

FTAMP 61.31.59

А.Ж. Заманбек<sup>1</sup> – негізгі автор, Ш.Т. Кошкарбаева<sup>2</sup>, М.С. Сатаев<sup>3</sup>, Р.С. Абжалов<sup>4</sup>, Қ.Б. Аманбаева<sup>5</sup> | ©



<sup>1</sup>Докторант, <sup>2</sup>Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, <sup>3</sup>Техн. ғылым. д-ры, профессор, <sup>4</sup>PhD, доцент, <sup>5</sup>Магистр, аға оқытушы

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0005-8828-5315> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>  
<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-3456-7083> <sup>4</sup><https://orcid.org/0009-0008-7813-7396>  
<sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0001-7612-9183>



<sup>1,2,3,4,5</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті



Шымкент, Қазақстан



<sup>1</sup>[Z.zh.akhanyan@gmail.com](mailto:Z.zh.akhanyan@gmail.com)

<https://doi.org/10.55956/CDEN1271>

## ФОТОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН ДИЭЛЕКТРЛІ МАТЕРИАЛ БЕТІНДЕ ТОҚ ӨТКІЗГІШ ҚАПТАМА АЛУ

**Аңдатпа.** Бұл зерттеу жұмысында фотохимиялық әдіспен полиэстер материалының бетінде өткізгіш қаптамасы бар жаңа материал алынды. Тоқ өткізгіш қаптама ретінде күміс қабықшасы тұндырылып, зерттеу жүргізілді. Зерттеу жұмысының өзектілігі ретінде – әдістің экологиялық тазалығы сонымен қатар, энергияны көп қажет етпейтін фотохимиялық әдістің диэлектрлі материалдардың қасиетімен қолданысын кеңейтуге мүмкіншілік беруі болып табылады. Үлгі ретінде алынған материалдардың морфологиялық, химиялық және элементтік құрамдары расторлы электрондық микроскопия (РЭМ) және инфрақызыл спектроскопия (ИК) қондырғылары арқылы зерттелінді. РЭМ нәтижелері бойынша полиэстер материалының бастапқы құрылымының таза және тегіс екендігіне көз жеткізілді, ал күмістелгеннен кейін материал беті түйіршікті құрылымға ие болғандығы байқалды. Өткізгіш қабаттың элементтік құрамын талдау барысында күміс иондары шамамен 90 пайызды құрады. Бұл нәтижелер күмістің біркелкі таралғандығын көрсетті. Зерттеу нәтижелері диэлектрлі материалдардың және тоқыма маталардың тиімді және үнемді тәсіл бойынша түрлендіріп, оның қолданысын кеңейтуге болатындығын көрсетті.

**Тірек сөздер:** фотохимиялық әдіс, полиэстер, күміс қабаты, тоқ өткізгіш материал.



Заманбек, А.Ж. Фотохимиялық әдіспен диэлектрлі материал бетінде тоқ өткізгіш қаптама алу [Мәтін] / А.Ж. Заманбек, Ш.Т. Кошкарбаева, М.С. Сатаев, Р.С. Абжалов, Қ.Б. Аманбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №3(93). – Б.478-483. <https://doi.org/10.55956/CDEN1271>

**Кіріспе.** Қазіргі таңда заманауи талаптарға сәйкес сонымен қатар, электроника, сенсорика, ақылды тоқыма (smart textile) салаларында өткізгіш материалдарға деген сұраныс күннен күнге артуда. Өткізгіштік қасиеті бар киімдер электроника, биомедициналық құралдар жасауда, антенналар, электромагниттік экрандау жүйелерінде кеңінен қолданысқа ие болуда [1]. Мұндай өткізгіш қаптамалы материалдар алу үшін көп жағдайда диэлектрлі материал ретінде полимер немесе тоқыма материалдары негізіндегі үлгелерді

күміс, мыс, алтын қабаттарымен қаптау ұсынылады. Ұсынылатын дәстүрлі әдістер ретінде химиялық, вакуумдық буландыру, немесе электрохимиялық жолмен қаптама алу жолдары қолданылады. Дегенмен, дәстүрлі әдістер - қымбат реагенттерді сонымен қатар, арнайы құрылғыларды талап ете отырып, экономикалық, экологиялық жағынан тиімсіз болып табылады [2].

Соңғы зерттеулерге сәйкес фотохимиялық әдіспен диэлектрлі материалдарды металдандыру перспективалы бағыттардың бірі болып отыр. Себебі, бұл әдіс төмен температурада, энергия шығынын көп талап етпейтін, ең бастысы реакция жылдам жүреді және қоршаған ортаға зияндылығы төмен. Фотохимиялық әдістің негізі ретінде жарық әсерінен тотықсызданатын металл иондары болып табылады. Диэлектрлі материал бетінде металл қабаты тотықсызданып, біркелкі қабат түзеді. Мұндай әдіспен алынған қаптама біркелкі, адгезиясы жоғары және өткізгіштік қабілеті де жоғары болып табылады.

Полиэстер – беріктігі өте жоғары, химиялық ерітінділерге төзімді, икемді материал болғандықтан, өткізгіш материал алуда тиімді субстрат болып табылады. Күмістелген полиэстер материалы жоғары электр өткізгіштігімен, бактерицидтік қабілетімен ерекшеленіп, функционалданған материалдың жаңа қолданысқа ие болуына мүмкіншілік ашады [3,4].

Бұл зерттеу жұмысының мақсаты - фотохимиялық әдіс арқылы материал бетін күмістеу және морфологиялық, химиялық, элементтік құрамдарын анықтау. Зерттеу барысында РЭМ, ИҚ әдістері қолданылды. Алынған нәтижелер бойынша фотохимиялық әдістің экологиялық таза және тиімді екендігі дәлелденді.

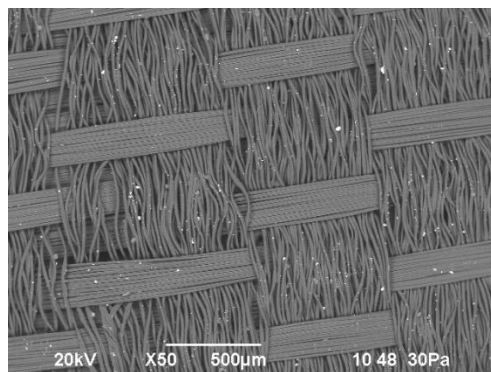
**Зерттеу шарттары мен әдістері.** Зерттеу объектісі ретінде жоғары термиялық төзімділікке ие полиэстер материалы таңдалынып алынды. Металдандыру үшін күміс нитратының 10 г/л концентрациядағы ерітіндісі және тотықсыздандырғыш ретінде аскорбин қышқылының 20 г/л ерітінділері қолданылды. Зерттеуде пайдаланылған ерітінділер аналитикалық тұрғыдан химиялық таза реактивтерден дайындалды.

Полиэстер материалы 2×3 см өлшемде кесіліп, этанол ерітіндісінде майсыздандырылып, дистилденген сумен шайылды. Үлгілер  $\text{AgNO}_3$  ерітіндісіне 10-15 минутқа материал бойына толық сіңіргенше батырылып қойылды. Келесі ретте үлгелерді алып, аскорбин қышқылы ерітіндісіне 1-2 минут ұстап фотохимиялық процесс жүргізу үшін электр лампының астына толық кепкенше қойылды. Жарық әсерінен күміс иондары тотықсызданып, материалдың бетінде күміс иондары тұнба түрінде түзілді. Бетінде күміс иондары бар үлгілерге ары қарай физика-химиялық талдаулар жасалынды.

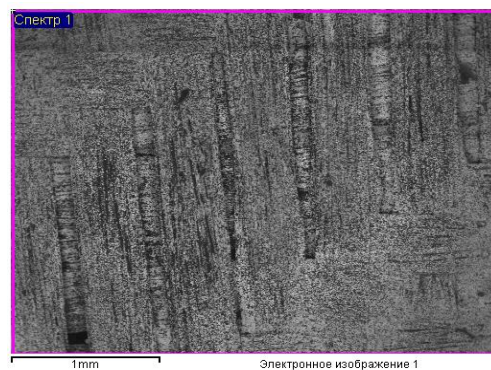
Материалдардың морфологиялық құрылымын зерттеу үшін расторлы электронды микроскоп қолданылды. Анализ JEOL (Жапония) фирмасының расторлы электронды микроскопы JSM 6490 сериясының қазіргі таңдағы заманауи қондырғысымен жүзеге асырылды. Алдымен таза полиэстер бетіне талдау жүргізіліп, бетіне күміс иондары қондырылған үлгімен салыстыра отырып зерттелінді. Спектр нәтижесі бойынша күмістің шамасы 90 пайыз екендігі байқалады. Бұл нәтижелер фотохимиялық әдістің тиімділігінің айқын дәлелі болып табылады. Электр лампының жарық қарқындылығын SM204-SOLAR күн сәулесін өлшеу детекторы құрылғысымен өлшенді. Функционалдық топтарды сапалық талдау үшін ИҚ-Фурье Shimadzu IRPrestige-21 спектрометр қондырғысы қолданылды.

**Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау.** Полиэстер материалдар бетін металдандыруда фотохимиялық процессте лампа сәулесі ағынының тығыздығы 900-1000 Вт/м<sup>2</sup> тең болды.

Фотохимиялық әдіспен полиэстер материалының бетінде күміс иондарының тотықсыздануы нәтижесінде күмістің тегіс қаптамасының алынғаны анықталды (1-сурет). РЭМ нәтижелері бойынша қаптаманың морфологиясында айқын өзгерістер бар екені көрінеді. Бастапқы үлгіде материалдың талшықтары тегіс әрі біртекті құрылымға ие болса, қаптама алынған бетте күмістің микробөлшектері біркелкі таралып жабын түзіледі. 500 есе үлкейтілген суретте кейбір аймақтарында күмістің өте ұсақ бөлшектерінің (әсіресе нанобөлшектердің) бір-біріне жабысып, ірі топтар немесе шоғырлар түзу процесі байқалады, бұл металл иондарының локальды концентрациясының жоғары болуымен түсіндіріледі [5,6]. 2-суреттегі алынған мәліметтер негізінде полиэстер бетінің күміс иондарымен толық жабылғаны анықталды.

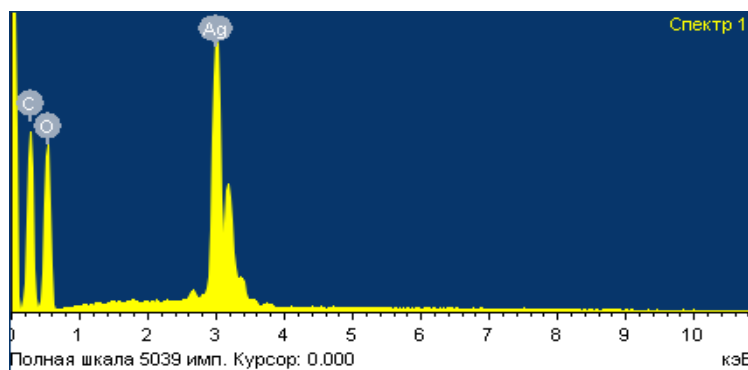


Сурет 1.1.



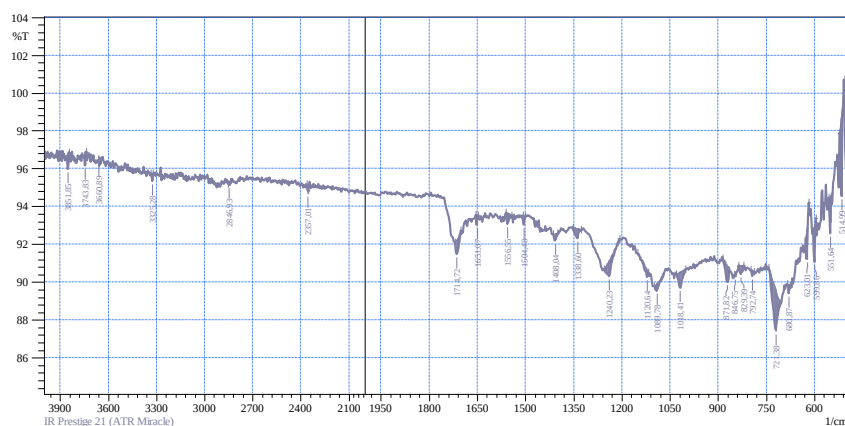
Сурет 1.2.

Сурет 1. Таза және күмістелген полиэстер материалының РЭМ анализі

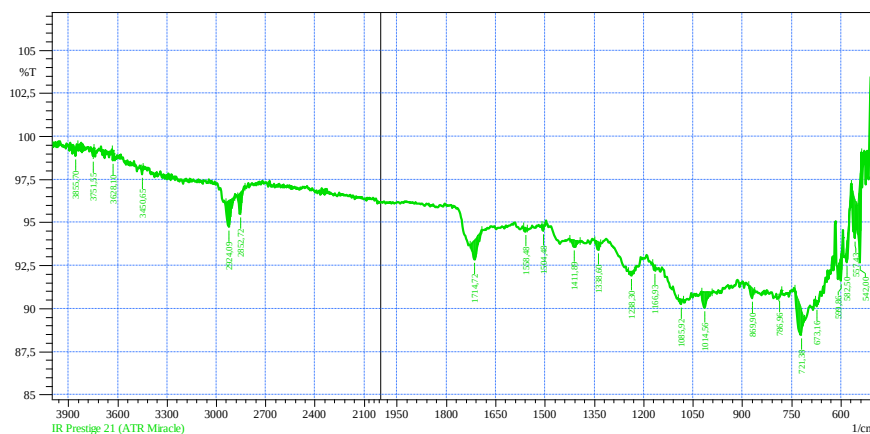


Сурет 2. Күмістелген полиэстер материалының элементтік талдау спектрі

Сонымен қатар, таза материал мен күмістелген полиэстер беті ИҚ-Фурье Shimadzu IRPrestige-21 спектрометр құрылғысымен зерттелінді (3,4-суреттер).



Сурет 3. Таза полиэстер материалының ИҚ спектрі



Сурет 4. Күміс ерітіндісімен өңделген полиэстер материалының ИҚ-спектрі

Бұл қондырғымен қатты және сұйық беттердің беткі қабатындағы функционалдық топтарды сапалық талдауға болады.

3-суреттегі спектрлер таза полиэстер негізін сипаттайды. 3650-3200 аралығында байқалатын кең жолақ, гидроксил топтарының тербелісіне сәйкес келсе, 4-суретте бұл спектрдің сигналы әлсіздеу бұл күмістелгеннен кейін гидроксил топтарының шамасы азайғанын көрсетеді. 1730  $\text{cm}^{-1}$  спектрінде жоғары жұтылу спектрі карбонил тобының болуын көрсетсе, 1240-1100  $\text{cm}^{-1}$  диапазоны C-O-C байланыстарымен сипатталады. 4-суретте 3300-3500  $\text{cm}^{-1}$  диапазонында әлсіз жұтылуды көрсетеді, яғни металл қабатының әсерінен беттік оксидтік немесе гидроксидтік қабаттың түзілгендігіне сәйкес келеді [7-9].

Күмістелген полиэстер үлгісінің спектрінде материалдың яғни, полиэстердің негізгі құрамы сақталған. ИҚ спектрлеріне сәйкес, түзілген металл қаптамасы сәулелердің шағылу сипатына және жұтылу интенсивтілігіне әсер еткен. Бұл өзгерістер металл-полимер шекарасында жұқа металл қабатының түзілгендігін дәлелдейді.

**Қорытынды.** Жалпы айтар болсақ, полиэстер бетін металдандыруда фотохимиялық процесс күміс иондарының тотықсыздануына оң әсер етіп,

тығыз күміс қабатын алуға мүмкіншілік береді. Бұл әдістің ерекшелігі – фотохимиялық процесс негізінде тегіс біркелкі қаптаманың түзілуі, сонымен қатар тығыз қаптама алу үшін қымбат қондырғыны қажет етпейтіні экологиялық тұрғыдан тиімді болып табылады.

Күмістелген материалдар электрөткізгіш тоқыма материалдарын алуға, антибактериалды киімдер және электромагниттік экрандау, сенсорика салаларында перспективті түрде бағаланады [10-12].

#### Әдебиеттер тізімі

1. Ferrari I. V. et al. Electroless silver plating on fabrics for antimicrobial coating: comparison between cotton and polyester //Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials. – 2024. – Vol. 22. – P. 22808000241277383.
2. Liu C. et al. Preparation of conductive polyester fibers using continuous two-step plating silver //Materials. – 2018. – Vol. 11. – No. 10. – P. 2033.
3. Jiang S. X. et al. Surface characterization of sputter silver-coated polyester fiber //Fibers and Polymers. – 2011. – VOL. 12. – No. 5. – P. 616-619.
4. Prorokova N., Kumeeva T., Kholodkov I. Formation of coatings based on titanium dioxide nanosol on polyester fibre materials //Coatings. – 2020. – Vol. 10. – No. 1. – P. 82.
5. Xie X. et al. Enhanced IR radiative cooling of silver coated PA textile //Polymers. – 2021. – Vol. 14. – No. 1. – P. 147.
6. Smith A. L. Applied infrared spectroscopy. Fundamentals, techniques and analytical problem solving //Applied infrared spectroscopy. Fundamentals. – 1979.
7. Stuart B. H. Infrared spectroscopy: fundamentals and applications. – John Wiley & Sons, 2004.
8. Chalmers J.M. Infrared Spectroscopy in Analysis of Polymers and Rubbers // Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation. – 2006. – DOI: 10.1002/9780470027318.a2015.
9. Jiang S.X., Qin W.F., Guo R.H., Zhang L. Surface functionalization of nanostructured silver-coated polyester fabric by magnetron sputtering // Surface and Coatings Technology. – 2010. – Vol. 204, No. 21. – P. 3662–3667. – DOI: 10.1016/j.surfcoat.2010.04.042.
10. Almajhadi A.M. et al. Impact of COVID-19 on Public Knowledge and Attitudes Toward Participating in Clinical Trials in Saudi Arabia: A Cross-Sectional Study // Journal of Molecular Structure. – 2021. – Vol. 130. – P. 12–34. – DOI: 10.2147/IJGM.S318753.
11. Yang S.M., Chang Y.Y., Hsieh Y.C., Lee Y.J. Electromagnetic shielding effectiveness of multilayer metallic thin film on plastic substrates // Journal of Applied Polymer Science. – 2008. – Vol. 110, No. 3. – P. 1403–1410. – DOI: 10.1002/app.28806.

*Материал редакцияға 12.12.25 түсті, 23.09.26 қабылданды.*

**А.Ж. Заманбек<sup>1</sup>, Ш.Т. Кошкарбаева<sup>1</sup>, М.С. Сатаев<sup>1</sup>,  
Р.С. Абжалов<sup>1</sup>, Қ.Б. Аманбаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

#### ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ ПЛЕНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ФОТОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

**Аннотация.** В этой исследовательской работе фотохимическим методом был получен новый материал с токопроводящей пленкой на поверхности полиэфирного материала. В качестве токопроводящего соединения была нанесена пленка серебра и

проведено исследование. Актуальность исследовательской работы заключается в том, что экологичность метода также позволяет расширить применение энергоемкого фотохимического метода со свойствами диэлектрических материалов. Морфологический, химический и элементный состав материалов, взятых в качестве образцов, изучался с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) и инфракрасной (ИК) спектроскопии. Результаты РЭМ показали, что исходная структура полиэстерового материала была чистой и гладкой, а после посеребрения было замечено, что поверхность материала имела зернистую структуру. При анализе элементного состава токопроводящего слоя ионы серебра составляли около 90 процентов. Эти результаты показали равномерное распределение серебра. Результаты исследования показали, что диэлектрические материалы и текстильные ткани могут быть преобразованы по эффективному и экономичному подходу и могут быть расширены.

**Ключевые слова:** фотохимический метод, полиэстер, слой серебра, токопроводящий материал.

A.J. Zamanbek<sup>1</sup>, Sh.T. Koshkarbayeva<sup>1</sup>, S.M. Sataev<sup>1</sup>,  
R.S. Abzhalov<sup>1</sup>, K.B. Amanbayeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan*

#### PRODUCTION OF AN ELECTRICALLY CONDUCTIVE FILM ON THE SURFACE OF A DIELECTRIC MATERIAL BY PHOTOCHEMICAL METHOD

**Abstract.** In this research work, a new material with a conductive film on the surface of a polyester material was obtained by photochemical method. A silver film was applied as a conductive compound and a study was conducted. The relevance of the research work lies in the fact that the environmental friendliness of the method also makes it possible to expand the application of an energy-intensive photochemical method with the properties of dielectric materials. The morphological, chemical, and elemental composition of the materials taken as samples was studied using scanning electron microscopy (SEM) and infrared (IR) spectroscopy. The SEM results showed that the initial structure of the polyester material was clean and smooth, and after silvering, it was noticed that the surface of the material had a granular structure. When analyzing the elemental composition of the conductive layer, silver ions accounted for about 90 percent. These results showed a uniform distribution of silver. The results of the study showed that dielectric materials and textile fabrics can be transformed using an efficient and cost-effective approach and can be expanded.

**Keywords:** photochemical method, polyester, silver layer, conductive material.