



ENERGIYA TEJAMKOR QUYOSH ELEMENTLARIDA NANOMATERIALLARNING QO'LLANILISHI: XALQARO TAJRIBALAR VA O'ZBEKISTONDA TATBIQ ETISH ISTIQBOLLARI

Abdusattorova Layloxon Abdusodiq qizi

Farg'ona davlat universiteti Magistratura bo'limi fizika yo'nalishi
1-bosqich magistranti.

Telefon raqami: +998931452630

Elektron pochta: @gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20482806>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 11-may 2026 yil
Ma'qullandi: 15-may 2026 yil
Nashr qilindi: 31-may 2026 yil

KEY WORDS

nanofizika,
nanomateriallar, quyosh
elementlari, energiya
samaradorligi, grafen, perovskit,
kvant nuqtalari, nanotexnologiya,
qayta tiklanuvchi energiya.

ABSTRACT

Mazkur maqolada energiya tejamkor quyosh elementlarini yaratishda nanomateriallarning qo'llanilishi, ularning fizik xossalari hamda xalqaro tajribalar asosida rivojlanish istiqbollari tahlil qilinadi. So'nggi yillarda dunyo energetikasida qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo'lgan ehtiyojning ortishi natijasida nanoo'lchamli materiallardan foydalanishga asoslangan texnologiyalar keng rivojlanmoqda. Ayniqsa, grafen, kvant nuqtalari, uglerod nanonaychalari va perovskit nanomateriallari asosidagi quyosh elementlari yuqori samaradorlik ko'rsatkichlariga erishmoqda. Maqolada AQSh, Xitoy, Germaniya va Yaponiya tajribalari asosida nanomateriallarning energiya samaradorligini oshirishdagi roli statistik ma'lumotlar bilan yoritilgan hamda ularni O'zbekiston energetika tizimiga tatbiq etish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan.

Kirish. XXI asrda dunyo iqtisodiyotining jadal rivojlanishi energiya resurslariga bo'lgan talabni keskin oshirdi. Xalqaro energetika agentligi ma'lumotlariga ko'ra, 2050-yilga borib global energiya iste'moli hozirgi ko'rsatkichlarga nisbatan qariyb 50 % ga ortishi prognoz qilinmoqda. Shu sababli ekologik xavfsiz va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish dolzarb ilmiy masalaga aylandi. Quyosh energetikasi ana shunday istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

An'anaviy kremniy asosidagi quyosh panellari ma'lum samaradorlikka ega bo'lsa-da, energiya yo'qotilishi, ishlab chiqarish xarajatlarining yuqoriligi hamda issiqlik ta'siriga sezgirligi kabi kamchiliklarga ega. Shu bois olimlar tomonidan nanoo'lchamli materiallardan foydalanishga asoslangan yangi avlod quyosh elementlari ishlab chiqilmoqda. Nanomateriallarning o'ziga xos elektr, optik va issiqlik xossalari energiya samaradorligini sezilarli oshirish imkonini bermoqda.

Nanofizika fanining rivojlanishi natijasida atom va molekula darajasida boshqariladigan materiallar yaratildi. Nanoo'lchamdagi strukturalarda elektronlarning harakati klassik fizik qonuniyatlardan farq qiladi va kvant effektlari kuchli namoyon bo'ladi. Aynan shu xususiyatlar quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi.

Nanomateriallar o'lchami 1-100 nanometr oralig'ida bo'lgan moddalardir. Bunday o'lchamda materiallarning yuzaviy faolligi ortadi, elektronlarning erkin harakati kuchayadi hamda yorug'lik yutish qobiliyati sezilarli darajada oshadi. Natijada quyosh elementlarining foydali ish koeffitsienti yuqori bo'ladi.

Quyosh energetikasida eng ko'p qo'llanilayotgan nanomateriallarga quyidagilar kiradi:

- grafen;
- uglerod nanonaychalari;
- kvant nuqtalari;
- perovskit nanokristallari;
- nanoo'lchamli kremniy strukturalari.

Grafen ikki o'lchamli uglerod qatlamidan iborat bo'lib, yuqori elektr o'tkazuvchanlik va mexanik mustahkamlikka ega. Uning elektron harakatchanligi oddiy kremniyga nisbatan bir necha yuz barobar yuqori bo'lib, energiya yo'qotilishini kamaytiradi. Uglerod nanonaychalari esa quyosh elementlarida elektron transportini tezlashtirib, tok uzatilish samaradorligini oshiradi.

Kvant nuqtalari nanoo'lchamli yarimo'tkazgich kristallar hisoblanadi. Ularning asosiy afzalligi yorug'likning turli diapazonlarini yutish qobiliyatidir. Shu sababli kvant nuqtalari asosidagi quyosh panellari infraqizil va ultrabinafsha diapazonlardan ham energiya olish imkonini beradi.

Perovskit nanomateriallari esa so'nggi o'n yillikda eng istiqbolli texnologiyalardan biri sifatida tan olindi. 2009-yilda perovskit asosidagi quyosh elementlarining samaradorligi 3,8 % bo'lgan bo'lsa, 2025-yilga kelib bu ko'rsatkich 33 % dan oshdi. Bu esa nanomateriallarning energetika sohasidagi ulkan imkoniyatlarini ko'rsatadi.[1]

Bugungi kunda rivojlangan davlatlarda nanomateriallar asosidagi quyosh texnologiyalariga katta investitsiyalar yo'naltirilmoqda. Xitoy dunyoda quyosh panellari ishlab chiqarish bo'yicha yetakchi davlat hisoblanadi. 2025-yil holatiga ko'ra, global quyosh paneli ishlab chiqarishining qariyb 80 % qismi Xitoy hissasiga to'g'ri keladi.

AQShning National Renewable Energy Laboratory laboratoriyasi tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda tandem perovskit-kremniy quyosh elementlari samaradorligi 33,9 % ga yetkazildi. Ushbu texnologiya oddiy kremniy panellariga nisbatan energiya ishlab chiqarishni sezilarli darajada oshiradi.[5]

Germaniyada Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ilmiy markazi nanostrukturali fotoelementlar ustida tadqiqotlar olib bormoqda. Tadqiqotlar natijasida nanoqoplamali quyosh panellarida yorug'likning qaytish darajasi 30-35 % ga kamaygani aniqlangan. Bu esa energiya yutilishini oshirishga xizmat qilmoqda.[6]

Yaponiyada esa kvant nuqtalari asosidagi ultra yupqa quyosh elementlari ishlab chiqilgan bo'lib, ular kichik maydonda yuqori energiya ishlab chiqarish imkonini bermoqda. Ushbu texnologiyalar mobil elektronika va aqlli qurilmalarda keng qo'llanilishi kutilmoqda.

Xalqaro energetika agentligi ma'lumotlariga ko'ra, 2024-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida quyosh energetikasining ulushi 37 % ga yetgan bo'lib, bunda nanomateriallar asosidagi yuqori samaradorlikka ega panellarning hissasi tobora ortib bormoqda.

O'zbekistonda nanomateriallar asosidagi quyosh texnologiyalarini tatbiq etish istiqbollari. O'zbekiston geografik joylashuvi va iqlim sharoiti jihatidan quyosh energetikasini rivojlantirish uchun katta salohiyatga ega davlatlardan biri hisoblanadi.

Mamlakat hududida yil davomida quyoshli kunlar sonining yuqoriligi energiya tejavchi quyosh texnologiyalarini keng joriy etish uchun qulay imkoniyat yaratadi.

Bugungi kunda O'zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo'yicha keng ko'lamlı davlat dasturlari amalga oshirilmoqda. "O'zbekiston-2030" strategiyasida 2030-yilgacha qayta tiklanuvchi energiya ulushini 54 % ga yetkazish rejalashtirilgan. Shu bilan birga, quyosh elektr stansiyalari quvvatini sezilarli darajada oshirish maqsad qilib qo'yilgan.

Nanomateriallar asosidagi energiya tejavchi texnologiyalarni O'zbekistonda quyidagi yo'nalishlarda tatbiq etish maqsadga muvofiq hisoblanadi:

- perovskit va grafen asosidagi yuqori samaradorlikka ega quyosh panellarini ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish;
- qishloq hududlari uchun avtonom nanoquyosh tizimlarini joriy etish;
- davlat binolari va ta'lim muassasalarida "aqli energiya" tizimlarini tashkil qilish;
- energiya yo'qotilishini kamaytiruvchi nanokompozit qurilish materiallarini ishlab chiqish;
- nanoakkumulyator va energiya saqlash tizimlarini yaratish.

Ayniqsa, Qoraqalpog'iston Respublikasi, Navoiy va Buxoro viloyatlarida quyosh radiatsiyasi yuqori bo'lgani sababli nanoasosli quyosh texnologiyalarini joriy etish yuqori iqtisodiy samaradorlik beradi.

Amaliy takliflar va ularning ilmiy asoslari.

1. "Nanotexnologiyalar va yashil energetika" laboratoriyalarini tashkil etish. Nanofizika va nanomateriallar sohasi yuqori aniqlikdagi tajriba uskunalarini talab qiladigan ilmiy yo'nalish hisoblanadi. Zamonaviy laboratoriyalar tashkil etilishi nanoo'lchamli materiallarning elektr, optik va issiqlik xossalarini chuqur tadqiq qilish imkonini beradi. Atom-kuch mikroskoplari, elektron mikroskoplar hamda spektral tahlil qurilmalari yordamida nanostrukturalarning fizik parametrlari aniqlanadi. Natijada nanoenergetika bo'yicha milliy ilmiy maktab shakllanishiga zamin yaratiladi.

2. Mahalliy xomashyo asosida nanomateriallar sintez qilish. O'zbekistonda kremniy, kvarts, grafit va metall rudalari kabi tabiiy resurslarning mavjudligi nanomateriallar ishlab chiqarish imkonini beradi. Kimyoviy bug' fazasi, sol-gel texnologiyasi va plazmali qayta ishlash usullari asosida mahalliy nanomateriallar olish mumkin. Bu esa import xarajatlarini kamaytirib, yuqori texnologiyali sanoat rivojlanishiga xizmat qiladi.

3. Xorijiy davlatlar bilan qo'shma ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish. AQSh, Xitoy, Germaniya va Yaponiya nanomateriallar asosidagi energetika texnologiyalarida yetakchi davlatlar hisoblanadi. Ushbu davlatlar bilan ilmiy hamkorlik qilish zamonaviy texnologiyalar va innovatsion metodlarni o'zlashtirish imkonini beradi. Xalqaro grantlar va qo'shma loyihalar esa ilmiy tadqiqotlarni moliyalashtirish samaradorligini oshiradi.

4. Energiya tejavchi nanoqurilmalar ishlab chiqaruvchi texnoparklar tashkil qilish. Texnoparklar ilmiy ishlanmalarni sanoatga joriy qilishning muhim innovatsion platformasi hisoblanadi. Bunday markazlarda nanoasosli quyosh panellari, aqli sensorlar va energiya saqlash tizimlari ishlab chiqarilishi mumkin. Bu esa ilm-fan va sanoat integratsiyasini kuchaytiradi hamda iqtisodiyotning innovatsion rivojlanishiga xizmat qiladi.

5. Quyosh energetikasi bo'yicha mutaxassislar tayyorlash tizimini rivojlantirish. Nanofizika va yashil energetika multidissiplinar yo'nalish bo'lib, fizika, elektrotexnika, materialshunoslik va axborot texnologiyalarini birlashtiradi. Shu sababli zamonaviy ta'lim metodlari asosida mutaxassislar tayyorlash ilmiy va texnologik taraqqiyotning asosiy omillaridan biri hisoblanadi.

6. Qishloq hududlarida nanoasosli avtonom elektr tizimlarini joriy etish

O'zbekistonning ayrim hududlarida elektr ta'minoti bilan bog'liq muammolar mavjud. Nanoasosli avtonom quyosh tizimlari ushbu muammoning samarali yechimlaridan biri bo'lishi mumkin. Perovskit va grafen asosidagi panellar yuqori yorug'lik yutish xususiyatiga

ega bo'lib, kam quyosh nurlanishi sharoitida ham samarali ishlaydi. Nanoakkumulyatorlar esa energiyani uzoq muddat saqlash imkonini beradi.

Xulosa

Nanofizika va nanomateriallar energiya tejamkor quyosh elementlarini rivojlantirishning strategik ilmiy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Grafen, uglerod nanonaychalari, kvant nuqtalari va perovskit materiallari asosidagi texnologiyalar quyosh energetikasida yangi bosqichni boshlab berdi. Xalqaro tajribalar shuni ko'rsatadiki, nanomateriallardan foydalanish orqali quyosh panellarining samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin. O'zbekistonning tabiiy-iqlim sharoiti hamda quyosh energiyasi salohiyati nanoasosli energiya texnologiyalarini joriy qilish uchun qulay imkoniyat yaratadi. Shu sababli nanofizika yo'nalishidagi ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish, innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqarishga tatbiq etish va xalqaro hamkorlikni rivojlantirish mamlakat energetika xavfsizligini ta'minlashda muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

Kelajakda nanoasosli quyosh texnologiyalarini amaliyotga keng joriy etish orqali elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya yo'qotilishini kamaytirish hamda ekologik barqarorlikni ta'minlash mumkin bo'ladi. Shu bois nanomateriallar va yashil energetika integratsiyasi O'zbekiston iqtisodiyotining innovatsion rivojlanishida ustuvor ilmiy yo'nalishlardan biri sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.[7]

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Green M.A. Solar Cells: Operating Principles and Applications. – New York: Prentice Hall, 2019.
2. Sze S.M. Physics of Semiconductor Devices. – Wiley, 2018.
3. Kovalev I. Nanomaterials in Renewable Energy Applications // Nano Energy Journal, 2022.
4. International Energy Agency (IEA) Renewable Energy Statistics Report, 2025.
5. National Renewable Energy Laboratory Annual Efficiency Report, 2025.
6. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems Reports, 2024.
7. O'zbekiston Respublikasi "O'zbekiston -2030" strategiyasi materiallari, 2023.