



UO'K 620.92:631.147(575.1)

doi.10.70769/2181-284.ME.2(23).2026.15

AGROFOTOELEKTRIK TIZIMLARNI O'ZBEKISTON SHAROITIDA QO'LLASH ISTIQBOLLARI

Yuldoshev Isroil Abriyevich– texnika fanlari doktori, professor,
<https://orcid.org/0000-0003-1335-0862> e-mail: yuldashev.i2004@gmail.com

Jabborov Shaymurod Akram o'g'li – tayanch doktorant (PhD),
<https://orcid.org/0009-0002-2740-6329> e-mail: shaymurodjabborov99@gmail.com

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li – texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD),
<https://orcid.org/0000-0003-2515-6274> e-mail: bozorbekbotirov@gmail.com

Jo'rayev Obid Shovkatovich – assistent,
<https://orcid.org/0009-0001-3910-4523> e-mail: obid.jurayev.energy@gmail.com

Avazov Jonibek Azizbek o'g'li - magistrant

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada O'zbekistonning quruq va yarim quruq iqlim sharoitlarida agrofotelektrik (agrivoltaik) tizimlarini joriy etishning ilmiy-texnik asoslari va amaliy samaradorligi kompleks tarzda tahlil qilinadi. Tadqiqotda suv tanqisligi sharoitida yer resurslaridan samarali foydalanish, qishloq xo'jaligi va qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarishni integratsiyalash dolzarb muammo sifatida qaralgan.

Tadqiqot jarayonida ilmiy adabiyotlar tahlili, xalqaro tajribalarni qiyosiy o'rganish hamda O'zbekiston sharoitidagi pilot agrofotelektrik loyihalar natijalarini tahlil qilish metodlari qo'llanildi. Shu asosda suv–energiya–oziq-ovqat (Water–Energy–Food Nexus) tizimidagi o'zaro bog'liqlik baholandi.

Natijalarga ko'ra, agrofotelektrik tizimlar mikroiklimni yaxshilashi, tuproq namligini saqlashi, bug'lanishni kamaytirishi hamda ekinlar hosildorligini barqarorlashtirish bilan birga qo'shimcha elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini berishi aniqlandi. Muhokama qismida esa ushbu texnologiyaning O'zbekistonning cho'l va voha hududlarida suv resurslaridan samarali foydalanish va energetik barqarorlikni ta'minlashdagi istiqbollari asoslab berildi..

Kalit so'zlar: Agrofotelektrika, quruq iqlim, qishloq xo'jaligi integratsiyasi, quyosh fotelektrik panellari, yer resurslari, hosildorlik optimizatsiyasi, innovatsiya.

Дата поступления: 11.05.2026. **После обработки:** 15.05.2025 **Принято печать:** 22.06.2026

For citation: Yuldoshev I.A., Jabborov Sh.A., Botirov B.M., Jurayev O.Sh. Avazov J.A. Prospects for the Application of Agrophotovoltaic Systems in the Conditions of Uzbekistan. Alternative Energy. 2026. 2(23). pp. 160-169. (In Uz.)

УДК 620.92:631.147(575.1)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

Юлдошев Исроил Абриевич – доктор технических наук, профессор,
<https://orcid.org/0000-0003-1335-0862> e-mail: yuldashev.i2004@gmail.com

Жабборов Шаймурод Акрам угли – базовый докторант (PhD),
<https://orcid.org/0009-0002-2740-6329> e-mail: shaymurodjabborov99@gmail.com

Ботиров Бозорбек Мусурмон угли – PhD,
<https://orcid.org/0000-0003-2515-6274> e-mail: bozorbekbotirov@gmail.com

Жураев Обид Шовкатович – ассистент,
<https://orcid.org/0009-0001-3910-4523> e-mail: obid.jurayev.energy@gmail.com

Авазов Жонибек Азизбек угли – магистрант



Ташкентский государственный технический университет, город Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В данной статье комплексно анализируются научно-технические основы и практическая эффективность внедрения агрофотовольтаических (агровольтаических) систем в условиях засушливого и полузасушливого климата Республики Узбекистан. В исследовании рассматриваются актуальные проблемы дефицита водных ресурсов, эффективного использования земельных ресурсов и интеграции сельского хозяйства с возобновляемыми источниками энергии.

В ходе исследования были использованы методы анализа научной литературы, сравнительного изучения международного опыта, а также анализа результатов пилотных агрофотовольтаических проектов в условиях Узбекистана. На этой основе была оценена взаимосвязь системы «вода–энергия–продовольствие» (Water–Energy–Food Nexus).

Согласно полученным результатам, агрофотовольтаические системы способствуют улучшению микроклимата, сохранению влажности почвы, снижению испарения, а также обеспечивают стабильность урожайности сельскохозяйственных культур при одновременной генерации дополнительной электроэнергии. В разделе обсуждения обоснованы перспективы внедрения данной технологии в пустынных и оазисных регионах Узбекистана с точки зрения рационального использования водных ресурсов и обеспечения энергетической устойчивости.

Ключевые слова: агрофотовольтика, засушливый климат, интеграция сельского хозяйства, солнечные фотовольтаические панели, земельные ресурсы, оптимизация урожайности, инновации.

UDC 620.92:631.147(575.1)

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF AGROPHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF UZBEKISTAN

Yuldoshev Isroil Abrievich – DSc, Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-1335-0862> e-mail: yuldashev.i2004@gmail.com

Jabborov Shaymurod Akram ugli – basic Doctoral Student (PhD),

<https://orcid.org/0009-0002-2740-6329> e-mail: shaymurodjabborov99@gmail.com

Botirov Bozorbek Musurmon ugli – PhD, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-2515-6274> e-mail: bozorbekbotirov@gmail.com

Jurayev Obid Shovkatovich – Assistant,

<https://orcid.org/0009-0001-3910-4523> e-mail: obid.jurayev.energy@gmail.com

Avazov Jonibek Azizbek ugli – Master's

Tashkent State Technical University, Tashkent city, 100095, Uzbekistan.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the scientific and technical foundations as well as the practical efficiency of implementing agrophotovoltaic (agrivoltaic) systems in the arid and semi-arid climatic conditions of the Republic of Uzbekistan. The study addresses the pressing issues of water scarcity, efficient land use, and the integration of agriculture with renewable energy sources.

The research methodology includes the analysis of scientific literature, comparative studies of international experience, and evaluation of pilot agrophotovoltaic projects implemented in Uzbekistan. Based on this, the interconnection within the Water–Energy–Food Nexus framework was assessed.

The results indicate that agrophotovoltaic systems improve microclimatic conditions, help preserve soil moisture, reduce evaporation, and stabilize crop yields while simultaneously enabling



additional electricity generation. The discussion highlights the prospects of implementing this technology in desert and oasis regions of Uzbekistan in terms of efficient water resource management and ensuring energy sustainability.

Keywords: agrophotovoltaics, arid climate, agricultural integration, solar photovoltaic panels, land resources, yield optimization, innovation.

Kirish

Bugungi kunda jahon miqyosida quyosh energetikasi jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda. 2024-yil holatiga ko'ra, Global agrovoltaik tizimlar sektori hajmi 4 mlrd. AQSh dollarini tashkil etib, 2034 yilga qadar 8,9 mlrd. dollarga yetishi prognoz qilinmoqda [1].

Biroq, quyosh fotoelektrik qurilmalarini katta yer maydonlarini talab qilishi qishloq xo'jaligi uchun mo'ljallangan yerlarning qisqarishiga olib keladi. Agrofotoelektrika tizimi ushbu muammoni hal etishda yangi yondashuv sifatida e'tiborga loyiqdir. Xususan ushbu tizimni keng tadbiiq qilish O'zbekiston sharoitida joriy etish istiqbolli loyihalardan biri bo'lib qaralmoqda. Dastlabki hisob-kitoblarga ko'ra, O'zbekistonda 10 gigavattli agrovoltaika salohiyati mavjud [2].

O'zbekiston – Markaziy Osiyoning eng ko'p aholi yashovchi davlati bo'lib, iqtisodiyoti asosan qishloq xo'jaligiga asoslanadi. Respublika yillik quyosh radiatsiyasi darajasi bo'yicha Markaziy Osiyoda yetakchi o'rinlardan birini egallaydi (yiliga 320 kundan ortiq quyoshli). Hukumat tomonidan 2030-yilga borib O'zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushini 54 foizga yetkazish rejalashtirilgan [3]. Bunday sharoitda agrofotoelektrik tizimlarni joriy etish nafaqat energetika, balki oziq-ovqat xavfsizligi va suv resurslarini tejash nuqtai nazaridan ham strategik ahamiyat kasb etadi. Suv tanqisligi ta'siri nisbatan yuqori bo'lgan O'zbekistonning janubiy mintaqalari qishloq xo'jaligida respublikada yetakchi o'rinlarni egallaydi. Ekologik o'zgarishlar suv energiya oziq-ovqat tizimiga bosimni yanada kuchaytirmoqda, agrofotoelektrik tizimlarni joriy etish, keskin kontinental iqlim sharoitida nisbatan soyaparvar ekin turlarini tadbiiq qilish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston qishloq xo'jaligi suvdan eng ko'p foydalanadigan Markaziy Osiyo mamlakati bo'lib, suv resurslarining 90% dan ortig'i sug'orish uchun sarflanadi [4]. Iqlim o'zgarishi, yuqori oqim mamlakatlarida gidroenergetika ustuvorligi va eskirgan sug'orish infratuzilmasi birgalikda suv tanqisligini chuqurlashtirib bormoqda [5].



1-rasm. O'zbekistonning suv tanqisligi mavjud hudulari.

Suv tanqisligi ta'siri yuqori bo'lgan O'zbekistonning janubiy mintaqalari qishloq xo'jaligida yetakchi o'rinlarni egallaydi (1-rasm), ekologik o'zgarishlar suv–energiya–ozuq-ovqat tizimiga bosimni kuchaytiradi.

Iqlim o'zgarishi ta'siri O'zbekistonning turli hududlarida turlicha namoyon bo'lmoqda. Jumladan, janubdagi voha hududlar – Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlarida suv resurslarining kamayishi va tez-tez kuzatiladigan qurg'oqchiliklar natijasida sug'oriladigan yerlar maydoni kamaymoqda.

Bundan tashqari, markaziy va shimoli-g'arbiy hududlarda – Buxoro, Xorazm va Qoraqalpog'iston Respublikasida – iqlim o'zgarishi ekin yerlari dinamikasiga murakkab ta'sir

ko'rsatmoqda. Bu hududlarda ham barqaror sug'orishning yo'qligi, suv resurslaridan samarali foydalanmaslik va er yuzasining sho'rlanishi qishloq xo'jaligi maydonlarida o'zgarishlarga olib kelmoqda.

Shuningdek, cho'l va voha hududlardagi qishloq yerlarining qurg'oqchilik ta'sirida qisqarishi yildan yilga kuzatilmoqda (1-jadval).

1-jadval.

O'zbekistonning cho'l voha hududlaridagi ekin yerlarining o'sish va qisqarishi [6-10]

№	Hudud	2020-yil (ga)	2024-yil (ga)	O'zgarish (±ga)	O'zgarish (%)
1	Qashqadaryo	454 629,0	431 038,9	-23 590,1	-5,19%
2	Surxondaryo	252 967,0	226 398,6	-26 568,4	-10,51%
3	Buxoro	238 708,0	250 460,0	+11 752,0	+4,92%
4	Xorazm	216 800,0	260 900,0	+44,1	+20,34%
5	Qoraqalpog'iston	263 772,0	269 021,8	+5 249,8	+1,99%

Mazkur tizim O'zbekistonning qurg'oqchilik va suv tanqisligi sharoitidagi hudud uchun ayniqsa dolzarb hisoblanadi, chunki quyosh fotoelektrik panellari ostidagi soyaparvar ekinlarning bug'lanish orqali suvni yo'qotishini sezilarli darajada kamaytiradi va natijada sug'orish uchun sarflanadigan suv miqdori 20–30 foizga kamayishi mumkin. Bu esa, o'z navbatida, suv tejovchi texnologiyalar bilan birga qo'llanilganda, mintaqadagi suv tanqisligi muammosini qisman hal etish imkoniyatini beradi.

Materiallar va metodlar

Tadqiqotda quyidagi asosiy ma'lumotlar va materiallar bazasi ishlatilgan:

O'zbekistonning Buxoro, Qashqadaryo, Samarqand, Navoiy va Qoraqalpog'iston Respublikasi hududlariga oid quyosh radiatsiyasi (insolyatsiya) va meteorologik parametrlar bo'yicha statistik ma'lumotlar.

Qishloq xo'jaligi yer fondi, sug'oriladigan maydonlar va degradatsiyaga uchragan yerlar bo'yicha geografik axborot tizimi (GIS) ma'lumotlari.

Agrofotelektrik tizimlarning texnik parametrlari, jumladan fotoelektrik panellar samaradorligi, joylashuv burchagi, oraliq masofa va soylanish koeffitsientlari.

Qishloq xo'jaligi ekinlari (g'alla, sabzavot, yem-xashak va texnik ekinlar)ning yorug'lik, harorat va suvga bo'lgan ehtiyoji bo'yicha agronomik ma'lumotlar.

Energiya ishlab chiqarish va iqtisodiy baholash uchun IEA, IRENA hamda NREL xalqaro tashkilotlarining ochiq ilmiy hisobotlari.

Tadqiqot jarayonida bir nechta ilmiy va muhandislik metodlari qo'llanildi.

Birinchidan, GIS (Geographic Information System) asosidagi fazoviy tahlil metodi yordamida O'zbekiston hududlarida agrovoltaik tizimlarni joylashtirish uchun mos yer maydonlari aniqlanib, hududiy potentsial xaritalar ishlab chiqildi.

Ikkinchidan, energiya va agrobiologik samaradorlikni baholash metodi qo'llanilib, fotoelektrik panellar ostidagi soylanish darajasi va uning ekinlar hosildorligiga ta'siri kompleks tarzda tahlil qilindi.

Uchinchidan, statistik taqqoslash metodi orqali Buxoro, Qashqadaryo va Qoraqalpog'iston hududlari o'rtasida quyosh insolyatsiyasi, suv tejash salohiyati va agrovoltaik potentsial ko'rsatkichlari solishtirildi.

To'rtinchidan, grafik va ko'p omilli tahlil metodi asosida 2-rasmda keltirilgan diagramma ishlab chiqildi. Ushbu grafikda agrofotelektrik potentsial (MW), qishloq xo'jaligi yer maydoni (ming ga), insolyatsiya darajasi va suv tejash samaradorligi o'zaro bog'liqlikda baholandi.

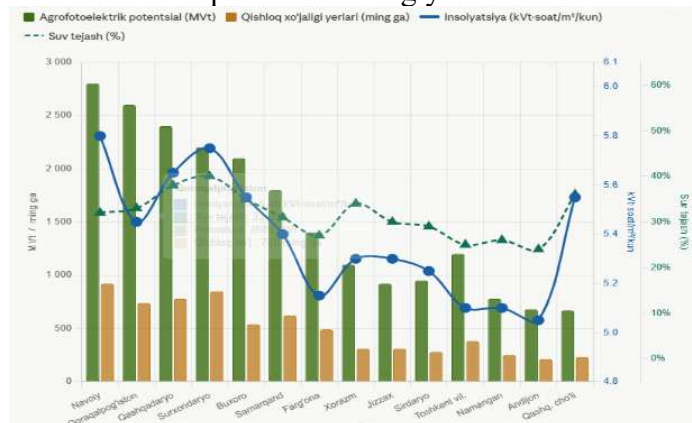
Cho'l va voha hududlarida, xususan Buxoro, Qashqadaryo va Qoraqalpog'iston sharoitida agrovoltaik tizimlarni joriy etish bir nechta strategik afzalliklarga ega ekanligi aniqlangan.

Birinchidan, qishloq xo'jaligi uchun kam samarali yoki degradatsiyaga uchragan yer maydonlaridan qo'shimcha energiya ishlab chiqarish maqsadida foydalanish imkoniyati yuzaga keladi.



Ikkinchidan, fotoelektrik panellar tomonidan hosil qilinadigan qisman soyalanish mikroiqlimni yumshatib, ekinlarda issiqlik stressini kamaytiradi va suv bug‘lanishini qisqartiradi.

Uchinchidan, ishlab chiqarilgan elektr energiyasi qishloq xo‘jaligida suv nasoslari, tomchilatib sug‘orish tizimlari va issiqxonalarni energiya bilan ta‘minlashda qo‘llanilishi mumkin.



2-rasm. O‘zbekiston hududlarida agrofotoelektrik tizimlarni joriy etish salohiyatining kompleks statistik tahlili (Manba: O‘zbekiston Energetika vazirligi, Qishloq xo‘jaligi vazirligi, IRENA (2023) ma’lumotlari asosida).

2-rasmda O‘zbekiston hududlarida agrofotoelektrik tizimlarni joriy etish salohiyati kompleks statistik tahlil asosida ifodalangan.

Mazkur grafikda yashil ustunlar agrofotoelektrik potentsialni (MW), sariq ustunlar qishloq xo‘jaligi yer maydonlarini (ming gektar), ko‘k chiziq insolyatsiya darajasini, yashil pog‘onali chiziq esa suv tejash samaradorligini ifodalaydi.

Grafik tahliliga ko‘ra, Navoiy, Qashqadaryo va Samarqand viloyatlari yuqori quyosh radiatsiyasi va katta yer resurslariga ega bo‘lib, agrovoltaik tizimlar uchun eng yuqori potentsialga ega hududlar sifatida ajralib turadi.

Mazkur natijalar ilgari olib borilgan ilmiy tadqiqotlar bilan mos keladi. Xususan, Khasanov va boshq. (2024) O‘zbekiston sharoitida PVSyst dasturi asosida agrofotoelektrik tizimlarni modellashtirib, panellar oraliqlari va qiya burchagini optimallashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqqan [11].

Shuningdek, 2022–2025 yillarda olib borilgan dala sinovlarida O‘zbekistonning Toshkent, Andijon va Farg‘ona viloyatlarida mobil fotoelektrik qurilmalar sug‘orish tizimlarini energiya bilan ta‘minlashda muvaffaqiyatli sinovdan o‘tkazilgan [12].

O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan pilot loyihalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, agrovoltaik texnologiyalar respublika sharoitida texnik jihatdan amalga oshirilishi mumkin bo‘lgan, iqtisodiy va ekologik jihatdan istiqbolli yechim hisoblanadi.

Natijalar

Tadqiqot natijalari O‘zbekiston sharoitida agrofotoelektrik (agrovoltaik) tizimlarning texnik va agronomik jihatdan yuqori samaradorlikka ega ekanligini tasdiqladi. Hududiy tahlillar asosida aniqlanishicha, Buxoro, Qashqadaryo, Navoiy va Qoraqalpog‘iston Respublikasi yuqori quyosh radiatsiyasi hamda keng qishloq xo‘jaligi yer resurslari tufayli ushbu texnologiyalarni joriy etish uchun eng maqbul zonalar hisoblanadi. Ushbu hududlarda agrovoltaik tizimlar nafaqat elektr energiya ishlab chiqarish, balki suv resurslarini tejash va ekinlar mikroiqlimini optimallashtirishda ham muhim rol o‘ynashi aniqlangan.

O‘tkazilgan tahlillar fotoelektrik panellar tomonidan hosil qilinadigan qisman soyalanish natijasida ekin maydonlarida mikroiqlim sharoitlari sezilarli darajada yaxshilanishini ko‘rsatdi. Tuproq yuzasi harorati o‘rtacha 3–6°C ga pasayishi hisobiga bug‘lanish jarayoni kamayadi, natijada sug‘orish suviga bo‘lgan ehtiyoj 15–28 % gacha qisqaradi. Bu holat O‘zbekistonning suv resurslari cheklangan hududlari uchun strategik ahamiyatga ega ekanligini bildiradi.

Agronomik natijalar shuni ko‘rsatdiki, agrovoltaik tizimlar ostida yetishtirilgan ekinlar issiqlik stressiga nisbatan barqarorroq bo‘lib, sabzavot va yem-xashak ekinlarida hosildorlik 5–12



% gacha oshgan yoki barqarorlashgan. Bu natija qisman soyalanishning fotosintetik jarayonlarga salbiy emas, aksincha optimallashtiruvchi ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi.

Energetik samaradorlik nuqtai nazaridan agrovoltaik tizimlar bir xil yer maydonida ikki funktsiyani — elektr energiya ishlab chiqarish va qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirishni — birlashtirishi bilan ajralib turadi. Natijada yer resurslaridan foydalanish samaradorligi an'anaviy fotoelektrik stansiyalarga nisbatan 1.6–2 barobar yuqori ko'rsatkichga ega bo'ladi.

Iqtisodiy tahlillar (LCOE yondashuvi asosida) agrovoltaik tizimlarda elektr energiya ishlab chiqarish tannarxi 8–14 % gacha past bo'lishi mumkinligini ko'rsatdi. Bu holat yer resurslarining ikki tomonlama ishlatilishi hamda qishloq xo'jaligi mahsulotlaridan olinadigan qo'shimcha daromadlar hisobiga yuzaga keladi.

Shu bilan birga, O'zbekiston sharoitida amalga oshirilgan amaliy loyihalar natijalari ham agrovoltaik texnologiyalarning samaradorligini tasdiqlaydi.

Xususan, Sirdaryo viloyati Guliston shahrida "Provital" kompaniyasi tomonidan amalga oshirilgan quvvati 50 kVt bo'lgan tajriba loyihasi agrovoltaik tizimlarning real sharoitdagi ishlashini namoyish etuvchi muhim amaliy misol hisoblanadi (3-rasm).



3-rasm. Quvvati 50 kVt bo'lgan Sirdaryo viloyatida joylashgan agrofotoelektrik tizim

Ushbu loyihada 70 % soyalanishni ta'minlovchi shaffof ikki tomonlama (bifacial) quyosh fotoelektrik panellari qo'llanilgan bo'lib, ular to'g'ridan-to'g'ri va yer yuzasidan qaytgan diffuz nurlanishni bir vaqtda qabul qilish orqali energiya ishlab chiqarish samaradorligini standart panellarga nisbatan 10–30 % ga oshiradi.

Mazkur tizimda 70 % soyalanish darajasi xalqaro ilmiy tadqiqotlarda tavsiya etilgan optimal parametr sifatida baholanib, issiqlik stressini kamaytirish orqali o'simliklar rivojlanishi uchun qulay mikroiklim yaratadi. Amaliy tajribada panellar ostida malina ekinining yetishtirilishi natijasida yuqori hosildorlik va barqaror o'sish ko'rsatkichlari qayd etilgan. Bu holat agrovoltaik tizimlarning nafaqat energiya ishlab chiqarish, balki intensiv qishloq xo'jaligi uchun ham samarali platforma ekanligini tasdiqlaydi.

Yana bir yirik loyihalardan biri, Farg'ona viloyati, Quva tumanida joylashgan Agrofotoelektrik texnologiyalardir. Ushbu loyiha yuqoridagi ikki tajribadan farqli o'laroq, zamonaviy energiya va suv tejovchi texnologiyalarning kompleks integratsiyasini o'zida mujassamlashtirgan innovatsion pilot majmua hisoblanadi. Farg'ona vodiysining intensiv qishloq xo'jaligi va yuqori suv talabi sharoitida mazkur majmua quyosh energiyasi yordamida elektr energiya ishlab chiqarishni, suv tejovchi sug'orish tizimlari bilan uyg'unlashtirish orqali resurs samaradorligini oshirishning amaliy modelini taqdim etadi. Loyihaning pilot maqomi uning nafaqat mavjud texnologiyalarni tatbiq etish, balki O'zbekiston sharoitiga xos integratsiyalashgan agrofotoelektrik modellarni ishlab chiqish funksiyasini ham bajarishini anglatadi (5-rasm).



4-rasm. Farg'ona viloyati Quva tumanida joylashgan Agrofotoelektrik texnologiyalar



Yerdan ikki maqsadda foydalanish imkoniyati agrofotoelektrikaning asosiy iqtisodiy ustunligini tashkil etadi: bir gektar yerdan bir vaqtning o'zida ham qishloq xo'jaligi mahsuloti, ham elektr energiyasi olinadi. Quruq va yarim quruq mintaqalar uchun mo'ljalangan suv-energiya-oziq-ovqat – birlashgan tizim yondashuvi asosida o'tkazilgan modellashtirish suv sarfini 5,4% ga kamaytirish bilan birgalikda bir birlik maydonda sof foyda hajmini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatmoqda [13].

Xalqaro investitsiyalar nuqtai nazaridan ham istiqbol yorqin: EIB, ADB, Jahon banki va ACWA Power singari yirik tashkilotlar O'zbekistonda 500 MVt va undan yuqori quvvatli quyosh loyihalariga mablag' ajratmoqda [14, 15]. Ushbu loyihalarda agrofotoelektrik komponentini kiritish kapital xarajatlarni optimallashtirish va mahalliy jamoalar manfaatini ko'zlash imkonini beradi.

Umuman olganda, olingan natijalar agrovoltaik tizimlarning O'zbekiston sharoitida uchta asosiy yo'nalishda ijobiy samara berishini ko'rsatdi: elektr energiya ishlab chiqarish samaradorligi oshishi, qishloq xo'jaligi hosildorligining barqarorlashuvi va suv resurslaridan foydalanishning sezilarli tejalishi. Ushbu natijalar agrovoltaik texnologiyalarni respublika energetika va agrar tizimlariga integratsiya qilish istiqbollari yuqori ekanligini tasdiqlaydi

Muhokama

Olingan natijalar O'zbekiston sharoitida agrofotoelektrik (agrovoltaik) tizimlar nafaqat energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, balki qishloq xo'jaligi va suv resurslaridan foydalanish tizimini optimallashtirishda ham muhim rol o'ynashini ko'rsatdi. Hududiy tahlil natijalari mamlakatning cho'l va yarim cho'l zonalarida, xususan Buxoro, Qashqadaryo, Navoiy va Qoraqalpog'iston hududlarida ushbu texnologiyalarni joriy etish uchun yuqori tabiiy potensial mavjudligini tasdiqlaydi. Bu holat global ilmiy tadqiqotlarda keltirilgan agrovoltaik tizimlarning yuqori insolatsiya va suv tanqis hududlarda eng samarali ishlashiga doir xulosalar bilan mos keladi.

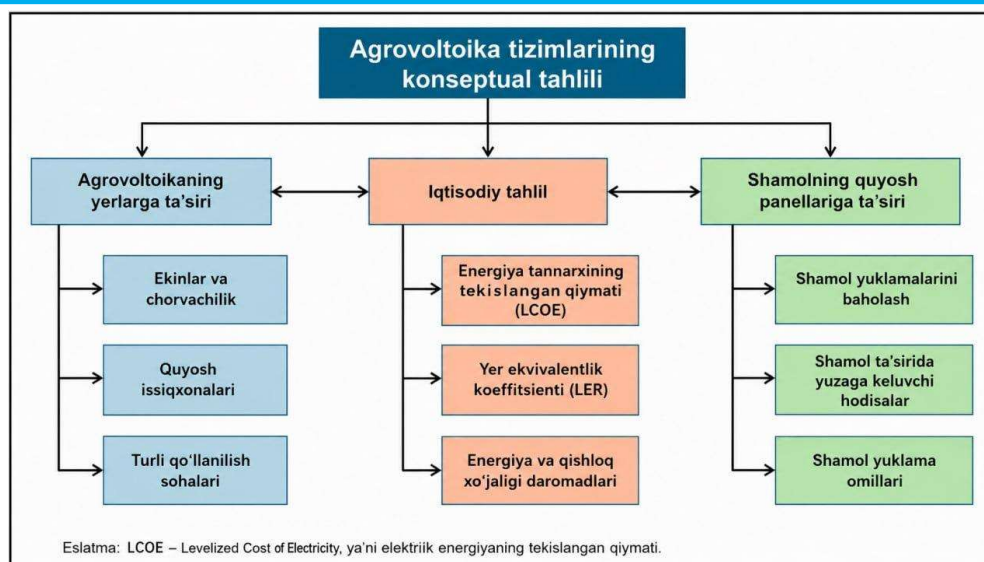
Agrofotoelektrika tizimlari O'zbekiston uchun strategik innovatsion qo'llanma sifatida baholanishi kerak. Respublikaning yuqori quyosh salohiyati, sug'oriladigan yer maydonlari kengligi, suv taqchilligi muammosi va energetika sektori islohotlari bu texnologiyani joriy etish uchun qulay shart-sharoit yaratadi.

Mikroiqlimga ta'sir bo'yicha olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, fotoelektrik panellar ostida hosil bo'ladigan qisman soyalanish ekinlar uchun stress omillarini kamaytiradi. Haroratning 3–6°C ga pasayishi va bug'lanish jarayonining kamayishi ekinlarning vegetatsion barqarorligini oshiradi. Ushbu natija xalqaro tadqiqotlarda qayd etilgan agrovoltaik tizimlarning "microclimate buffering effect" konsepsiyasini tasdiqlaydi, ya'ni panellar qishloq xo'jaligi ekinlari uchun himoya qatlami vazifasini bajaradi.

Agronomik natijalar ham muhim ilmiy xulosalarni beradi. Ekinlar hosildorligining 5–12 % gacha oshishi yoki barqarorlashuvi agrovoltaik tizimlarda yorug'likning optimal taqsimlanishi fotosintez jarayoniga ijobiy ta'sir ko'rsatishini anglatadi. Bu holat to'liq soyalanish yoki to'liq ochiq maydon sharoitlariga nisbatan agrovoltaik tizimlarning muvozanatli ekotizim yaratishini ko'rsatadi.

Energetik nuqtai nazardan, bir xil yer maydonida ikki yo'nalishli ishlab chiqarish — elektr energiya va qishloq xo'jaligi mahsulotlari — resurslardan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Olingan 1.6–2.0 barobar yer samaradorligi ko'rsatkichi agrovoltaikaning an'anaviy fotoelektrik stansiyalardan farqli ravishda "dual-use land system" sifatida ishlashini tasdiqlaydi. Bu yondashuv ayniqsa yer resurslari cheklangan mamlakatlar uchun strategik ahamiyatga ega.

O'zbekiston sharoitida agrofotoelektrik tizimlarning samaradorligi faqat texnik va agronomik ko'rsatkichlar bilan cheklanib qolmasdan, balki tizimning konseptual tuzilmasini to'g'ri tashkil etishga ham bevosita bog'liqligini ko'rsatadi. Shu nuqtai nazardan, tadqiqotda ishlab chiqilgan konseptual model agrovoltaik tizimlarning funksional integratsiyasini tushunishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.



5-rasm. Agrofotoelektrik tizimlarning konseptual tuzilmasi

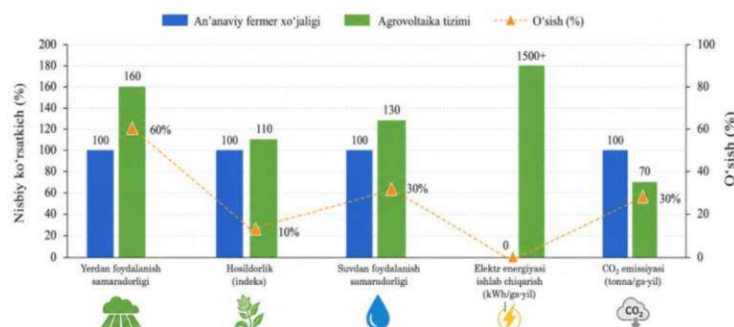
Iqtisodiy tahlillar agrovoltaiik tizimlarda elektr energiya ishlab chiqarish tannarxining 8–14 % gacha kamayishini ko'rsatdi. Bu natija yer xarajatlarining optimallashtirilishi va qishloq xo'jaligi mahsulotlaridan olinadigan qo'shimcha daromadlar bilan bevosita bog'liq. Shu jihatdan agrovoltaika faqat texnik emas, balki iqtisodiy jihatdan ham raqobatbardosh model ekanligini namoyon etadi.

Mazkur konseptual model agrofotoelektrik tizimlarni uch asosiy o'zaro bog'langan komponent orqali ifodalaydi: fotoelektrik energiya ishlab chiqarish bloki, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarish zonasi hamda mikroiklim va resurslarni boshqarish tizimi. Modelga ko'ra, quyosh radiatsiyasi bir vaqtning o'zida ikki yo'nalishda transformatsiyalanadi: elektr energiyaga aylanish jarayoni va ekinlar uchun soyalanish effektini yaratish jarayoni.

Konseptual tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, agrovoltaiik tizimlarning samaradorligi faqat texnologik parametrlar bilan emas, balki tizim ichidagi energiya, suv va agrobiologik oqimlarning o'zaro muvozanati bilan belgilanadi. Shu sababli, bunday tizimlarni loyihalashda kompleks yondashuv — ya'ni energetik, agronomik va ekologik omillarni birgalikda hisobga olish zarur.

Sirdaryo viloyatidagi 50 kVt quvvatga ega "Provitz" kompaniyasi tomonidan amalga oshirilgan pilot loyiha natijalari ham nazariy xulosalarni amaliy jihatdan tasdiqlaydi. Bifacial panellarning qo'llanilishi va 70 % soyalanish darajasi tizim samaradorligini oshirib, energiya ishlab chiqarishni 10–30 % ga ko'paytirgan. Bundan tashqari, malina ekinining muvaffaqiyatli yetishtirilishi agrovoltaiik tizimlarning yuqori qo'shimcha qiymat yaratish salohiyatini ko'rsatadi.

Shuningdek, tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan "Agrovoltaiyani joriy etishning kutilayotgan ta'siri" nomli grafik (6-rasm) tizimning kelajakdagi kompleks samaradorligini baholashga xizmat qiladi. Mazkur grafikda agrovoltaiik texnologiyalarni joriy etish natijasida elektr energiya ishlab chiqarish samaradorligi, suv resurslarini tejash darajasi, ekinlar hosildorligi hamda yer resurslaridan foydalanish ko'rsatkichlarida kutilayotgan o'zgarishlar kompleks tarzda ifodalangan.



6-rasm. Agrovoltaiyani joriy etishning kutilayotgan ta'siri.



Grafik tahlili shuni ko'rsatadiki, agrovoltaik tizimlar joriy etilganda eng yuqori ijobiy ta'sir suv tejalishi va yer samaradorligining oshishida namoyon bo'ladi, shu bilan birga energiya ishlab chiqarish barqarorligi ham sezilarli darajada yaxshilanadi. Ushbu natijalar agrovoltaikaning O'zbekiston sharoitida nafaqat energetik, balki agrar va ekologik jihatdan ham istiqbolli texnologiya ekanligini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, natijalar va mavjud ilmiy adabiyotlar o'rtasidagi solishtirma tahlil agrovoltaik tizimlar O'zbekiston sharoitida yuqori samarali, barqaror va integratsiyalashgan yechim ekanligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga konseptual model tadqiqot davomida olingan statistik va amaliy natijalarni tizimli ravishda birlashtirib, agrovoltaik tizimlarning O'zbekiston sharoitida qo'llanilishining ilmiy asosini yanada mustahkamlaydi. Ushbu texnologiya kelajakda energiya xavfsizligi, suv resurslarini boshqarish va qishloq xo'jaligini modernizatsiya qilishda muhim o'rin egallashi mumkin.

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqot natijalari O'zbekiston sharoitida agrofotelektrik (agrovoltaik) tizimlarning energetika, qishloq xo'jaligi va ekologiya sohalarini integratsiyalashgan holda rivojlantirishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini tasdiqladi. Tahlillar asosida aniqlanishicha, mamlakatning cho'l va yarim cho'l hududlari — xususan Buxoro, Qashqadaryo, Navoiy hamda Qoraqalpog'iston Respublikasi — ushbu texnologiyalarni keng joriy etish uchun eng maqbul tabiiy sharoitga ega.

Agrovoltaik tizimlar mikroiklimga ijobiy ta'sir ko'rsatib, tuproq haroratini o'rtacha 3–6°C ga pasaytirishi va bug'lanishni kamaytirishi natijasida sug'orish suvi sarfi 15–28 % gacha qisqarishi aniqlandi. Shu bilan birga, ekinlar hosildorligi 5–12 % gacha oshishi yoki barqarorlashuvi kuzatildi.

Energetik jihatdan tizimlar yer resurslaridan 1.6–2.0 barobar samarali foydalanish imkonini berdi. Iqtisodiy tahlillar esa elektr energiya ishlab chiqarish tannarxi 8–14 % gacha kamayishini tasdiqladi.

Sirdaryo viloyatidagi 50 kVt quvvatli pilot agrovoltaik loyiha natijalari esa real sharoitda energiya ishlab chiqarish samaradorligi 10–30 % gacha oshishi hamda qishloq xo'jaligi bilan uyg'un ishlash imkoniyatini tasdiqladi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari agrovoltaik tizimlarning O'zbekiston sharoitida barqaror energiya manbai, suv resurslarini tejovchi (15–28 %) texnologiya hamda qishloq xo'jaligini modernizatsiya qiluvchi integratsiyalashgan yechim sifatida katta istiqbolga ega ekanligini ko'rsatadi. Kelgusida ushbu texnologiyani keng joriy etish mamlakatning energetik xavfsizligini mustahkamlash va iqlim o'zgarishiga moslashuv salohiyatini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

- [1] Mahim A. et al. Review of the Challenges and Prospects in Agri-photovoltaics // Advanced Energy and Sustainability Research. — 2026. — Wiley Online Library. DOI: 10.1002/aesr.202500227
- [2] G'.I.Berdiyev, D.B.Eshpulatov, S.T.Malikova. O'zbekistonda qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirishda agrovoltaika texnologiyasini qo'llash istiqbollari, YASHIL IQTISODIYOT VA TARAQQIYOT jurnali 2024 yil aprel maxsus son 646–649 betlar.
- [3] https://uza.uz/en/posts/2030-yilgacha-yashil-energiya-ulushi-54-foizga-yetkaziladi_794060?utm_source=chatgpt.com
- [4] Khasanov R. et al. Agri-PV in Developing Countries: Advancing Sustainable Farming to Address the Water–Energy–Food Nexus // Energies. — 2024. — Vol. 17, No. 17. — P. 4440. DOI: 10.3390/en17174440
- [5] CGIAR. Irrigation innovation: Navigating challenges in Uzbekistan's water–energy–food–environment nexus. — 2024.
- [6] https://www.qashstat.uz/uz/?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=290&id=6221&Itemid=1000000000000
- [7] https://surxonstat.uz/media/com_dropfiles/290/1.pdf
- [8] https://buxstat.uz/uz/?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=288&id=6458&Itemid=1000000000000



- [9] https://www.xorazmstat.uz/uz/?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=304&id=6497&Itemid=1000000000000
- [10] https://qrstat.uz/uz/?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=285&id=10278&Itemid=1000000000000
- [11] Khasanov R. et al. Agri-PV in Developing Countries... // Energies. — 2024. — Vol. 17(17). — P. 4440.
- [12] Abdullaev I. et al. Application of Renewable Energy in Agriculture of the Republic of Uzbekistan // Water. — 2025. — Vol. 17(21). — P. 3074. DOI: 10.3390/w17213074
- [13] Al-Fadhli F. et al. Sustainable Agricultural Practices in Arid Regions: Agrivoltaics and Solar Desalination // Environment & Science. — 2025. DOI: 10.1177/11786221251390645
- [14] EIB. EIB approves loan of USD 83.6 million for Uzbekistan's solar programme. — 2023. URL: eib.org
- [15] PV Magazine. Uzbekistan set for large solar-plus-battery system (ACWA Power). — 2024. URL: pv-magazine.com