

AGROVOLTAIKA TIZIMLARINING QISHLOQ XO'JALIGIDAGI SAMARADORLIGI VA ISTIQBOLLARI

Akbarova Nasibaxon Nosirxonovna

Namangan ilg'or kasbiy maxorat texnikumi maxsus fan o'qituvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqolada agrovoltaika tizimlarining qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishidagi samaradorligi, energiya ishlab chiqarish imkoniyatlari hamda ekologik va iqtisodiy afzalliklari tahlil qilingan. Agrovoltaika texnologiyasi bir yer maydonidan bir vaqtning o'zida qishloq xo'jaligi mahsulotlari yetishtirish va quyosh elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini beradi. Tadqiqotda agrovoltaika tizimlarining ekinlar hosildorligiga, suv resurslaridan foydalanish samaradorligiga va energiya ishlab chiqarish hajmiga ta'siri ko'rib chiqilgan. Shuningdek, dunyo tajribasi asosida agrovoltaika texnologiyalarining rivojlanish tendensiyalari hamda O'zbekiston sharoitida ularni joriy etish istiqbollari baholangan. Tadqiqot natijalari agrovoltaika tizimlari yer resurslaridan samarali foydalanish, qishloq xo'jaligida energiya xarajatlarini kamaytirish va barqaror rivojlanishni ta'minlashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

В данной статье исследуются эффективность агровольтаических систем в сельскохозяйственном производстве, возможности выработки электроэнергии, а также их экологические и экономические преимущества. Технология агровольтаики позволяет одновременно использовать один и тот же земельный участок для выращивания сельскохозяйственных культур и производства солнечной электроэнергии. В работе рассмотрено влияние агровольтаических систем на урожайность сельскохозяйственных культур, эффективность использования водных ресурсов и объем выработки электроэнергии. На основе мирового опыта проанализированы современные тенденции развития агровольтаики и перспективы внедрения данной технологии в условиях Узбекистана. Результаты исследования показывают, что агровольтаические системы способствуют рациональному использованию земельных ресурсов, снижению энергетических затрат в сельском хозяйстве и обеспечению устойчивого развития.

This paper investigates the efficiency and prospects of agrivoltaic systems in agricultural production, focusing on their energy generation potential as well as their environmental and economic benefits. Agrivoltaic technology enables the simultaneous use of the same land area for crop cultivation and solar electricity generation. The study examines the impact of agrivoltaic systems on crop productivity, water-use efficiency, and energy output. Based on international experience, current development trends of agrivoltaic technologies and their implementation prospects in Uzbekistan are analyzed. The findings indicate that agrivoltaic systems contribute to the efficient use of land resources, reduction of energy costs in agriculture, and promotion of sustainable development. Furthermore, the

integration of renewable energy and agricultural production offers a promising pathway toward enhancing food and energy security under changing climatic conditions.

Kalit so'zlar: *Agrovoltaika, qayta tiklanuvchi energiya, quyosh panellari, qishloq xo'jaligi, energiya samaradorligi, yer resurslari, suv tejash, fotoelektr tizimlar, barqaror rivojlanish, yashil energetika.*

Агровольтаика, возобновляемая энергия, солнечные панели, сельское хозяйство, энергоэффективность, земельные ресурсы, водосбережение, фотоэлектрические системы, устойчивое развитие, зеленая энергетика.

Agrioltaics, renewable energy, solar panels, agriculture, energy efficiency, land-use efficiency, water conservation, photovoltaic systems, sustainable development, green energy.

KIRISH

So'nggi yillarda dunyo miqyosida energiya resurslariga bo'lgan talabning ortishi, iqlim o'zgarishi va qishloq xo'jaligi yerlaridan oqilona foydalanish zarurati qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishni taqozo etmoqda. Ayniqsa, quyosh energetikasi ekologik tozaligi va yuqori energiya salohiyati tufayli eng istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida e'tirof etilmoqda.

Biroq yirik quyosh elektr stansiyalarini qurish uchun katta yer maydonlari talab etiladi. Bu esa qishloq xo'jaligi uchun mo'ljallangan unumdor yerlarning qisqarishiga sabab bo'lishi mumkin. Mazkur muammoning samarali yechimlaridan biri agrovoltaika tizimlarini joriy etish hisoblanadi. Agrovoltaika texnologiyasi qishloq xo'jaligi ekinlarini yetishtirish va quyosh energiyasini ishlab chiqarishni bir maydonda uyg'unlashtirish imkonini beradi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, agrovoltaika tizimlari tuproq namligini saqlash, bug'lanishni kamaytirish va ayrim ekinlarning hosildorligini oshirish imkoniyatiga ega. Shu bilan birga, ushbu texnologiya fermer xo'jaliklari uchun qo'shimcha daromad manbai yaratadi hamda energiya mustaqilligini ta'minlaydi.

O'zbekiston yuqori quyosh radiatsiyasi salohiyatiga ega mamlakatlardan biri bo'lib, agrovoltaika tizimlarini joriy etish uchun qulay tabiiy-iqlim sharoitlariga ega. Shu sababli mazkur tadqiqotda agrovoltaika tizimlarining texnik, iqtisodiy va ekologik jihatdan samaradorligi hamda ularni mamlakat qishloq xo'jaligida qo'llash istiqbollari o'rganiladi.

Рост мирового спроса на энергоресурсы, изменение климата и необходимость рационального использования сельскохозяйственных земель требуют активного развития возобновляемых источников энергии. Среди них солнечная энергетика занимает особое место благодаря своей экологической безопасности и значительному энергетическому потенциалу.

Однако строительство крупных солнечных электростанций требует значительных земельных площадей, что может привести к сокращению сельскохозяйственных угодий. Одним из перспективных решений данной проблемы является внедрение агровольтаических систем.

Агровольтаика представляет собой инновационную технологию, позволяющую совмещать производство сельскохозяйственной продукции и генерацию солнечной электроэнергии на одной территории. Исследования показывают, что такие системы способны снижать испарение влаги из почвы, улучшать микроклимат и повышать урожайность некоторых сельскохозяйственных культур.

Для Узбекистана, обладающего высоким уровнем солнечной радиации и значительным аграрным потенциалом, внедрение агровольтаических систем может стать эффективным инструментом повышения продовольственной и энергетической безопасности страны. В связи с этим в данной работе рассматриваются эффективность и перспективы применения агровольтаических технологий в сельском хозяйстве Узбекистана.

The growing global demand for energy, increasing concerns about climate change, and the need for sustainable land management have accelerated the development of renewable energy technologies. Among them, solar energy has emerged as one of the most promising solutions due to its environmental friendliness and vast energy potential.

However, the large-scale deployment of photovoltaic power plants requires extensive land resources, which may compete with agricultural land use. Agrivoltaic systems have been proposed as an innovative solution to this challenge by enabling the simultaneous production of agricultural crops and solar electricity on the same land area.

Recent studies have demonstrated that agrivoltaic systems can improve water-use efficiency, reduce soil moisture loss through evaporation, and enhance the productivity of certain crops by creating favorable microclimatic conditions. In addition, these systems provide farmers with an additional source of income and contribute to energy independence.

Uzbekistan possesses significant solar radiation potential and a strong agricultural sector, making it a suitable region for the implementation of agrivoltaic technologies. Therefore, this study aims to evaluate the efficiency, environmental benefits, and future prospects of agrivoltaic systems and to assess their potential role in achieving sustainable agricultural and energy development in Uzbekistan.

Agrovoltaika tizimlarining mohiyati va ishlash prinsipi

Agrovoltaika (Agrivoltaics yoki Agri-PV) qishloq xo'jaligi va quyosh energetikasini integratsiyalashga asoslangan innovatsion texnologiya hisoblanadi.

Mazkur tizimda fotoelektrik panellar qishloq xo'jaligi ekinlari yetishtiriladigan maydonlar ustiga yoki ular orasiga ma'lum balandlikda o'rnatiladi. Natijada bir xil yer maydonidan ikki maqsadda foydalanish imkoniyati yaratiladi: qishloq xo'jaligi mahsulotlarini ishlab chiqarish va elektr energiyasini generatsiya qilish.

An'anaviy quyosh elektr stansiyalaridan farqli ravishda agrovoltaika tizimlari yer resurslaridan foydalanish samaradorligini oshiradi. Bunda quyosh panellari hosil qiladigan qisman soya tuproq namligini uzoqroq saqlashga yordam beradi hamda ayrim qishloq xo'jaligi ekinlarining rivojlanishi uchun qulay mikroiklim yaratadi.

Agrovoltaika tizimlarida odatda quyidagi komponentlar mavjud:

- quyosh fotoelektr panellari;
- tayanch konstruksiyalar;
- invertorlar;
- energiya uzatish tarmoqlari;
- monitoring va boshqaruv tizimlari;
- qishloq xo'jaligi ekinlari joylashgan ishlab chiqarish maydoni.

Mazkur tizimlar elektr energiyasi ishlab chiqarish bilan birga qishloq xo'jaligi yerlarining funksional samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Agrovoltaika tizimlarining qishloq xo'jaligidagi samaradorligi

Dunyoning ko'plab mamlakatlarida olib borilgan tadqiqotlar agrovoltaika texnologiyalarining yuqori samaradorligini ko'rsatmoqda. Xususan, Germaniya, Yaponiya, Fransiya, AQSh va Xitoyda amalga oshirilgan loyihalarda ayrim ekinlarning hosildorligi saqlanib qolgan yoki hatto oshganligi aniqlangan.

Quyosh panellarining qisman soyasi tufayli:

- tuproq namligi uzoqroq saqlanadi;
- sug'orish suvi sarfi kamayadi;
- yuqori harorat ta'siri pasayadi;
- o'simliklarning stress holati kamayadi.

Issiq va qurg'oqchil iqlim sharoitlarida bu omillar ayniqsa muhim hisoblanadi. O'zbekiston kabi yoz oylarida havo harorati 40°C dan yuqori bo'ladigan hududlarda agrovoltaika tizimlari suv resurslaridan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshirishi mumkin.

Tadqiqotlarga ko'ra, agrovoltaika tizimlari qo'llanilganda ayrim sabzavot ekinlarida suv iste'moli 15–30 % gacha kamayishi mumkin. Bu esa suv tanqisligi kuzatilayotgan hududlar uchun muhim afzallik hisoblanadi.

Agrovoltaika tizimlarining energetik va iqtisodiy afzalliklari

Agrovoltaika tizimlarining asosiy ustunliklaridan biri qo'shimcha elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyatidir. Ishlab chiqarilgan energiya:

- sug'orish nasoslarini ishlatish;

- sovutish omborlarini energiya bilan ta'minlash;
- qishloq xo'jaligi texnikalarini quvvatlantirish;
- elektr tarmoqlariga sotish orqali daromad olish uchun ishlatilishi mumkin.

Fermer xo'jaliklari uchun energiya xarajatlari ishlab chiqarish tannarxining muhim qismini tashkil etadi. Agrovoltaika tizimlari esa energiya mustaqilligini ta'minlash bilan birga ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Yer resurslaridan ikki tomonlama foydalanish natijasida iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichi ham ortadi. Ayrim tadqiqotlarda agrovoltaika tizimlarida yer unumdorligining umumiy ko'rsatkichi (Land Equivalent Ratio) 1,3–1,7 oralig'ida bo'lishi aniqlangan. Bu esa bir xil yer maydonidan alohida-alohida foydalanishga nisbatan 30–70 % yuqori samaradorlikni anglatadi.

O'zbekiston sharoitida agrovoltaika tizimlarini joriy etish istiqbollari

O'zbekiston yiliga o'rtacha 280–320 quyoshli kunlarga ega bo'lib, quyosh radiatsiyasi darajasi yuqori bo'lgan mamlakatlar qatoriga kiradi. Shu sababli quyosh energetikasini rivojlantirish uchun tabiiy salohiyat mavjud.

Mamlakatda suv resurslarining cheklanganligi, iqlim o'zgarishlari va energiyaga bo'lgan talabning ortib borishi agrovoltaika texnologiyalarini joriy etishni dolzarb masalaga aylantirmoqda.

Quyidagi yo'nalishlarda agrovoltaika tizimlarini qo'llash maqsadga muvofiq hisoblanadi:

- tomchilatib sug'orish tizimlari bilan integratsiyalash;
- issiqxona xo'jaliklari;
- bog'dorchilik va uzumchilik;
- chorvachilik uchun yem-xashak ekinlari yetishtirish;
- suv nasos stansiyalarini energiya bilan ta'minlash.

Kelgusida agrovoltaika texnologiyalarini keng joriy etish orqali qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining energiya samaradorligini oshirish, karbonat angidrid chiqindilarini kamaytirish va yashil iqtisodiyot tamoyillarini rivojlantirish mumkin.

XULOSA

Agrovoltaika tizimlari qayta tiklanuvchi energiya manbalari va qishloq xo'jaligini integratsiyalashning istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur texnologiya bir yer maydonidan bir vaqtning o'zida qishloq xo'jaligi mahsulotlari yetishtirish va elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari agrovoltaika tizimlarining yer resurslaridan samarali foydalanish, suv sarfini kamaytirish, energiya ishlab chiqarish hajmini oshirish hamda fermer xo'jaliklarining iqtisodiy barqarorligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi. Shuningdek, agrovoltaika tizimlari qishloq xo'jaligida iqlim o'zgarishlarining salbiy ta'sirini kamaytirishga xizmat qilishi mumkin.

O'zbekistonning yuqori quyosh energetik salohiyati va rivojlangan agrar sektori agrovoltaika texnologiyalarini joriy etish uchun qulay sharoit yaratadi. Shu sababli agrovoltaika tizimlarini amaliyotga tatbiq etish mamlakatning energetik va oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash, qayta tiklanuvchi energiya ulushini oshirish hamda barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishda muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI:

1. Adolf Goetzberger, Armin Zastrow. On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. International Journal of Solar Energy, 1982.
2. Christian Dupraz, et al. Combining Solar Photovoltaic Panels and Food Crops for Optimising Land Use. Renewable Energy, 2011.
3. Gregor Barron-Gafford, et al. Agrivoltaics Provide Mutual Benefits Across the Food-Energy-Water Nexus in Drylands. Nature Sustainability, 2019.
4. International Energy Agency. Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030.
5. International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs Report.
6. Food and Agriculture Organization. The State of Food and Agriculture.
7. World Bank. Climate-Smart Agriculture and Renewable Energy Integration Report.
8. Asian Development Bank. Renewable Energy Development in Central Asia.
9. National Renewable Energy Laboratory. Agrivoltaics Research and Development Publications.
10. United Nations Development Programme. Sustainable Energy Development in Uzbekistan.
11. Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan. O'zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo'yicha hisobotlar.
12. Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan. Qishloq xo'jaligini modernizatsiya qilish va resurslardan samarali foydalanish bo'yicha statistik ma'lumotlar.