UO‘K: 620.22:678.073:662.997 https://doi.org/10.70769/2181-2284.ME.3(24).2026.9

POLIMER QUYOSH KOLLEKTORI UCHUN KOMPOZITSION MATERIAL TARKIBINI EKSPERIMENTAL ANIQLASH USULINI ISHLAB CHIQISH

Toshmamatov Bobir Mansurovich-PhD, dotsent,
https://orcid.org/0000-0001-7051-5307 e-mail: bobur160189@mail.ru
Uzaqova Yulduz G‘ulomovna-assistent
https://orcid.org/0009-0007-5782-2215 e-mail: uzaqovayu@mail.ru

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

Annotatsiya. Kirish. *Mazkur maqolada polimer quyosh suv isitish kollektorlarining issiqlik samaradorligini oshirish uchun metall va nanodispers to‘ldiruvchilar bilan modifikatsiyalangan polimer kompozitsion material tarkibini optimallashtirishning eksperimental metodikasi ishlab chiqilgan.*

Usul va materiallar. *Tadqiqot ishida yuqori haroratga chidamli polifenilen sulfid (PPS) polimer matritsa sifatida, alyuminiy (Al), mis (Cu), nanodispers alyuminiy oksidi (Al_2O_3) va grafit esa funksional to‘ldiruvchilar sifatida tanlangan.*

Natija. *Materiallarning fizik va issiqlik-fizik xossalari qiyosiy tahlil qilinib, kompozitsion material tarkibini shakllantirish uchun eksperimental tadqiqot rejasi ishlab chiqilgan.*

Xulosa. *Ishlab chiqilgan eksperimental metodika polimer kompozitsion materialning tarkibi va uning issiqlik-fizik hamda mexanik xossalari o‘rtasidagi bog‘liqliklarni aniqlash imkonini beradi.*

Kalit so‘zlar: *polimer quyosh kollektori, polifenilen sulfid, kompozitsion material, metall kukunlari, nanodispers qo‘shimchalar, eksperimental metodika.*

Дата поступления: 02.07.2026. После обработки: 09.08.2026 Принято печать: 23.09.2026

For citation: *Toshmamatov B.M., Uzakova Y.G. Development of an Experimental Method for Determining the Composition of Composite Materials for Polymer Solar Collectors. Muqobil energetika. 2026. 3(24). pp. 79-84.*

УДК: 620.22:678.073:662.997

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОЛИМЕРНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Тошмаматов Бобир Мансурович - PhD, доцент,
https://orcid.org/0000-0001-7051-5307 e-mail: bobur160189@mail.ru
Узакова Юлдуз Гуломовна - ассистент
https://orcid.org/0009-0007-5782-2215 e-mail: uzaqovayu@mail.ru

Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аннотация. Введение. *В данной статье представлена разработка экспериментальной методики оптимизации состава полимерного композиционного материала, модифицированного металлическими и нанодисперсными наполнителями, с целью повышения тепловой эффективности полимерных солнечных водонагревательных коллекторов.*

Материалы и методы. *В качестве полимерной матрицы выбран термостойкий полифениленсульфид (PPS), а в качестве функциональных наполнителей - алюминий (Al), медь (Cu), нанодисперсный оксид алюминия (Al_2O_3) и графит.*

Результаты. *Проведен сравнительный анализ физических и теплофизических свойств выбранных материалов и разработан план экспериментальных исследований для определения состава композиционного материала.*

Заключение. *Разработанная экспериментальная методика позволяет определить взаимосвязи между составом полимерного композиционного материала и его теплофизическими и механическими свойствами.*

Ключевые слова: *полимерный солнечный коллектор, полифениленсульфид, композиционный материал, металлические порошки, нанодисперсные добавки, экспериментальная методика.*

UDC: 620.22:678.073:662.997

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL METHOD FOR DETERMINING THE COMPOSITION OF COMPOSITE MATERIALS FOR POLYMER SOLAR COLLECTORS

Toshmamatov Bobir Mansurovich *- PhD, Associate Professor,*
https://orcid.org/0000-0001-7051-5307 e-mail: bobur160189@mail.ru
Uzakova Yulduz Gulomovna *- Assistant*
https://orcid.org/0009-0007-5782-2215 e-mail: uzaqovayu@mail.ru

Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. Introduction. *This article presents the development of an experimental methodology for optimizing the composition of polymer composite materials modified with metallic and nanodispersed fillers to improve the thermal efficiency of polymer solar water heating collectors.*

Materials and Methods. *In this study, high-temperature-resistant polyphenylene sulfide (PPS) was selected as the polymer matrix, while aluminum (Al), copper (Cu), nanodispersed aluminum oxide ((Al_2O_3)), and graphite were selected as functional fillers.*

Results. *A comparative analysis of the physical and thermophysical properties of the selected materials was conducted, and an experimental research design was developed to determine the composition of the composite material.*

Conclusion. *The developed experimental methodology makes it possible to determine the relationships between the composition of the polymer composite material and its thermophysical and mechanical properties.*

Keywords: *polymer solar collector, polyphenylene sulfide, composite material, metal powders, nanodispersed additives, experimental methodology.*

Kirish.

Qayta tiklanivchi energiya manbalari jumladan quyosh energiyasi bugungi kunda texnik potensiali eng yuqori bo‘lgan barqaror va ekologik toza energiya manbalaridan biri hisoblanadi. Iqlim o‘zgarishi va ekologik falokatning kengayib borishi sababli, ekologik jihatdan toza va yashil energiyaga bo‘lgan talabning ortib borishi shuningdek, tabiiy yoqilg‘i-energiya resurslariga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirish zaruriyati quyosh energiyasi resurslarini global energiya almashinuvining muhim qismiga aylantirmoqda [1]. Soha mutaxassislari tomonidan olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, quyosh energiyasi resurslaridan keng foydalanilishi natijasida Dunyoda 2050-yilga kelib global CO_2 emissiyasi miqdorini yiliga 4÷7 gigatonnaga kamaytirilishiga olib keladi [2].

Bundan tashqari, quyosh suv isitish tizimlarida kimyoviy moddalar ishlatilmaganligi uchun ular suvning ifloslanishini oldini oladi, bu ko‘pincha an’anaviy energiya ishlab chiqarish usullari bilan bog‘liq bo‘ladi. Quyosh energetik resurslari global miqyosda muhim energiya manbalaridan biri bo‘lib, undan foydalanishning ortib borishi ekologik toza “yashil” energiya ta’minoti tizimlarini yaratishda va joriy etishda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Yuqorida keltirilgan omillarni hisobga olgan holda, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan, jumladan, quyosh energiyasidan samarali foydalanish, issiqlik energiyasi ishlab chiqarishning ekologik xavfsizligi va iqtisodiy samaradorligini ta’minlash hamda issiqlik ta’minoti tizimlarining energiya samaradorligini oshirish dolzarb ilmiy-texnik masalalardan biri hisoblanadi. Jahon amaliyotida qo‘llanilayotgan an’anaviy metall konstruksiyali yassi quyosh kollektorlarining yuqori tannarxi, korroziyaga chidamsizligi va issiqlik yo‘qotishlarining yuqoriligi yangi turdagi, yengil va sodda konstruksiyaga ega bo‘lgan, iqtisodiy jihatdan maqbul va uzoq muddat xizmat

qiluvchi, funksional kompozitsion materiallar asosida tayyorlangan konstruksiyalarini ya’ni “yangi avlod quyosh kollektorlarini” ishlab chiqishni talab etadi.

Polimer materiallar va turli aralashmalardan tayyorlangan quyosh kollektorlarining xususiyatlari hamda ularni qo‘llashning samaradorligi Carlsson va boshqalar tomonidan tadqiqot qilingan. Piekarczyk va boshqalarning tadqiqot ishlarida polimer kollektorlarni issiqlik ta’minotida joriy qilish ma’lum geografik hududlarning tabiiy iqlim sharoitlari va iqtisodiy omillarini hisobga olish zarurligi ta’kidlangan [5].

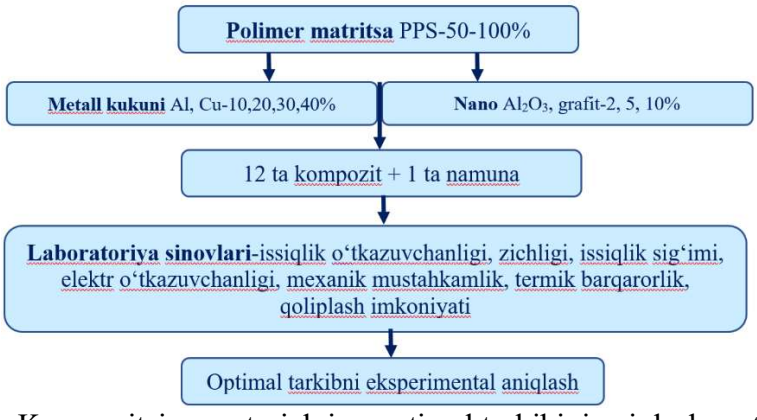
Soha mutaxassislarining tadqiqot natijalariga ko‘ra, polimer quyosh issiqlik kollektorlarining energiya samarador va iqtisodiy jihatdan maqbul qo‘llanilishi uchun mustahkamlik, quyosh nurlanish energiyasini yutish qobiliyati hamda ma’lum hududning tabiiy iqlim sharoitlarida uzoq muddatli chidamlilik kabi xususiyatlarga ega bo‘lgan mos polimer materiallar hamda qo‘shimchalarni to‘g‘ri tanlash muammolari mavjud bo‘lib, ularni ilmiy-texnik jihatdan chuqur tadqiqot qilishni taqozo etadi.

Respublikamizda yassi quyosh kollektorlari bo‘yicha o‘tkazilgan ilmiy-amaliy tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, yassi quyosh kollektorlari (YaQK) oddiy tuzilishi, arzonligi va texnik xizmat ko‘rsatishning soddaligi bilan ajralib turadi hamda past-o‘rtacha harorat oraliqlarida (30÷80°C) samarali ishlaydi. Xorijiy va mahalliy olimlar (Avezov R., Klichev Sh., Kazandzhan B.I., Shramko S.I., Yevgenov A.M.) tomonidan taklif etilgan YaQKning turli konstruksiyalari issiqlik samaradorligini oshirishga qaratilgan bo‘lib, ularning umumiy kamchiligi – konstruktiv jihatdan murakkablik, qimmatbaho materiallardan foydalanish va ishlab chiqarish jarayonining murakkabligidadir. Shu sababli, yangi avlod yassi quyosh kollektorlari uchun asosiy yo‘nalish - konstruksiyani soddalashtirish, arzon va mahalliy materiallardan foydalanish hamda issiqlik samaradorligini oshirish hisoblanadi. Shu bois, istiqboldagi ilmiy tadqiqotlar yassi quyosh kollektorlari samaradorligini oshiruvchi, ammo soddaligi va iqtisodiy jihatdan maqbulligini saqlab qoluvchi konstruktiv yechimlarni ishlab chiqishga yo‘naltirilishi lozim.

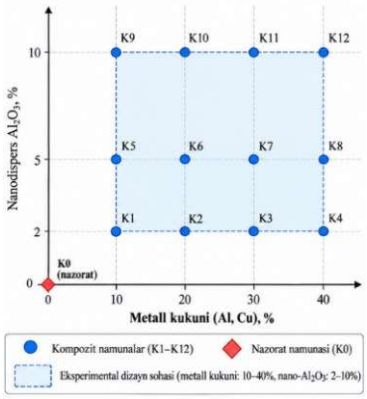
Usul va materiallar

Tadqiqotning maqsadi metall va nanodispers to‘ldiruvchilar bilan modifikatsiyalangan polimer matritsa asosida yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega kompozitsion material tarkibini aniqlash, ushbu materialdan foydalanib polimer quyosh suv qizdirish kollektorining konstruksiyasini ishlab chiqish metodikasini ishlab chiqishdan iborat. Polimer quyosh kollektor konstruksiyasini ishlab chiqishda kompozitsion materialdan tayyorlangan absorber, parallel suv kanallari, issiqlik izolyatsiyasi, shaffof qoplama va korpusdan tashkil topgan YaQK asos qilib olinadi.

Tadqiqot ishida kompozitsion materialning optimal tarkibini aniqlash maqsadida polimer matritsa va turli to‘ldiruvchilarning massa ulushlarini o‘zgartirishga asoslangan eksperimental tadqiqot metodikasi ishlab chiqildi. Mazkur metodika funksional komponentlarni tanlash, tajriba namunalarini tayyorlash, ularning fizik-mexanik va issiqlik-fizik xossalarini aniqlash hamda ko‘p mezonli baholash orqali optimal tarkibni asoslash bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Kompozitsion material tarkibini tanlashning ilmiy-uslubiy grafigi 1-rasm va eksperimental tadqiqot rejasi 2-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Kompozitsion materialning optimal tarkibini aniqlash metodikasi.



2-rasm. Eksperimental dizayn grafigi.

1 va 2-rasmlarda polimer quyosh kollektorini ishlab chiqarish uchun polimer matritsa, metall kukunlari (Al, Cu), nanodispers Al_2O_3 va grafit to‘ldiruvchilarining massa ulushlarini o‘zgartirishga asoslangan kompozitsion material tarkibini tanlashning eksperimental metodikasi keltirilgan. Taklif qilingan metodika turli tarkibdagi namunalarning issiqlik-fizik, elektr va mexanik xossalarini ilmiy-amaliy jihatdan baholash, komponentlarning o‘zaro ta’sirini aniqlash hamda yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlik va yetarli mexanik mustahkamlikni ta’minlaydigan optimal tarkibni eksperimental asoslash imkonini beradi.

Quyidagi 1-jadvalda polimer quyosh kollektorini yaratish uchun tanlangan kompozit metriallarning fizik va issiqlik-fizik xossalari keltirilgan [6].

1-jadval.

Kompozit metriallarning fizik va issiqlik-fizik xossalari

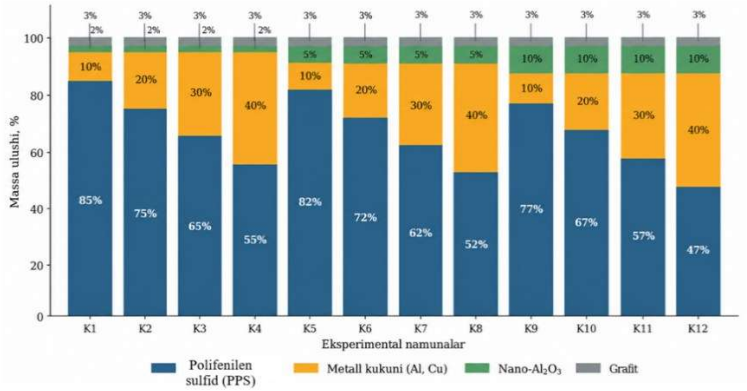
Parametr nomi	Polifenilen sulfid (PPS)	Alyuminiy (Al)	Mis (Cu)	Nano-Al_2O_3	Grafit
Zichligi, kg/m^3	1350	2700	8960	3900-3970	2200-2260
Issiqlik o‘tkazuvchanligi, W/(m·K)	0,29-0,30	205-237	385-400	20-35	5-400
Solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg·K)	1090	897	385	750-880	700-850
Elektr o‘tkazuvchanligi, S/m	10^{-14}-10^{-12}	$\approx 3{,}5\cdot10^{7}$	$\approx 5{,}8\cdot10^{7}$	Juda past	10^{2}-10^{5}
Mexanik mustahkamligi, MPa	80-90	70-150	200-250	-	-
Erish yoki termik o‘zgarish harorati, °C	280-285	660	1084,6	≈2050	-

1-jadvaldagi materiallarning fizik va issiqlik-fizik xossalarini tahlil qilish orqali issiqlik o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lgan metall va uglerodli to‘ldiruvchilardan foydalanish maqsadga muvofiqligi aniqlandi. Biroq to‘ldiruvchilar miqdorining ortishi kompozitning zichligi, qayta ishlanish xususiyatlari va mexanik ko‘rsatkichlariga ham ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli, kompozitsion material tarkibini faqat yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlik bo‘yicha tanlash yetarli emas. Materialning yuqori haroratdagi o‘lcham barqarorligi, uzoq muddatli mexanik mustahkamligi va keskin sovuq-issiq iqlim sharoitlariga chidamliligini birgalikda baholash talab etiladi. Shuning uchun, mazkur talablardan kelib chiqib, ushbu tadqiqot ishida funksional to‘ldiruvchilar massa ulushining kompozit xossalariga ta’sirini aniqlash uchun eksperimental tadqiqot rejasi ishlab chiqildi.

Polimer quyosh kollektorini ishlab chiqarish uchun yuqori haroratga chidamli (PPS) polimerlari, metall kukunlari (Al, Cu), nanodispers Al_2O_3 va grafitning turli massa ulushlariga asoslangan 12 ta eksperimental kompozitsion material tarkibi 1 va 2-rasmlarga asosan ishlab chiqildi. Bunda metall kukunlarining umumiy miqdori 10-40%, nanodispers Al_2O_3 miqdori 2-10%, grafit miqdori esa 3% etib belgilandi. Grafit miqdori barcha eksperimental tarkiblarda 3% miqdorida

doimiy saqlandi. Polimer matritsaning massa ulushi komponentlarning umumiy yig‘indisi 100% bo‘lishi shartidan aniqlandi.

Eksperimental omillarning belgilangan darajalari asosida shakllantirilgan kompozitsion materiallarning massa ulushlari taqsimoti 3-rasmda keltirilgan. Ushbu tarkiblar dastlabki eksperimental reja sifatida qabul qilinib, ularning optimal konsentratsiya ekanligi laboratoriya sinovlari natijasida baholanadi.



3-rasm Kompozitsion materiallarning massa ulushlari grafigi.

3-rasmda keltirilgan kompozitsion materiallarning massa ulushlari tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, metall kukunlarining massa ulushi 10% dan 40% gacha, nanodispers Al_2O_3 miqdori esa 2% dan 10% gacha o‘zgartirilganda polimer matritsaning ulushi 85% dan 47% gacha kamayadi. Ishlab chiqilgan eksperimental tarkiblar metall va nanodispers to‘ldiruvchilarning kompozitsion material xossalariga ta’sirini tadqiq qilish imkonini beradi. Laboratoriya sinovlari bosqichda namunalarning issiqlik o‘tkazuvchanligi, mexanik mustahkamligi, yuqori haroratdagi deformatsiyaga chidamliligi hamda sovuq-issiq termik sikllardagi barqarorligi bo‘yicha baholanib, polimer quyosh kollektorini tayyorlash uchun optimal tarkib eksperimental aniqlanadi.

Xulosa

Tadqiqot ishida mualliflar tomonidan ishlab chiqilgan eksperimental metodika metall kukunlari va nanodispers to‘ldiruvchilarning polimer kompozitsion materialning issiqlik-fizik hamda mexanik xossalariga ta’sirini tadqiq qilishga asoslangan. Belgilangan eksperimental tarkiblar va baholash mezonlari materialning issiqlik o‘tkazuvchanligi, mexanik mustahkamligi va termik barqarorligi o‘rtasidagi bog‘lanishlarni aniqlash imkonini beradi.

Laboratoriya sinovlari natijalariga asoslanib, komponentlar massa ulushlarining kompozit xossalariga ta’siri matematik modellashtirish orqali belgilangan ekspluatatsion talablarni qanoatlantiradigan optimal tarkib aniqlash mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1]. Uzakov G.N., Toshmamatov B.M., Shamurotova S.M. Development of an Experimental Research Methodology for an Autonomous Hot Water Supply System Based on a Flat Plate Solar Water Heating Collector // Alternative Energy. - 2025. -Vol. 4, No. 21. - P. 56-64.

[2]. Узаков Г.Н., Бутузов В.А., Мамедов Р.А. Современный анализ когенерационных энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии // Альтернативная энергетика. - 2025. - № 3(19). -С. 62-78.

[3]. Shamurotova S.M., Choriyeva S.Yu., Toshmamatov B.M. Yassi quyosh suv qizdirish kollektori issiqlik almashinuvi jarayonini CFD modellashtirish. // Muqobil energetika. - 2025. - №1(16). - 58-64 b.

[5]. Uzakov G.N., Toshmamatov B.M., Shamurotova S.M. Development of an experimental research methodology for an autonomous hot water supply system based on a flatplate solar water heating collector. // Alternative energy. - 2025. - 4 (21). - pp. 56-64.

[6]. Krause B., Rzeczkowski P., Pötschke P. Thermal Conductivity and Electrical Resistivity of Melt-Mixed Polypropylene Composites Containing Mixtures of Carbon-Based Fillers // Polymers. - 2019. - Vol. 11, No. 6. - Article 1073.

UO‘K 628.35:66.081.63:620.92 https://doi.org/10.70769/2181-2284.ME.3(24).2026.10

QUYOSH-ELEKTROBIOMEMBRANA TEXNOLOGIYASI ASOSIDA OQOVA SUVLARNI TOZALASH TIZIMINING ILMIY ASOSLARI

Mirzayorova Sevara Ubaydullayevna- PhD, dotsent
https://orcid.org/0000-0002-4563-9137 e-mail: mirzayorovasevara@gmail.com

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

Annotatsiya. Kirish. *Sanoat va maishiy oqova suvlarni tozalashda an’anaviy membranali bioreaktorlar (MBR) yuqori energiya sarfi hamda membrana g‘ovaklarining bioplyonka bilan to‘silib qolishi (biofouling) kabi texnik cheklovlarga ega. Ushbu muammoni hal etishda fotoelektrik quyosh panellari, past kuchlanishli elektrokimyoviy stimulyatsiya va biomembranali ajratish jarayonlarini sinergik bitta tizimga biriktiruvchi quyosh-elektrobiomembrana gibrid texnologiyasini qo‘llash resurs tejamkorligi va tozalash samaradorligi nuqtai nazaridan o‘ta dolzarb hisoblanadi. Biroq ushbu gibrid reaktor ichidagi elektrodinamik va mikrobil-membranal jarayonlarning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini ilmiy-nazariy jihatdan asoslash talab etiladi.*

Materiallar va usullar. *Tadqiqotda quyosh-elektrobiomembrana tizimida oqova suvlarni tozalash kinetikasini baholash uchun gidrodinamika, ommaviy ko‘chish hamda elektrofizik ta’sirlashuv tenglamalariga asoslangan hisobiy-analitik va modellashtirish usullari qo‘llanildi. Past kuchlanishli o‘zgarmas tok (DC) ta’sirida membrana yuzasidagi elektrostatik qaytarish (repulsiya) kuchlari, elektrokoagulyatsiya samaradorligi hamda mikrob konsortsiumlarining metabolik faollashuvi matematik modellar vositasida tahlil qilindi.*

Natijalar. *Hisoblash va tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, quyosh panellaridan uzatiladigan past kuchlanishli elektr maydoni membrana yuzasida manfiy zaryadlangan biopozitiv va organik birikmalarning to‘planishini keskin kamaytiradi hamda membrana fouling darajasini 2,5-3,0 baravargacha pasaytiradi. Shu bilan birga, elektrokatalitik jarayonlar hisobiga azot va fosfor birikmalarini biologik parchalash va kimyoviy kislorod ehtiyojini (COD) kamaytirish unumdorligi 95% dan yuqori ko‘rsatkichda barqarorlashishi aniqlandi.*

Xulosa. *O‘tkazilgan ilmiy-nazariy baholash quyosh-elektrobiomembrana tizimini avtonom, yuqori samarali va energiya tejamkor oqova suvlarni tozalash texnologiyasi sifatida qo‘llashning ilmiy asoslanganligini tasdiqlaydi.*

Kalit so‘zlar: *quyosh-elektrobiomembrana tizimi, oqova suvlarni tozalash, membrana foulingi, elektrokoagulyatsiya, elektrostimulyatsiya, COD samaradorligi, gibrid bioreaktor.*

Дата поступления: 27.08.2026. После обработки: 05.09.2026 Принято печать: 23.09.2026

For citation: *Mirzayorova S.U. Scientific Foundations of a Wastewater Treatment System Based on Solar Electro-Biomembrane Technology. Muqobil energetika. 2026. 3(24). pp. 84-88.*

УДК 628.35:66.081.63:620.92

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ СОЛНЦЕ-ЭЛЕКТРОБИОМЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Мирзаерова Севара Убайдуллаевна - *PhD, доцент*
https://orcid.org/0000-0002-4563-9137 ***e-mail:*** *mirzayorovasevara@gmail.com*

Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аннотация.Введение*. При очистке промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод традиционные мембранные биореакторы (МБР) имеют технические ограничения, такие как высокое энергопотребление и забивание пор мембраны биопленкой*