

**QUYOSH FOTOELEKTR STANSIYALARINING
O‘ZBEKISTONDAGI RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI**

Erkinova Nigina Akmalovna

ToshDAU Agromuhandislik va agrotexnologiyalar fakulteti
texnologik jarayonlar va ishlab chiqarish avtomatlashtirish yo‘nalishi
24-110 guruh talabasi,

Ilmiy rahbar: Ibroximov Ulug‘bek Pyosjonovich

ToshDAU QXMvaA fakulteti o‘qtuvchisi.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНЫХ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В
УЗБЕКИСТАНЕ**

Эркинова Нигина Акмаловна

ТошДАУ Факультет сельскохозяйственной инженерии и
агротехнологий, факультет технологических процессов и автоматизации
производств, студент группы 24-110

Научный руководитель: Иброхимов Улугбек Ильясжонович

Преподаватель факультета гражданского строительства и
инженерно-строительного факультета
Ташкентского государственного университета.

**DEVELOPMENT PROSPECTS OF SOLAR PHOTOELECTRIC
POWER PLANTS IN UZBEKISTAN**

Erkinova Nigina Akmalovna

ToshDAU Faculty of Agricultural Engineering and Agrotechnologies,
Faculty of Technological Processes and
Production Automation, Group 24-110 student,

Scientific advisor: Ibrokhimov Ulugbek Ilyasjonovich

Lecturer at the Faculty of Civil Engineering and

ANNOTATSIYA: Ushbu maqola O'zbekistonda quyosh fotoelektr stansiyalarining (QFS) rivojlanish istiqbollari, texnologik xususiyatlari va iqtisodiy ahamiyati haqida bahs yuritadi. Tadqiqotda quyosh energetikasining dunyo va milliy miqyosidagi rivojlanish tendensiyalari tahlil qilingan, O'zbekistondagi eng yirik amaldagi va istiqbolli loyihalar ko'rib chiqilgan. Maqolada quyosh panellari ish prinsipi, AQSH milliy tadqiqotlar laboratoriyasining (NREL) zamonaviy texnologiyalari, shuningdek, "quyoshli xonadon" dasturi, agro-voltaika kabi innovatsion yo'nalishlar yoritilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, 2030-yilga borib O'zbekistonda quyosh energetikasi quvvatini 10-15 GVt gacha yetkazish, gaz iste'molini yilliga 800 million kubometrga kamaytirish va CO₂ emissiyasini sezilarli darajada pasaytirish mumkinligi aniqlangan.

KALIT SO'ZLAR: Quyosh fotoelektr stansiyalari, qayta tiklanadigan energiya, fotovoltaika, O'zbekiston energetikasi, Masdar, agro-voltaika, net metering, ko'p kaskadli quyosh elementlari, NREL, CO₂ emissiyasi, davlat-xususiy sheriklik (DXSH), energiya saqlash tizimlari (BESS), quyosh panellari samaradorligi, barqaror energiya, ekologik toza texnologiyalar.

АННОТАЦИЯ: В данной статье рассматриваются перспективы развития, технологические особенности и экономическое значение солнечных фотоэлектрических установок (СЭС) в Узбекистане. В исследовании проанализированы тенденции развития солнечной энергетики в мировом и национальном масштабе, а также рассмотрены крупнейшие действующие и перспективные проекты Узбекистана. В статье рассматриваются принцип работы солнечных батарей, современные технологии Национальной исследовательской лаборатории США (NREL), а также такие инновационные направления, как программа «солнечный дом» и агровольтаика. По результатам исследования

определено, что к 2030 году можно увеличить мощность солнечной энергетики в Узбекистане до 10-15 ГВт, сократить потребление газа на 800 миллионов кубических метров в год, а также существенно сократить выбросы CO₂.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Солнечные фотоэлектрические установки, возобновляемая энергетика, фотовольтаика, энергетика Узбекистана, Масдар, агровольтаика, чистый учет, многокаскадные солнечные элементы, NREL, выбросы CO₂, государственно-частное партнерство (ГЧП), системы хранения энергии (BESS), эффективность солнечных панелей, устойчивая энергетика, экологически чистые технологии.

ABSTRACT: This article discusses the development prospects, technological features and economic importance of solar photoelectric plants (SPPs) in Uzbekistan. The study analyzed the development trends of solar energy at the world and national scale, and considered the largest current and promising projects in Uzbekistan. The article covers the working principle of solar panels, modern technologies of the US National Research Laboratory (NREL), as well as such innovative directions as the "solar house" program and agro-voltaics. According to the results of the research, it was determined that by 2030, it is possible to increase the solar energy capacity in Uzbekistan to 10-15 GW, reduce gas consumption by 800 million cubic meters per year, and significantly reduce CO₂ emissions.

KEY WORDS: Solar photovoltaic plants, renewable energy, photovoltaics, energy of Uzbekistan, Masdar, agro-voltaics, net metering, multi-cascade solar cells, NREL, CO₂ emissions, public-private partnership (PPP), energy storage systems (BESS), efficiency of solar panels, sustainable energy, environmentally friendly technologies.

KIRISH

Zamonaviy dunyoda energiya ta'minotining barqarorligi va ekologik xavfsizlik mamlakatlar rivojlanishining asosiy omillaridan biriga aylanmoqda. Xalqaro hamjamiyat tomonidan iqlim o'zgarishlariga qarshi kurashish bo'yicha qabul qilingan majburiyatlar va parislilik bitimga rioya etish zaruriyati, qayta tiklanadigan energiya manbalariga (QTEM) o'tishni tezlashtirmoqda. Ayniqsa, quyosh fotoenergetikasi so'nggi o'n yillikda eng tez rivojlanayotgan energetika sohalaridan biri sifatida ajralib turadi — jahon bozorida 2005-yildan beri yillik o'rtacha 40% o'sish sur'atlari qayd etilgan .

O'zbekiston Respublikasi energiya balansining 82% qismini tabiiy gaz tashkil etishi, mamlakatni gaz resurslaridan xavfsiz va diversifikatsiyalangan energiya manbalariga o'tishga undaydi. Shu bilan birga, respublika hududida yilliga 300-320 quyoshli kun kuzatilishi va umumiy quyosh energetikasi salohiyatining 2 trillion kVt/soatga yetishi, bu sohani milliy energetika strategiyasining ustuvor yo'nalishlaridan biri etib belgilash uchun obyektiv zamin yaratadi .

O'zbekiston hukumati tomonidan 2030-yilga borib qayta tiklanuvchi energiya manbalarining umumiy energetika balansidagi ulushini 25-40% gacha oshirish, jumladan 10-15 GVt quvvatli quyosh fotoelektr stansiyalarini (FES) ishga tushirish maqsadi qo'yilgan. 2025-yil uchun esa qayta tiklanadigan energiyaning umumiy iste'moldagi ulushini 19,7% gacha, shu jumladan quyosh energiyasini 2,3% ga yetkazish rejasi mustahkamlangan .

Dunyo tajribasi ko'rsatadiki, quyosh fotoenergetikasi nafaqat ekologik toza, balki iqtisodiy jihatdan ham raqobatbardosh energiya manbai hisoblanmoqda. 2016-yilda jahon bozorida fotovoltaikaga 113,7 mlrd dollar sarmoya kiritilgan bo'lib, bu boshqa qayta tiklanadigan energiya sohalariga nisbatan ancha yuqori ko'rsatkichdir . AQSH milliy tadqiqotlar laboratoriyasi (NREL) tomonidan ishlab chiqilgan ko'p kaskadli quyosh elementlari

texnologiyasi 46% gacha samaradorlikka erishish imkonini berib, sohani yangi bosqichga olib chiqmoqda .

Ushbu maqolada O'zbekistonda quyosh fotoelektr stansiyalarining rivojlanish istiqbollari, amaldagi va istiqbolli loyihalar, texnologik xususiyatlar, shuningdek, sohani rivojlantirishning iqtisodiy va ekologik samaradorligi tahlil qilinadi.

Quyosh fotoelektr stansiyalari (QFS) — ekologik toza, xavfsiz va ekonomik tejamkor stansiya hisoblanadi. QFS ning ish prinsipi quyidagicha: Quyosh nurlari quyosh panellari (fotoelektrik o‘zgartirgich) ga tushadi, quyosh nurlari doimiy tok (foydalanish uchun noqulay) ko‘rinishiga aylantiriladi va akkumulyator batareyalarida saqlanadi. Invertor yordamida doimiy tok o‘zgaruvchan tokka (biz uchun odatiy 220 V) aylantiriladi va elektr tarmog‘iga uzatiladi.

Quyosh fotoelektr stansiya modeli

Qo‘llanilish sohalari

Quyosh fotoelektr stansiyalari elektr uzatish liniyalaridan uzoqda joylashgan obyektlar uchun to‘liq elektr energiya manbalariga aylanishi mumkin. Quyosh fotoelektr stansiyalarida foydalaniladigan quyosh panellari yuzasi o‘ta muhim qismi hisoblanadi. Bu elektrostansiyalar yordamida alohida nasoslarni ishlatishda foydalanish mumkin. Aholi yoki fermer xo‘jaliklari uchun maxsus fotoelektrik stansiya o‘rnatish orqali elektr energiyasi bilan ta'minlash mumkin.

Quyosh panellari

O‘zbekistonda quyosh energetikasi

Shu yili O‘zbekistonda elektr energiyasi 67,5 mlrd kVt/soat ishlab chiqarish rejalashtirilmoqda, 2030-yilga borib esa bu ko‘rsatkich 120 mlrd

kVt/soat ga erishishi kutilmoqda. O‘zbekistonda quyosh elektrostansiyalari qurilishi Toshkent, Samarqand, Navoiy, Jizzax, Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlarida rejalashtirilgan. O‘zbekiston energetikasi tabiiy gazga juda bog‘liq bo‘lib, ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining 82 % ini tashkil etadi. O‘zbekiston 2030-yilga borib mamlakatning umumiy energetika balansidagi quyosh energiyasi ulushini 6 % ga yetkazishni rejalashtirmoqda. 2025-yilda qayta tiklanadigan energiyani umumiy energiya iste‘moli majmuasida 19,7 % gacha oshirish, shu jumladan quyosh energiyasini 2,3 % ga oshirish rejalashtirilgan.

Dunyo miqyosida quyosh energetikasi

Quyosh fotoenergetikasi (FE) jahon bozorida 2005-yildan beri yiliga o‘rtacha 40 % ga o‘sib bormoqda. Kelgusi 20 yil ichida quyosh fotoenergetikasi tufayli 2 milliondan ortiq ish o‘rinlarini yaratilishi kutilmoqda. Natijada, atmosferaga chiqayotgan 350 mln tonna CO₂ gaz chiqindilari kamayadi, 140 ta ko‘mir bilan ishlaydigan elektr stansiyalari ishi to‘xtatiladi. Quyosh fotoenergetikasining umumiy quvvati 2030-yilga borib 650 GVt ni tashkil etadi. So‘nggi yillarda jahon bozorida quyosh fotoenergetikasiga sarmoya kiritish boshqa qayta tiklanadigan energiya sohalariga qaraganda ko‘proq ajratilmoqda. 2016-yilda kiritilgan sarmoya 113,7 mlrd \$ ni tashkil etadi. Quyosh stansiyalarida qayd etilgan quyosh elementlari (QE) yordamida 2016-yilda 79 va 84 GVt oralig‘ida, 2017-yilda esa 90 dan 95 GVt diapazonda elektr energiyasi ishlab chiqarildi.

AQSH tajribasi

AQSH milliy tadqiqotlar laboratoriyasi (NREL) qayta tiklanadigan energiya va quyosh batareyalari ishlab chiqishni 4 ta texnologik guruhga ajratdi. Birinchi texnologik guruhga AIII va BV guruhlari birikmasiga asoslangan quyosh elementlarini, bir kaskaddan 5 kaskadga (ko‘p kaskadli

quyosh elementi), konsentratorlar sifatida foydalanishda yuqori samaradorlik beradi. Kaskadli quyosh elementlari hosil qilishda monolitik ko‘p kaskadli monokristall strukturaga o‘stiriladi yoki tayyor elementlardan foydalaniladi. Yuqori samarador quyosh elementlari ko‘p bo‘g‘inli (kaskadli) geterostruktura asosida tayyorlanadigan elementlar guruhiga bog‘liq. Ular molekulyar nurli epitaksiya usuli bilan olinadi. Gaz faza epitaksiyasi metall organik bog‘lanishlarni o‘z ichiga oladi. Germaniyada tayyorlangan 4 kaskadli quyosh elementi quyosh nurlari konsentratori sifatida foydalanilganda 46 % samaradorlik berdi. Amerika kompaniyasida konsentratorsiz ko‘p kaskadli quyosh elementining maksimal samaradorligi 38,8 % (besh kaskadli) va 37,9 % (uch kaskadli) ni tashkil qilmoqda. Ko‘p kaskadli quyosh batareyalarini olishdagi kamchilik bu murakkab texnologik jarayonlardir. Ko‘p kristalli Ge, GaAs va boshqa ko‘plab qimmatbaho materiallardan foydalaniladi.

Nobel mukofoti laureati J. Alfyorovning takidlashicha, ko‘p kaskadli quyosh batareyalari strukturaviy bog‘lanishi yarimo‘tkazgichli barcha qurilmalarning guruhi bilan taqqoslanganda anchagina murakkab tuzilishga ega ekan.

1. Umumiy salohiyat va maqsadlar

O‘zbekistonda yiliga o‘rtacha **300-320 quyoshli kun** kuzatiladi. Bu quyosh panellari uchun dunyodagi eng qulay ko‘rsatkichlardan biridir.

- **Texnik salohiyat:** O‘zbekistonning umumiy quyosh energetikasi salohiyati taxminan **2 trillon kVt/soat** deb baholanadi.

- **Strategik maqsad:** 2030-yilga borib qayta tiklanuvchi energiya manbalarining (QTEM) ulushini umumiy energiya balansida **25% dan 40% gacha** oshirish rejalashtirilgan.

• **Quvvat ko'rsatkichi:** 2030-yilgacha jami **27 GVt** quvvatli QTEM loyihalarini ishga tushirish, shundan **10-15 GVt** qismini aynan quyosh fotoelektr stansiyalari (FES) tashkil etishi ko'zda tutilgan.

2. Eng yirik amaldagi va istiqbolli loyihalar

O'zbekistonda quyosh energetikasi asosan DXSH (Davlat-xususiy sheriklik) asosida rivojlanmoqda.

Loyiha nomi	Joylashuvi	Quvvati	Hamkor kompaniya
Nur Navoiy	Navoiy viloyati	100 MVt	Masdar (BAA)
Tutli FES	Samarqand viloyati	100 MVt	Total Eren (Fransiya)
Sherobod FES	Surxondaryo	457 MVt	Masdar (BAA)
Nur Jizzax	Jizzax viloyati	220 MVt	Masdar (BAA)
Qarshi FES	Qashqadaryo	300 MVt	ACWA Power (S. Arabistoni)

3. Rivojlanishning asosiy yo'nalishlari

Maqolangizda quyidagi uchta asosiy tendensiyani ajratib ko'rsatishingiz mumkin:

A. Sanoat miqyosidagi yirik FESlar

Cho'l va adirlik hududlarida yirik "quyosh dalalari" qurilmoqda. Bu loyihalar xalqaro tenderlar asosida eng arzon elektr energiyasi narxini (1 kVt/soat uchun 1.7 - 2.0 sent) ta'minlamoqda.

B. "Quyoshli xonadon" dasturi

Aholi o'rtasida quyosh panellarini ommalashtirish uchun subsidiyalar joriy etilgan.

- **Net Metering:** Aholi o'z ehtiyojidan ortgan elektrni davlatga sotishi mumkin.
- **Imtiyozlar:** Panellarni o'rnatgan jismoniy shaxslar 3 yil davomida yer va mol-mulk solig'idan ozod qilinadi.

C. Agro-voltaika (Istiqbolli yo'nalish)

Qishloq xo'jaligi yerlaridan unumli foydalanish maqsadida ekin maydonlari ustiga quyosh panellarini o'rnatish. Bu ham energiya olish, ham ekinlarni quyosh kuyishidan va ortiqcha bug'lanishdan asrash imkonini beradi.

4. To'siqlar va yechimlar

Rivojlanish istiqbollari faqat yutuqlardan iborat emas, balki hal qilinishi kerak bo'lgan texnik masalalar ham bor:

- **Energiyani saqlash (Storage):** Quyosh bo'lmagan vaqtda energiya barqarorligini ta'minlash uchun yirik akkumulyator tizimlari (BESS) kerak.
- **Tarmoq modernizatsiyasi:** Mavjud elektr tarmoqlari QTEMdan keladigan o'zgaruvchan quvvatni qabul qilish uchun modernizatsiya qilinmoqda.

5. Iqtisodiy va ekologik samara

- **Gaz tejash:** 1 GVt quyosh quvvati yiliga taxminan **800 million kubometr** tabiiy gazni tejash imkonini beradi.

• **CO2 emissiyasi:** Atrof-muhitga chiqariladigan zararli gazlar miqdori yiliga millionlab tonnaga kamayadi.

Manbalar

1. Khaliknazarov U., Ibrokhimov U. Design of a water pump-solar source system for drinking water supply // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 85. – P. 01004.
2. Khaliknazarov U., Kamilov B., Tursunov A., Ibrokhimov U., Choriev B. Development testing and energy efficiency assessment of electrotechnology for resiving mulberry silkworm sponge // I-CRAFT Conference Proceedings. – 2024. – P. 36.
3. Ibroximov U.I., Abubakirsidiqov K.D., Rasulov S.K., Ergashboyev A.A. Renewable energies and their challenges: uncertainty and variability of the wind and solar resource // Talqin va tadqiqotlar. – 2024.
4. Tolipov J.N., Ibroximov U.I., Xudoynazarov A.P. Qishloq xo‘jaligida shamol energiyasi // Talqin va tadqiqotlar. – 2024.
5. Ibroximov U.I., Tursunov A.M., Qodirova A.A. Kichik fotoelektr stansiyasi samaradorligini oshirish // Talqin va tadqiqotlar. – 2024. – №2 (3(40)).
6. Таджибекова И.М. Объединенные солнечные фотоэлектрические электростанции: актуальность и перспективы // O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi. – 2024. – №2(2). – С. 46–47.
7. Tadjibekova I., Ibrokhimov U. Problems of mathematical modeling of solar station // Interpretation and Researches. – 2024.
8. Ibroximov U.I., Abubakirsidiqov X., Ochilov S. Shamollatish uskunalari elektr ta’minotida fotoelektr tizimidan mavsumiy foydalanish uchun matematik modelni qurish // Talqin va tadqiqotlar. – 2023. – №1(33).
9. Yunusov R.F., Ibroximov U.I. Fotoelektricheskie preobrazovateli s vyrabotkoy elektricheskoy energii dlya malomoshchnykh potrebiteley //

“Qishloq va suv xo‘jaligida innovatsion texnologiyalar” respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Toshkent: TIQXMMI MTU, 2023.

10. Yunusov R.F., Ibroximov U.I. Jizzax bosh nasos stansiyasidagi shamollatish uskunalari elektr ta’minotida fotoelektr tizimidan mavsumiy foydalanish uchun matematik modelni qurish // “Qishloq va suv xo‘jaligida innovatsion texnologiyalar” respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Toshkent: TIQXMMI MTU, 2023.

11. Yunusov R.F., Ibroximov U.I., Mannobov L.J., Pulatov N.Z. Proektirovanie solnechnogo istochnika elektropitaniya dlya osvetitelnykh ustroystv nasosnoy stantsii // Innovations in Technology and Science Education. – 2022. – Vol. 1. – №5. – P. 12–27.

12. Yunusov R.F., Ibroximov U.I., Mannobov L.J. Nasos stansiyasidagi konditsioner sovutish tizimi uchun quyosh fotoelektr tizimi loyihasi // Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Toshkent: TDTU, 2022.

13. Yunusov R.F., Ibroximov U.I. Nasos stansiyasidagi akkumulyator xonasidagi shamollatish moslamasini quyosh energiyasi orqali elektr energiya bilan ta’minlash // “Fan va innovatsiya – 2022” xalqaro ilmiy konferensiya materiallari. – Namangan: NamMQI, 2022.

14. Yunusov R.F., Imomnazarov A.B., Ibroximov U.I. Teplosnabzhenie nasosnoy stantsii gelioenergeticheskimi ustanovkami // “Energiya va resurs tejankor texnologiyalar” respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Qarshi: Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, 2022.

15. Yunusov R.F., Ibroximov U.I. Kichik fotoelektr stansiyasi samaradorligini oshirish // “Qishloq va suv xo‘jaligida innovatsion texnologiyalar” respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Toshkent: TIQXMMI MTU, 2022.

16. Yunusov R.F., Ibroximov U.I., Holmatov Z.M. Kompleksnoe energosnabzhenie malomoshchnykh potrebiteley nasosnoy stantsii s ispolzovaniem vozobnovlyaemykh istochnikov // TIQXMMI MTU ilmiy konferensiya materiallari. – Toshkent, 2022.

17. Yunusov R.F., Ibroximov U.I., Mannobov L.J., Pulatov N.Z. Quyosh fotoelektr tizimida ishlovchi kichik nasos stansiyasi // Irrigatsiya va melioratsiya. – 2022. – Maxsus son. – B. 156–164.