

FTAMP 64.29.23

А.К. Абсаллимова¹ – негізгі автор, | ©
Н.Е. Ботабаев², А.К. Бектурсунова³, М.Н. Еркебай⁴



¹Докторант, ^{2,3,4}PhD

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0000-0271-5040> ²<https://orcid.org/0000-0001-8999-7801>
³<https://orcid.org/0000-0001-5514-5870> ⁴<https://orcid.org/0009-0001-0170-702X>



^{1,2,3}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,



Шымкент қ., Қазақстан

⁴Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,

Түркістан, қ., Қазақстан

@

¹absalyamova.aigerim@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/SCSK2485>

КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ БАКТЕРИЦИДТІК ӘСЕРІ ЖӘНЕ ТОҚЫМА ӨНДІРІСІНДЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аңдатпа. Күміс нанобөлшектер бетінің көлемге жоғары қатынасына байланысты ерекше қасиеттері олардың әсерінің жоғары тиімділігін анықтайды. Микроағзалардың жасушалық қабығымен сіңірілген күміс иондары оның кейбір функцияларын бұзады, бірақ жасушалардың тіршілік қабілеттілігі сақталады. Күміс иондарының микроағза жасушаларына ықпал ету механизмі келесідей: күміс иондары микроағза жасушасының қабықшасына сіңіп, оның салдарынан жасушасы тіршілік әрекетін жалғастырады, бірақ бактериостатикалық әсер ету сияқты кейбір функциялары бұзылады. Жүргізілген зерттеулер әр түрлі патогендік және патогендік емес ағзалардың күміс иондарына қарсы сезгіштігі біркелкі еместігін көрсетеді. күмістің нанобөлшектерімен модификацияланған тоқыма материалдарынан жасалған бұйымдарды пайдалану адам денесінің терморегуляциясының түрлі әсерлеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді, ағзаның оттегі-тасымалдау жүйесі жұмысының тиімділігін арттырады, су-май балансын сақтайды, иммундық жүйенің жұмысын, зат алмасу және жасушалардың регенерациясын жақсартады. Күмістің нанобөлшектерімен модификацияланған тоқыма материалдары жұқпалы аурулардың таралу қаупі жоғары жерлерде: қоғамдық тамақтану кәсіпорындарында, ауыл шаруашылығы және мал шаруашылығы үй-жайларында, балалар, спорттық және медициналық мекемелерде профилактикалық микробқа қарсы қорғаныс құралдары ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Тірек сөздер: жасуша, микроағза, патогендік, дезинфекциялық, биоцидтік қасиет.



Абсаллимова, А.К. Күміс нанобөлшектерінің бактерицидтік әсері және тоқыма өндірісінде қолданылуы [Мәтін] / А.К. Абсаллимова, Н.Е. Ботабаев, А.К. Бектурсунова, М.Н. Еркебай // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.345-352. <https://doi.org/10.55956/SCSK2485>

Кіріспе. Әртүрлі материалдардың нанобөлшемді бөлшектерін жасап, оны қолдану заманауи нанотехнологияның белсенді даму барысындағы салаларына жатқызуға болады. Қазіргі таңда күмістің нанобөлшектерін кеңінен қолдануда. Басқа да нанобөлшектерге ұқсас күміс нанобөлшектері

беттерінің оның көлеміне үлкен қатынастығына сәйкес сипаттарымен ерекшеленіп, оның ықпалының жоғарғы тиімділігін дәлелдейді. Көптеген заттар мен материалдарға бактерицидтік және бактериостатикалық қасиеттер беру мақсатында күміс нанобөлшектерінің функционалдық әрекеттілігіне үлкен мән беріледі. Патогендік микроағзаларды жоюда күміс бөлшектерінің 9-15 нм өлшемдері ең оңтайлы болып саналады. Оның вирустар немесе бактериялармен күмістің әрекеттесу аумағын жоғарылататындай белгіленген мөлшерден артық өте жоғары меншікті бетке ие болуы бактерицидтік ықпалын айтарлықтай жақсартады. Сонымен, күмісті нанобөлшектер ретінде пайдалану жалпы толық бактерицидтік қасиеттерін сақтау арқылы күмістің мөлшерін жүз есе азайтуға ықпал етеді. Күміс нанобөлшектерін биоцидтік қосылыс сияқты ықпалы бар үлкен биоцидтік қасиеттерге ие жаңа жабындар, материалдар және басқа да көптеген өнім түрлерін дайындауға және шығаруға арналған модификатор түрінде пайдаланылады. Тоқыма материалдарына енгізу мақсатында күміс нанокомпозиттерін іріктеу барлық пайдаланудағы микроағзаларға қарсы құралдардың алдында олардың маңызды және мінсіз басымдылығына сүйенеді. Оны келесідей түсіндіруге болады: күміс қоспалары микроағзаларға қарсы әрекеттеріліктің ауқымды аясына ие болуынан патогендік микроағзалардың резистенттілік мәселесіне байланысты кемшіліктерінен айырылған [1].

Нанобөлшектер (НБ) соңғы екі онжылдықта олардың бетінің көлеміне қатынасының айтарлықтай мөлшерімен және басқа өлшемдік әсерлерімен байланысты бірегей физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты зерттеушілердің ерекше назарын аударды. Сонымен, күмістің маңызды қасиеттерінің бірі-оның бактерицидтік және антивирустық белсенділігі, ол нанобөлшектерді пайдалану кезінде бетінің күрт өсуіне байланысты айтарлықтай артады [2].

Жоғары тиімділік, оларды синтездеу мен қолданудың қарапайым тәсілдері оларды ерекше тартымды және көпшілікке қол жетімді етеді. Көптеген зерттеулер Ag нанобөлшектерінің аз мөлшері әртүрлі тоқыма материалдарына микробқа қарсы қасиеттер бере алатынын көрсетті [2-4].

Күміс нитраты өте тиімді микробқа қарсы агент болғанымен, бақыланбайтын тотықсыздандыру процестеріне байланысты ауа мен жарыққа ұшыраған кезде маталарды қара-қоңыр түске бояйды [5]. Бұл маталарды бояуға, әсіресе бозғылт реңктерде үлкен кедергі болуы мүмкін. Бұл мүмкіндік микробқа қарсы және колориметриялық тұрғыдан бірдей маңызды болғандықтан, көптеген авторлар бұл мәселені шешу үшін ғылыми және зерттеу жұмыстарын жүргізді [6,7]. Ahmed және т. б. [8] нано күмісті (AgНБ) қосудың вискоза талшықтарын көк реактивті бояумен бояу процесіне әсерін зерттеді. AgНБ қосылуының арқасында талшықтардың түсі жасыл-көкке айналды. Микробқа қарсы белсенділік AgНБ қосу арқылы айтарлықтай жақсарды. Рехан және басқалар, зерттеу мақта матасын коллоидты Ag нанобөлшектерімен жүктеу мен тікелей бояғыштармен бояу арасындағы байланысты талқылайды [9]. Күміс нанобөлшектерді түрлі-түсті мақта мен жүннен жасалған маталарды жақсы беріктік қасиеттерімен алу үшін қолданды [10]. Сонымен қатар, Jaferi және оның әріптестері жібек және мақта маталарын бояу үшін әртүрлі өлшемдегі күміс нанобөлшектерді пайдаланды [11]. Бұл қапталған маталар берік беріктік қасиеттері бар түрлі-түсті түстермен ұсынылған.

Бүгінгі таңда бізде күміс нанобөлшектерімен өңделгеннен кейін тоқыма материалдарының бастапқы түсінің сақталуы туралы аз ақпарат бар. Бұл

жұмыста күміс және карбоксиметилкрахмал нанобөлшектеріне негізделген ұсынылған нанокомпозицияның белсенді бояғыштармен боялған трикотажды маталардың түрлі түстеріне түс сипаттамаларына әсері зерттелді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Иондық түрдегі күміс бактерицидтік, айқын байқалатын зеңге қарсы, сонымен бірге антисептикалық ықпалы бар және жіті жұқпа тудыратын патогендік микроағзаларға байланысты тиімділігі жоғары зарарсыздандырғыш болып саналады. Сонымен бірге, қазіргі таңда күмістің күшті антибактериалдық және вирустарға қарсы қасиеттерімен қоса, оның ағзадағы барлық жүйелер мен мүшелердің қалыпты жұмысына қажетті микроэлемент түрінде айқындалған ықпалы, күмістің иммундық түзетуші ерекшеліктері оған деген қызығушылықты арттыруда. Күмістің иммунитет төмендеген жағдайды адам ағзасының қорғанысын арттыратын иммундық модуляциялық қасиеттері бар.

Басқа металдармен салыстырғанда күмістің бактерицидтік әсері жоғары. Мұнда, күміс иондарының микроағзалардың жасушаларына ықпал ету арқылы оларды жояды. Күміс аэробты және анаэробты микроағзаларға, сонымен бірге оның антибиотиктердің әсеріне төзімділік танытатын түрлеріне, сондай-ақ бірқатар кейбір вирустарға және саңырауқұлақшаларға қарсы жоғарғы әрекеттілігін көрсетеді. Жүргізілген зерттеулер әр түрлі патогендік және патогендік емес ағзалардың күміс иондарына қарсы сезгіштігі біркелкі еместігін көрсетеді. Патогендік емес микроағзалармен салыстырғанда патогендік микроағзалар күміс иондарына сезгішталдылығы жоғары болып саналады. Осыған байланысты, күміс иондары, негізі, зиянды микроағзаларды жою арқылы, таңдамалы ықпал етеді [12].

Күміс иондарының микроағза жасушаларына ықпал ету механизмі келесідей: күміс иондары микроағза жасушасының қабықшасына сіңіп, оның салдарынан жасушасы тіршілік әрекетін жалғастырады, бірақ бактериостатикалық әсер ету сияқты кейбір функциялары бұзылады. Бірқатар антибиотиктер және сульфаниламидтермен салыстырғанда күмістің микроағзаларға қарсы ықпал ету спектрі анағұрлым кең болып саналады. Пенициллин, биомицин және басқа да антибиотиктермен салыстырғанда күмістің күшті микроағзаларға қарсы және антибиотиктерге төзімділігі жоғары бактериялар түрлеріне ықпалы күшті болып табылады [13]. Сонымен, күміс иондары бактерицидтік қабілеттіктен бастап бактериостатикалық ықпалына дейін көптеген микроағзаларға әсері айқындалған.

Бұл ретте күміс иондары микроорганизмдерге қарағанда адам ағзасының жасушалары үшін зиянсыз екендігі өте маңызды.

Бактерияларды жоюда күміс препараттарының әсері күшті, мысалы, бірдей концентрация мөлшеріндегі карбол қышқылының әсер ету күштілігі 1750 есе, ал сулеманың әсерінен күштілігі 3,5 есе жоғары. Күміс иондарының 0,1 мг/л мөлшерінде де фунгицидтік әсері байқалады. Бірдей концентрация мөлшерінде хлор, натрий гипохлориді, хлорлы әк және т.с.с. күшті тотықтырғыштардың әсерімен салыстырғанда күміс ерітінділерінің бактерицидтік әсері жоғары екендігі расталған. Бактериялардың әсер ету салдарынан ірің және қабынған беттерімен жанасуда күміс иондарының ерітінділері ең оңтайлы әрі тиімді емдік құрал болып табылады [14].

Күміс иондары бірқатар бактериялардан бастап бактериостатикалық микроағзаларға дейін, сонымен қатар микроағзалардың көбеюіне қарсы әсер ету тиімділігі өте жоғары болып саналады. Алтын түсті стафилококк және көптеген кокктар сияқты кейбір микроағзаларға күміс иондары негізінде

жасалған препараттардың әсер ету қабілеттілігі антибиотиктерден де жоғары болып табылады.

Микроағзаларға күмістің ықпал ету механизмін сипаттайтын бірқатар теориялар ішінде, теріс заряды бар және соңғы бактериялық жасушаның адсорбциясы барысында заряды оң күміс иондары және бактериялардың жасушаларының өзара арасында туындайтын жасушаның электрстатикалық күштердің өзара әрекеттесу салдарынан тіршілігін жоғалтатын, ең көп таралғаны – адсорбциялық теория болып табылады.

Негізі, күміс иондарының бір жасушалы (бактериялар) және жасушасыз микроағзалармен (вирустармен) күресу механизмі келесідей: механикалық беріктігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін амин қышқылдарымен қосылған, ерекше ақуыздар (пептидогликандар) құрылымын білдіретін, бактериялардың жасушалы мембранасына әсер ететінін білдіреді. Күміс, оттегіні бактерия жасушасының ішіне беру қабілетін бұғаттай отырып, сыртқы пептидогликандармен өзара әрекеттеседі, бұл микроағзаның «түншығуына» және өлуіне әкеледі.

Күмістің әсері инфекция бойынша емес (антибиотиктер сияқты), жасушалық құрылым бойынша ерекше. Химиялық тұрақты қабырғасы жоқ кез келген жасуша (мұндай жасушалық құрылымдар бактериялар мен жасушалық қабырғасы жоқ басқа да ағзаларда бар, мысалы, жасушадан тыс вирустарда) күміс әсеріне ұшыраған. Сүтқоректілердің жасушалары мүлдем басқа мембрананың типіне (құрамында пептидогликандары жоқ) ие болғандықтан, күмістің оларға ешқандай әсері болмайды [15].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Кейбір зерттеушілер күмістің жасушаға әсер ету механизмін түсіндіре отырып, физикалық-химиялық процестеріне ерекше мән береді. Атап айтқанда, бактериялар протоплазмасының тотығуын және оның суда ерітілген оттегімен бұзылуын, күміс катализатор рөлін атқарады. Ауыр металдары бар нуклеин қышқылдары кешендерінің пайда болуын дәлелдейтін деректер бар, соның салдарынан ДНҚ тұрақтылығы және тиісінше, бактериялардың өміршеңдігі бұзылады. Сонымен бірге, күміс иондарының микроағзаларға қарсы кеңінен ықпал ету себептерінің бірі – натрий және кальций иондарының транс-мембраналық тасымалын тежеу болып саналады [16].

Қорыта келе, күмістің микроағзалар жасушасына ықпал ету механизмі – күміс иондары қорғаныш функциясын орындайтын жасушалық қабықпен сорбцияланады. Жасуша тіршілік қабілетін сақтап қалады, бірақ оның кейбір функциялары, мысалы, бөлуі (бактериостатикалық әсері) бұзылады. Микроағза жасушасының бетіне күміс иондары сіңірілген соң ол жасушаның ішіне енеді, тыныс алу тізбегінің ферменттерін тежейді.

Қорытынды. Күміс нанобөлшектерінің биоцидті қасиеттерін пайдаланудағы перспективті бағыт – медициналық және тұрмыстық мақсаттағы тоқыма және полимер өнімдерін өндіру. Ең алдымен, бұл түрлі таңу материалдарының, медициналық мақсаттағы тоқыманың, сондай-ақ спорттық киім-кешегі, экипировкасы мен термо ішкі киімінің және шұлық-ұйық өнімдерінің өндірісі. Бұдан басқа, күмістің нанобөлшектерімен модификацияланған тоқыма материалдарынан жасалған бұйымдарды пайдалану адам денесінің терморегуляциясының түрлі әсерлеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді, ағзаның оттегі-тасымалдау жүйесі жұмысының тиімділігін арттырады, су-май балансын сақтайды, иммундық жүйенің жұмысын, зат алмасу және жасушалардың регенерациясын жақсартады. Күмістің нанобөлшектерімен модификацияланған тоқыма материалдары

жұқпалы аурулардың таралу қаупі жоғары жерлерде: қоғамдық тамақтану кәсіпорындарында, ауыл шаруашылығы және мал шаруашылығы үй-жайларында, балалар, спорттық және медициналық мекемелерде профилактикалық микробқа қарсы қорғаныс құралдары ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Букина, Ю.А. Получение антибактериальных текстильных материалов на основе наночастиц серебра посредством модификации поверхности текстиля неравновесной низкотемпературной плазмой [Текст] / Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 7 (15) – С. 125-128.
2. Xia Y., Xiong Y., Lim B., Skrabalak S.E. Shape- controlled synthesis of metal nanocrystals: simple chemistry meets complex physics? // *Angewandte Chemie International Edition*, 2009. Vol. 48, No. 1. P. 60-103.
3. Haji A., Barani H., Qavamnia S.S. In situ synthesis and loading of silver nanoparticles on cotton fabric // *Industria Textila*, 2013. Vol. 64, No. 1. P. 8-12.
4. Parham S., Nemati M., Sadir S., Bagherbaigi S., Wicaksono D.H., Nur H. In situ synthesis of silver nanoparticles for Ag- NP/cotton nanocomposite and its bactericidal effect // *Journal of the Chinese Chemical Society*, 2017. Vol. 64, No. 11. P. 1286-1293.
5. Петрова, Л.С. Использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств [Текст] / Л.С. Петрова, А.А. Липина, А.О. Зайцева, О.И. Одицова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 6. – С. 105-109.
6. Vigneshwaran N., Kumar S., Kathe A.A., Varadarajan P.V., Prasad V. Functional finishing of cotton fabrics using zinc oxide-soluble starch nanocomposites // *Nanotechnology*, 2006. Vol. 17, No. 20. P. 5087.
7. Ding X., Yu M., Wang Z., Zhang B., Li L., Li J. A promising clean way to textile colouration: cotton fabric covalently-bonded with carbon black, cobalt blue, cobalt green, and iron oxide red nanoparticles // *Green chemistry*, 2019. Vol. 21, No. 24. P. 6611-6621.
8. Ahmed H.B. Emam H.E., Mashaly H.M., Rehan M. Nanosilver leverage on reactive dyeing of cellulose fibers: color shading, color fastness and biocidal potentials // *Carbohydrate polymers*, 2018. Vol. 186. P. 310-320.
9. Lazić V., Šaponjić Z., Vodnik V., Jovančić P., Nedeljković J., Radetić, M. Antibacterial and colorimetric evaluation of cotton fabrics dyed with direct dyes and loaded with Ag nanoparticles // *Industria Textilă*, 2013. Vol. 64, No. 2. P. 89-97.
10. Rehan M., Mashaly H.M., Mowafi S., Abou El-Kheir A., Emam, H.E. Multi-functional textile design using in-situ Ag NPs incorporation into natural fabric matrix // *Dyes and Pigments*, 2015. Vol. 118. P. 9-17.
11. Jafari N., Karimi L., Mirjalili M., Derakhshan S.J. Effect of Silver Particle size on color and Antibacterial properties of silk and cotton Fabrics // *Fibers and Polymers*, 2016. Vol. 17. P. 888-895.
12. Doer R., Bergner W. Zur Oligodynamie des Silbers // *Biochem. Zeitschr N*, 1922. Vol. 131. P. 351-356.
13. Shulgina T.A., Norkin I.A., Puchinan D.M. Antibacterial effect of aqueous dispersions of silver nanoparticles on the gram-negative microorganisms (on example of *Escherichia coli*) // *Fundamental Research*, 2012. No. 7. P. 424-426.
14. Киселева, А.Ю. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра [Текст] / А.Ю. Киселева, И.А. Шушина, О.В. Козлова, Ф.Ю. Телегин // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 12. – № 2. – С. 110-112.

15. Довнар, Р.И. Антибактериальный и противогрибковый эффект перевязочного материала, содержащего наночастицы серебра [Текст] / Р.И. Довнар, С.М. Смотрин, А.Ю. Васильков, А.И. Жмакин // Новости хирургии. – 2010. – Т. 18. – № 6. – С. 3-11.
16. Abramson J.J. Trimm J.L., Weden L., Salama G. Heavy metals induce rapid calcium release from sarcoplasmic reticulum vesicles isolated from skeletal muscle // Proceedings of the National Academy of Sciences, 1983. Vol. 80, No. 6. P. 1526-1530.

Материал редакцияға 18.05.24 түсті.

А.К. Абсаллимова¹, Н.Е. Ботабаев¹, А.К. Бектурсунова¹, М.Н. Еркебай²

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан

²Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕКСТИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. Особые свойства наночастиц серебра, обусловленные высоким соотношением поверхности к объему, определяют высокую эффективность их действия. Ионы серебра, поглощенные клеточной мембраной микроорганизмов, нарушают некоторые его функции, но жизнеспособность клеток сохраняется. Механизм действия ионов серебра на клетки микроорганизмов следующий: ионы серебра поглощаются мембраной клетки микроорганизмов, из-за чего клетка продолжает свою жизнедеятельность, но некоторые функции, такие как бактериостатическое действие, нарушаются. Проведенные исследования показывают, что восприимчивость различных патогенных и непатогенных организмов к ионам серебра неоднородна. Использование изделий из текстильных материалов, модифицированных наночастицами серебра, позволяет достичь различных эффектов терморегуляции человеческого тела, повышает эффективность работы кислородно-транспортной системы организма, поддерживает водно-жировой баланс, улучшает работу иммунной системы, обмен веществ и регенерацию клеток. Текстильные материалы, модифицированные наночастицами серебра, могут использоваться в местах повышенного риска распространения инфекционных заболеваний: на предприятиях общественного питания, в сельскохозяйственных и животноводческих помещениях, в детских, спортивных и медицинских учреждениях в качестве профилактических противомикробных средств защиты.

Ключевые слова: клетка, микроорганизм, патогенный, обеззараживающий, биоцидное свойство.

А.К. Absalyamova¹, N.E. Botabaev¹, A.K. Bektursunova¹, M.N. Yerkebai²

¹M. Auezov south Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan

²Khoja Ahmed Yasawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF THE SILVER NANOPARTICLES AND APPLICATION IN TEXTILE PRODUCTION

Abstract. The special properties of silver nanoparticles, due to the high surface-to-volume ratio, determine the high efficiency of their action. Silver ions absorbed by the cell membrane of microorganisms disrupt some of its functions, but the viability of cells is

preserved. The mechanism of action of silver ions on microbial cells is as follows: silver ions are absorbed by the membrane of the microbial cell, which is why the cell continues its vital activity, but some functions, such as bacteriostatic action, are disrupted. The conducted studies show that the susceptibility of various pathogenic and non-pathogenic organisms to silver ions is heterogeneous. The use of textile materials modified with silver nanoparticles makes it possible to achieve various effects of thermoregulation of the human body, increases the efficiency of the oxygen transport system of the body, maintains the water-fat balance, improves the immune system, metabolism and cell regeneration. Textile materials modified with silver nanoparticles can be used in places of increased risk of the spread of infectious diseases: in catering establishments, in agricultural and livestock premises, in children's, sports and medical institutions as preventive antimicrobial protective agents.

Keywords: cell, microorganism, pathogenic, disinfecting, biocidal property.

References

1. Bukina YU.A., Sergeyeva Ye.A. Polucheniye antibakterial'nykh tekstil'nykh materialov na osnove nanochastits serebra posredstvom modifikatsii poverkhnosti tekstilya neravnovesnoy nizektemperaturnoy plazmoy [Obtaining antibacterial textile materials based on silver nanoparticles by modifying the textile surface with nonequilibrium low-temperature plasma] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan Technological University], 2012. No. 7(15). P. 125-128, [in Russian].
2. Xia Y., Xiong Y., Lim B., Skrabalak S.E. Shape-controlled synthesis of metal nanocrystals: simple chemistry meets complex physics? // *Angewandte Chemie International Edition*, 2009. Vol. 48, No. 1. P. 60-103.
3. Haji A., Barani H., Qavamnia S.S. In situ synthesis and loading of silver nanoparticles on cotton fabric // *Industria Textila*, 2013. Vol. 64, No. 1. P. 8-12.
4. Parham S., Nemati M., Sadir S., Bagherbaigi S., Wicaksono D.H., Nur H. In situ synthesis of silver nanoparticles for Ag-NP/cotton nanocomposite and its bactericidal effect // *Journal of the Chinese Chemical Society*, 2017. Vol. 64, No. 11. P. 1286-1293.
5. Petrova L.S., Lipina A.A., Zaytseva A.O., Odintsova O.I. Ispol'zovaniye nanochastits serebra dlya pridaniya tekstil'nym materialam bakteritsidnykh svoystv [Use of silver nanoparticles to impart bactericidal properties to textile materials] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti* [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry], 2018. No. 6. P. 105-109, [in Russian].
6. Vigneshwaran N., Kumar S., Kathe A.A., Varadarajan P.V., Prasad V. Functional finishing of cotton fabrics using zinc oxide-soluble starch nanocomposites // *Nanotechnology*, 2006. Vol. 17, No. 20. P. 5087.
7. Ding X., Yu M., Wang Z., Zhang B., Li L., Li J. A promising clean way to textile colouration: cotton fabric covalently-bonded with carbon black, cobalt blue, cobalt green, and iron oxide red nanoparticles // *Green chemistry*, 2019. Vol. 21, No. 24. P. 6611-6621.
8. Ahmed H.B., Emam H.E., Mashaly H.M., Rehan M. Nanosilver leverage on reactive dyeing of cellulose fibers: color shading, color fastness and biocidal potentials // *Carbohydrate polymers*, 2018. Vol. 186. P. 310-320.
9. Lazić V., Šaponjić Z., Vodnik V., Jovančić P., Nedeljković J., Radetić, M. Antibacterial and colorimetric evaluation of cotton fabrics dyed with direct dyes and loaded with Ag nanoparticles // *Industria Textilă*, 2013. Vol. 64, No. 2. P. 89-97.
10. Rehan M., Mashaly H.M., Mowafi S., Abou El-Kheir A., Emam, H.E. Multi-functional textile design using in-situ Ag NPs incorporation into natural fabric matrix // *Dyes and Pigments*, 2015. Vol. 118. P. 9-17.

11. Jafari N., Karimi L., Mirjalili M., Derakhshan S.J. Effect of Silver Particle size on color and Antibacterial properties of silk and cotton Fabrics // *Fibers and Polymers*, 2016. Vol. 17. P. 888-895.
12. Doer R., Bergner W. Zur Oligodinamie des Silbers // *Biochem. Zeitschr N*, 1922. Vol. 131. P. 351-356.
13. Shulgina T.A., Norkin I.A., Puchinan D.M. Antibacterial effect of aqueous dispersions of silver nanoparticles on the gram-negative microorganisms (on example of *Escherichia coli*) // *Fundamental Research*, 2012. No. 7. P. 424-426.
14. Kiseleva A.YU., Shushina I.A., Kozlova O.V., Telegin F.YU. Bakteritsidnyye tekstil'nyye materialy na osnove biologicheski aktivnykh preparatov i nanoserebra [Bactericidal textile materials based on biologically active preparations and nanosilver] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti* [News of higher educational institutions. Technology of light industry], 2011. Vol. 12. No. 2. P. 110-112, [in Russian].
15. Dovnar R.I., Smotrin S.M., Vasil'kov A.YU., Zhmakin A.I. Antibakterial'nyy i protivogribkovyy effekt perevyazochnogo materiala, sodержashchego nanochastitsy serebra [Antibacterial and antifungal effect of dressing material containing silver nanoparticles] // *Novosti khirurgii* [News of surgery], 2010. Vol. 18. No. 6. P. 3-11, [in Russian].
16. Abramson J.J. Trimm J.L., Weden L., Salama G. Heavy metals induce rapid calcium release from sarcoplasmic reticulum vesicles isolated from skeletal muscle // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1983. Vol. 80, No. 6. P. 1526-1530.