri, Namangan davlat texnika universiteti, Namangan, 160123, O'zbekiston. E-mail: xoshimovfarhod@gmail.com

<sup>1</sup>ORCID: 0009-0003-1079-5230 <sup>2</sup>ORCID: 0009-0005-4468-3223

**Annotatsiya:** Ushbu tadqiqotda kimyoviy qaytarish usuli, xususan natriy sitrat ishtirokidagi sitrat usuli yordamida barqaror kumush nanozarralarni (AgNZ) sintez qilish imkoniyatlari o'rganildi. Usulning afzalligi uning soddaligi, iqtisodiy jihatdan tejamkorligi va murakkab maxsus uskunalarni talab qilmasligidadir. Barqarorlashtiruvchi sifatida jelatin va turli kelib chiqishga ega dekstrin (makkajo' xori, kartoshka kraxmali asosida) qo'llanildi hamda ularning nanozarralar hosil bo'lishi, tizim rangining o'zgarishi va kolloid barqarorlikka ta'siri tajribaviy tarzda baholandi. Aniqlanishicha, jelatin asosidagi tizimlar 18 oygacha, dekstrin asosidagi tizimlar esa 12 oygacha barqarorligini saqlab qoldi. MasterSizer 3000 lazerli difraktsiya usulida o'tkazilgan o'lchamlarni aniqlash tahlili sintez qilingan zarralarning 20–269 nm oralig'ida taqsimlanganini, bunda reagentlar konsentratsiyasi va stabilizator tabiati zarra o'lchamiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini ko'rsatdi. UV–ko'rinadigan (UV–Vis) spektroskopiya natijalari 400 nm atrofida kumush nanozarralariga xos sirt plazmon rezonansi (SPR) cho'qqisini tasdiqladi, bu esa nanozarralarning nosferik shakl va tor o'lcham taqsimotiga ega ekanligidan dalolat beradi. Olingan natijalar natriy sitrat asosidagi kimyoviy qaytarish usulining kumush nanozarralarni sintez qilishda samarali, takrorlanuvchan va ilmiy-amaliy jihatdan istiqbolli yondashuv ekanligini isbotladi.

**Kalit so'zlar:** kumush nanozarralar, kimyoviy qaytarish usuli, natriy sitrat, jelatin, dekstrin, barqarorlashtiruvchi, UV–Vis spektroskopiya, sirt plazmon rezonansi, kolloid tizimlar, nanotexnologiya.

## ПОЛУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ОСНОВЕ ЦИТРАТА НАТРИЯ

**Аннотация:** В данном исследовании рассматривался синтез стабильных наночастиц серебра (AgNP) методом химического восстановления — в частности, цитратным методом с использованием цитрата натрия. Преимуществами этого метода являются простота, экономическая эффективность и отсутствие необходимости в сложном специализированном оборудовании. В качестве стабилизирующих агентов использовались желатин и декстрины различного происхождения (полученные из кукурузного и картофельного крахмала); экспериментально оценивалось их влияние на процесс образования наночастиц, изменение цвета системы и коллоидную стабильность. Было установлено, что системы на основе желатина сохраняли стабильность до 18 месяцев, тогда как системы на основе декстрина оставались стабильными до 12 месяцев. Анализ размеров частиц методом лазерной дифракции (с использованием прибора MasterSizer 3000) выявил распределение частиц по размерам в диапазоне 20–269 нм, что продемонстрировало существенное влияние концентрации реагентов и природы стабилизатора на размер частиц. Результаты УФ-видимой спектроскопии подтвердили наличие пика поверхностного плазмонного резонанса (ППР), характерного для наночастиц серебра, в области около 400 нм, что свидетельствует о сферической форме наночастиц и узком распределении их по размерам. Полученные результаты показали, что метод химического восстановления с использованием цитрата натрия является эффективным, воспроизводимым и перспективным с научной и практической точек зрения подходом к синтезу наночастиц серебра.

**Ключевые слова:** наночастицы серебра, метод химического восстановления, цитрат натрия, желатин, декстрин, стабилизатор, УФ-видимая спектроскопия, поверхностный плазмонный резонанс, коллоидные системы, нанотехнологии.

## SYNTHESIS OF STABLE SILVER NANOPARTICLES BASED ON SODIUM CITRATE

**Abstract:** This study investigated the synthesis of stable silver nanoparticles (AgNPs) using a chemical reduction method — specifically, the citrate method involving sodium citrate. The advantages of this method lie in its simplicity, cost-effectiveness, and lack of requirement for complex, specialized equipment. Gelatin and dextrans of various origins (derived from corn and potato starch) were employed as stabilizing agents, and their effects on nanoparticle formation, system color changes, and colloidal stability were experimentally evaluated. It was found that gelatin-based systems remained stable for up to 18 months, while dextrin-based systems maintained stability for up to 12 months. Particle size analysis using the MasterSizer 3000 laser diffraction method revealed a size

*distribution in the 20–269 nm range, demonstrating that reagent concentration and the nature of the stabilizer significantly influenced particle size. UV-Vis spectroscopy results confirmed a surface plasmon resonance (SPR) peak characteristic of silver nanoparticles at approximately 400 nm, indicating that the nanoparticles possessed a spherical shape and a narrow size distribution. The obtained results demonstrated that the sodium citrate-based chemical reduction method is an effective, reproducible, and scientifically and practically promising approach for synthesizing silver nanoparticles.*

**Keywords:** silver nanoparticles, chemical reduction method, sodium citrate, gelatin, dextrin, stabilizer, UV-Vis spectroscopy, surface plasmon resonance, colloidal systems, nanotechnology.

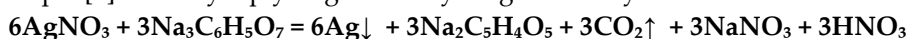
### KIRISH.

Nanotexnologiyani jadal rivojlanishi bilan bog'liq holda, olijanob va nodir metall nanozarralarini sintez qilish, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish hamda amaliyotga tatbiq etish borasidagi ilmiy tadqiqotlar dunyo miqyosida keng qamrovda olib borilmoqda. So'nggi yillarda asl metall nanozarralar (NZ) sintezi, ularning xususiyatlarini o'rganish va amaliyotda qo'llash bilan bog'liq fanning fundamental va amaliy sohalarida sezilarli o'sish kuzatilmoqda [1, 2].

Ushbu sohaning yuksalishi, birinchi navbatda, mikroelektronika, optika, kataliz, tibbiyot, sensorlar tahlili, oziq-ovqat sanoati va qishloq xo'jaligida o'simliklarni himoya qilish vositalarini yaratish kabi sohalarida qo'llanilishi bilan bog'liq katta istiqbollarga ega bo'lgan bunday materiallarni olish va o'rganishning qulay, arzon hamda ekologik xavfsiz usullarini ishlab chiqish zaruratidan kelib chiqadi. Xususan, kumush nanozarralari o'zining yuqori antibakterial, antifungal va katalitik faolligi tufayli tibbiyot, farmatsevtika va agrokimyo sohalarida keng qo'llanilmoqda [4].

Nanozarralarni olishning asosiy usullaridan biri kimyoviy qaytarish usulidir. Kimyoviy qaytarish usullarining afzalligi shundan iboratki, u murakkab uskunalarni talab etmaydi hamda nanozarralar hajmi va tashqi tuzilishini nazorat qilish imkoniyatini beradi [3]. Metall nanozarralar sintezi fizikaviy, kimyoviy va biologik usullar orqali amalga oshirilishi mumkin bo'lsa-da, kimyoviy qaytarish usuli soddaligi va takrorlanuvchanligi bilan ajralib turadi [4].

Kimyoviy qaytarish usullaridan biri — sitrat usuli hisoblanadi. Usulning mohiyati kumush tuzlarini natriy sitrat ishtirokida suvli eritmada qaytarishdan iborat. Adabiyotlarda keltirilishicha, olingan turli shakldagi kumush agregatlarining diametri 60 dan 200 nm gacha bo'lgan. Sitrat anioni bir vaqtning o'zida ham qaytaruvchi, ham stabilizator vazifasini bajaradi, bu esa uning optimal konsentratsiyasini tanlashni murakkablashtiradi, chunki konsentratsiyaning o'zgarishi qaytarilish tezligiga, shuningdek zarralarning o'sishi va mitsella hosil bo'lish jarayoniga ta'sir ko'rsatadi [5]. Shunga qaramay, sitrat usuli o'zining kamchiliklariga qaramasdan kumush nanozarralarini sintez qilishda hozirgacha keng qo'llanilib kelinmoqda [6]. Reaksiya quyidagi umumiy tenglama bo'yicha boradi:



Sitrat usulida hosil bo'ladigan nanozarralarning barqarorligi ko'p jihatdan qo'shimcha barqarorlashtiruvchi (stabilizator) moddalarning tabiati va konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Tabiiy biopolimerlar — jelatin va dekstrin — o'zlarining amfifil xususiyatlari, arzonligi va biologik parchalanuvchanligi tufayli nanozarralar yuzasini stabillashtiruvchi vosita sifatida alohida ahamiyat kasb etadi [7, 8]. Ushbu ishning maqsadi — natriy sitrat ishtirokida kimyoviy qaytarish usuli orqali kumush nanozarralarini sintez qilish hamda jelatin va turli kelib chiqishdagi dekstrinning stabillovchi ta'sirini o'rganishdan iborat.

### TAJIRIBA QISMI. MATERIALLAR VA USULLAR

Kumush nanozarralari ( $\text{AgNZ}$ ) sintezi uchun asosiy modda sifatida kumush nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ), qaytaruvchi sifatida natriy sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ), barqarorlashtiruvchi sifatida esa jelatin va dekstrin (makkajo'xori hamda kartoshka kraxmali asosida olingan) qo'llanildi. Barcha reaktivlar analitik tozalikdagi (ch.d.a.) darajaga ega bo'lib, distillangan suvda eritildi.

Dastlab 20 °C haroratda barqarorlashtiruvchilarning 1%, 2% va 5% li suvli eritmaları tayyorlandi. So'ngra 500 mg/ml konsentratsiyali kumush nitrat eritmasi tayyorlandi. Qaytaruvchi sifatida natriy sitratning 0,1 M va 0,05 M li eritmaları ishlatildi. Barqarorlashtiruvchi va kumush nitrat eritmaları o'zaro aralashtirilib, hosil bo'lgan aralashmaga doimiy aralashtirib turilgan holda teng hajmda tayyorlangan qaytaruvchi eritma tomchilab qo'shildi. Reaksiya xona haroratida, yorug'likdan izolyatsiyalangan sharoitda olib borildi, bu esa fotoinduksion agregatlanish jarayonlarining oldini olishga xizmat qildi.

Hosil bo'lgan kolloid tizimlarning barqarorligi 24 soatdan so'ng va undan keyingi muddatlarda vizual kuzatuv (rang o'zgarishi, cho'kma hosil bo'lishi) orqali baholandi. Zarralar o'lcham taqsimoti MasterSizer 3000 lazer difraksiya analizatorida, optik xususiyatlari esa UB-Vis spektrofotometrida 300–700 nm to'lqin uzunligi oralig'ida o'lchandi.

### NATIJALAR VA MUHOKAMA

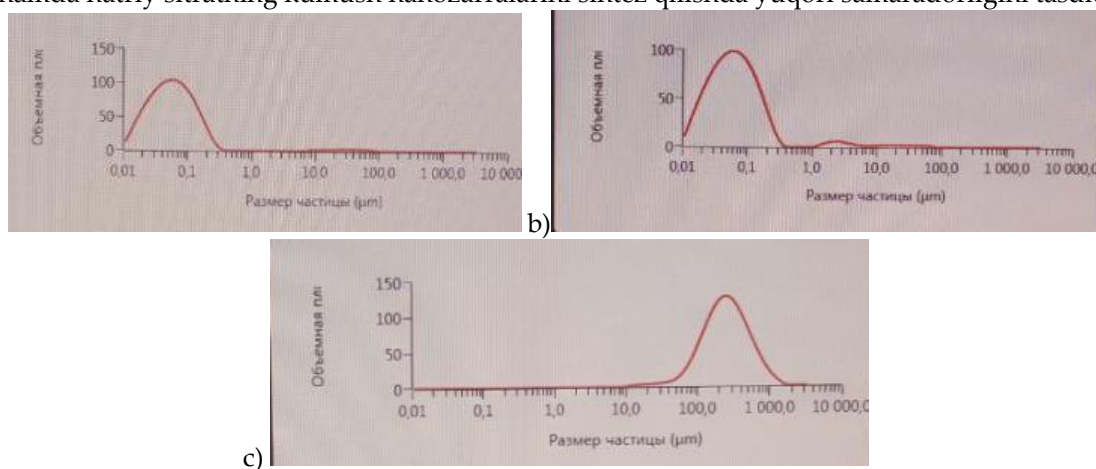
Natriy sitrat qaytaruvchi sifatida qo'llanilgan tajribalarda ( $C(\text{AgNO}_3) = 0,00463 \text{ M}$ , 20 °C) barqarorlashtiruvchi turi va konsentratsiyasiga qarab tizimlarning rangi sezilarli darajada farqlandi (1-jadval).

1-jadval. Natriy sitrat ishtirokida sintez qilingan tizimlarning 24 soatdan so' nggi o' zgarishi

| № | Barqarorlashtiruvchi           | O' zgarish (24 soatdan so' ng) | Barqar-lik muddati |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 1 | 5% li dekstrin (makkajo' xori) | Qora tusga kirgan              | 12 oy              |
| 2 | 5% jelatin                     | Qizg' ish tusga o' tgan        | 18 oy              |
| 3 | 1% jelatin                     | Qoramtir tusga o' tgan         | 18 oy              |
| 4 | 5% jelatin                     | Jigarrang tusga o' tgan        | 18 oy              |
| 5 | 4% li dekstrin (kartoshka)     | Qora tusga o' tgan             | 12 oy              |
| 6 | 1% li dekstrin (kartoshka)     | Qora tusga o' tgan             | 12 oy              |

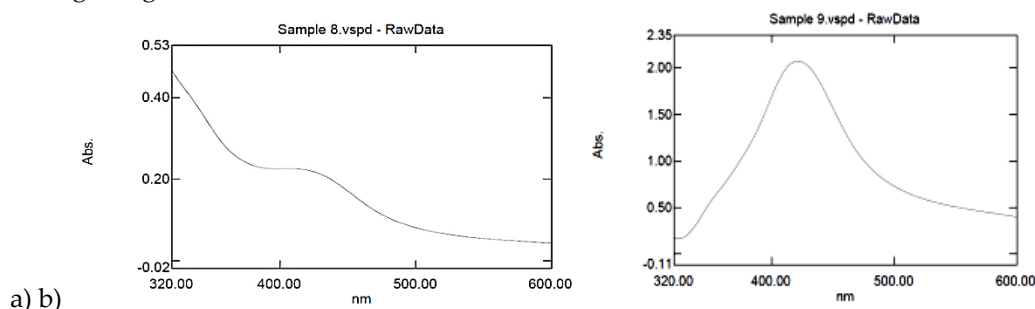
Jadvaldan ko' rinib turibdiki, jelatin va dekstrin barqarorlashtiruvchi sifatida qo' llanilgan barcha tizimlarda xarakterli rang o' zgarishi kuzatilib, bu kumush ionlarining atomar kumushgacha qaytarilganidan va nanodispers zarralarning shakllanganidan dalolat beradi. Ayni paytda, ushbu tizimlarning barqarorligi stabilizator tabiatiga bog' liq holda farqlandi: dekstrin asosidagi tizimlar 12 oygacha, jelatin asosidagi tizimlar esa 18 oygacha o' z barqarorligini yo' qotmadi. Bunday farqni jelatinning yuqori molekulyar massaga ega polipeptid zanjirlari hisobiga zarralar yuzasida qalinroq va mustahkamroq himoya qatlami (steric barrier) hosil qilishi bilan izohlash mumkin, dekstrin esa nisbatan qisqa polisaxarid zanjirlari tufayli kamroq samarali steric stabilanishni ta' minlaydi.

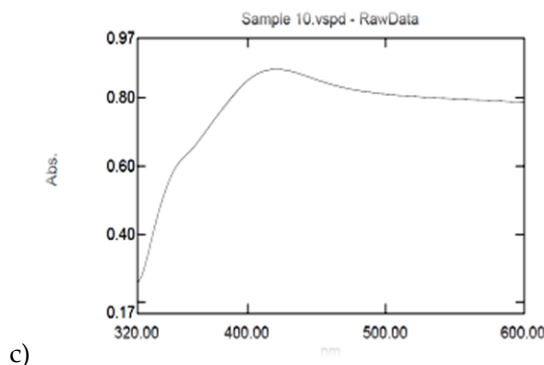
Barqarorlashtiruvchi sifatida 1% jelatin va 1% dekstrin (kartoshka kraxmali asosida olingan) qo' llanilgan sintezlarda MasterSizer 3000 lazer difraksiyon analizatori yordamida aniqlangan nanozarralar o' lchami 20,4–22,4 nm dan 20,1–269 nm gacha bo' lgan diapazonda taqsimlangan (1-rasm). Kengroq o' lcham diapazoni, ehtimol, dekstrin ishtirokidagi tizimlarda qisman agregatlanish jarayonlari sodir bo' lishi bilan bog' liq bo' lib, bu esa polidispers tizim hosil bo' lishiga olib keladi. Olingan natijalar reagentlar konsentratsiyasi va stabilizator turining nanozarralar o' lchamiga hal qiluvchi ta' sir ko' rsatishini hamda natriy sitratning kumush nanozarralarini sintez qilishda yuqori samaradorligini tasdiqladi.



1-rasm. AgNZlarning Mastersizer 3000 Lazer difraksiyon usulda disperslik darajasini o' lchashnatijasida olingan grafiklar. a- dekstrinli, b- jelatinli, c-KMSNa barqarorlashtiruvchi bo' lgan tizimlar.

Nanokumush tutgan eritma va dispersiyalarning yutilish spektrlarini qayd qilish uchun UV-vis spektrofotometrlari (SHIMADZU, UV-1900i, Japan) orqali tekshirildi. Optik yo' l uzunligi 10 mm bo' lgan kvarts kyuvetalari ishlatilgan va 320-600 nm to' lqin uzunligi chegarasida nurlanish berildi.





c)

2-rasm. AgNZ larning UV spektrlari.

AgNZ lar UV-vis yutilish spektri kumush nanozarrachalarning sirt plazmon rezonansi (SPR) tufayli 400-450 nm atrofida intensiv keng yutilish cho'qqisini ko'rsatadi. Sintez qilingan kumush nanozarrachalarning shakli, o'lchami, morfologiyasi va tarkibi SPR bantlariga bevosita ta'sir ko'rsatdi. Kumush nanozarrachaning shakli har doim SPR bilan bog'liq, ya'ni yaxshi aniqlangan sharsimon shakldagi AgNPlar 420 nm da faqat bitta cho'qqini, ellipsoidal zarracha uchun esa deyarli ikkita cho'qqini hosil qiladi. 1-rasmda turli stabilizatorlar orqali sintezlangan AgNZlarning yutilish zonasi ko'rsatilgan. Barqarorlashtiruvchi sifatida dekstrindan foydalanilgan AgNZlarning UV-vis spektrlari 420 nm atrofida intensiv sirt plazmon rezonansi (SPR) cho'qqisini ko'rsatdi (1.a-rasm). Jelatin bilan barqarorlashtirilgan AgNZ tizimlari 422 nm atrofida max bo'lgan yagona cho'qqi spektri hosil qilgan (1.b-rasm). Kumush nanozarrachalar sintezida KMS-Na barqarorlashtiruvchi sifatida foydalanilganda, sirt plazmon rezonans (SPR) absorbsiya zonasi 407 nm da joylashgan, karboksimetilsellyuloza spektrida yutilish zonasi yo'qligi AgNZ lar spektr hosil qilganligi dalolat beradi (1.c-rasm).

Jelatin barqarorlashtiruvchi sifatida ishtirok etgan tizimning UB-Vis spektri tahlil qilinganda, to'liq uzunligi 320 nm dan boshlab yutilish qiymati nisbatan past ( $\approx 0,50$ ) bo'lgani, biroq 400 nm atrofida keskin ortib, taxminan 2,10 qiymatiga yetgani kuzatildi (2-rasm). Ushbu holat kumush nanozarralariga xos sirt plazmon rezonansi (SPR) hodisasi bilan bog'liq bo'lib, u aynan 400 nm atrofida maksimal yutilishga ega ekanligini ko'rsatadi. Spektrdagi cho'qqining nisbatan tor bo'lishi sintez qilingan zarralarning yetarlicha bir jinsli (monodispers) shaklga yaqin ekanligidan dalolat beradi, bu esa jelatinning samarali stabillovchi ta'sirini yana bir bor tasdiqlaydi.

Umumiy tahlil shuni ko'rsatadiki, natriy sitrat ishtirokidagi kimyoviy qaytarish usuli kumush nanozarralarini sintez qilish uchun samarali vosita bo'lib, barqarorlashtiruvchi sifatida jelatinni qo'llash uzoq muddatli kolloid barqarorlikni ta'minlashda dekstringa nisbatan afzalroq ekanligini isbotlaydi. Bu natijalar kumush nanozarralarini antimikrob preparatlar, agrokimyoviy vositalar va biosensorlar ishlab chiqishda qo'llash uchun amaliy ahamiyatga ega.

### XULOSA

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Natriy sitrat ishtirokidagi kimyoviy qaytarish usuli yordamida barqaror kumush nanozarralarini sintez qilish mumkinligi tajribaviy tarzda isbotlandi.
2. Barqarorlashtiruvchi sifatida jelatin va dekstrindan foydalanish nanozarralarning hosil bo'lishi, tizim rangining o'zgarishi va kolloid barqarorlikka sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi; jelatin asosidagi tizimlar 18 oygacha, dekstrin asosidagi tizimlar esa 12 oygacha barqarorlikni saqlab qoldi.
3. Sintez qilingan nanozarralarning o'lchami 20–269 nm oralig'ida bo'lib, reagentlar konsentratsiyasi va stabilizator turi zarra o'lchami va taqsimotiga muhim ta'sir ko'rsatishi ko'rsatildi.
4. UB-Vis spektroskopiya natijalari 400 nm atrofida sirt plazmon rezonansi cho'qqisining mavjudligini tasdiqladi, bu kumush nanozarralarining hosil bo'lganligining bevosita dalilidir.

Xulosa qilib aytganda, natriy sitrat yordamida amalga oshirilgan kimyoviy qaytarish usuli kumush nanozarralarini olishda sodda, iqtisodiy jihatdan tejamkor, ekologik xavfsiz va istiqbolli yondashuv ekanligi isbotlandi. Kelgusi tadqiqotlar jelatin konsentratsiyasini optimallashtirish (1%, 2%, 5%) hamda hosil bo'lgan G-AgNZ tizimining antibakterial faolligini o'rganishga qaratiladi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Wanzhong Zhang, Xueliang Qiao, Jianguo Chen. (2007). Synthesis of nanosilver colloidal particles in water/oil microemulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 299, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2006.11.012>
2. Zarei Chamgordani, N., Asiaei, S., Ghorbani-Bidkorpeh, F., Babaee Foroutan, M., Mahboubi, A., Moghimi, H. R. (2024). Fabrication of controlled-release silver nanoparticle polylactic acid microneedles with long-lasting antibacterial activity using a micro-molding solvent-casting technique. *Drug Delivery and Translational Research*, 14(2), 386–399.

3. Сыргакбек к. Д., Сатывалдиев А.С., Эмил Омурзак. Синтез наночастиц серебра в присутствии додецилсульфата натрия. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №12, 2016. 69–71 с.
4. Gloria, E. C., Ederley, V., Gladis, M., César, H., Jaime, O., Oscar, A., Franklin, J. (2017, June). Synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) with antibacterial activity. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 850, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
5. Photoinduced conversion of silver nanospheres to nanoprisms / R. Jin, Y. W. Cao, C. A. Mirkin [et al.] // Science. – 2001. – Vol. 294. – P. 1901–1903.
6. Титков, А. И., Борисенко, Т. А., Логутенко, О. А. (2020). Полиольный синтез нано- и микропластин серебра в присутствии оксиэтилированной карбоновой кислоты. Химия в интересах устойчивого развития, 28(1), 66–72.
7. Lutpillayeva, M., Hoshimov, F. (2025, July). Study of systems containing silver nanoparticles using ultraviolet-visible spectroscopy method. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3304, No. 1, p. 030022). AIP Publishing LLC.
8. Lutpillayeva, M., Hoshimov, F. (2025, October). Synthesis of silver nanoparticles under the influence of various reducers. In International Conference on Global Trends and Innovations in Multidisciplinary Research (Vol. 1, No. 4, pp. 233–235).