

**MARKAZIY OSIYO IQLIM SHAROITIDA QUYOSH ENERGETIKASIDAN
FOYDALANISH IMKONIYATLARI: ZAMONAVIY HOLAT, MUAMMOLAR VA
RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI**

Xushnudbek Fayzullo o'g'li Ollanazarov,

Fayzullo Ollanazarovich Xujayev

Yangi O'zbekiston Universiteti (fayzullo.khujaev@gmail.com)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.22951653>

Annotatsiya. Ushbu maqolamizda Markaziy Osiyo mamlakatlarida quyosh energetikasidan foydalanishning zamonaviy holati, mavjud salohiyati, rivojlanish imkoniyatlari va asosiy cheklovlari ilmiy adabiyotlar hamda xalqaro tashkilotlarning tahliliy ma'lumotlari asosida ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston, Turkmaniston va O'zbekistonning tabiiy-iqlimiy sharoitlari, quyosh radiatsiyasi resurslari, fotovoltaik texnologiyalarni qo'llash imkoniyatlari hamda energetika tizimiga integratsiya masalalari umumlashtirilgan. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, Markaziy Osiyo quyosh energetikasini rivojlantirish uchun yuqori tabiiy salohiyatga ega bo'lsa-da, mavjud salohiyatdan foydalanish darajasi mamlakatlar bo'yicha sezilarli darajada farq qiladi. Ayniqsa, mintaqaning quruq va issiq iqlimi quyosh panellarining ishlash samaradorligiga ta'sir qiluvchi changlanish, yuqori modul harorati va mavsumiy o'zgaruvchanlik kabi omillarni yuzaga keltiradi. Shu bilan birga, quyosh energiyasining o'zgaruvchan tabiati elektr tarmoqlarining moslashuvchanligi, energiya saqlash texnologiyalari va mintaqalararo elektr almashinuvini rivojlantirishni talab etadi. Maqolada O'zbekiston misolida quyosh energetikasini rivojlantirish bo'yicha amalga oshirilayotgan islohotlar va yirik quyosh hamda akkumulyator loyihalari ham tahlil qilinadi. Tadqiqot natijasida Markaziy Osiyoda quyosh energetikasini rivojlantirish faqat yangi generatsiya quvvatlarini qurish bilan cheklanmasdan, tarmoq infratuzilmasini modernizatsiya qilish, energiya saqlash tizimlarini kengaytirish, texnik xizmat ko'rsatishning iqlimga mos usullarini joriy etish, investitsiyaviy muhitni takomillashtirish va mintaqaviy energetik hamkorlikni kuchaytirish bilan birgalikda olib borilishi zarurligi asoslangan.

Kalit so'zlar: qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energetikasi, fotovoltaik tizim, Markaziy Osiyo, quyosh radiatsiyasi, energiya samaradorligi, energiya saqlash, elektr tarmog'i, changlanish, iqlim sharoiti, O'zbekiston.

1. KIRISH

Jahon energetika tizimining barqarorligini ta'minlash va energiya manbalarini diversifikatsiya qilish masalalari so'nggi yillarda ko'plab mamlakatlarning iqtisodiy va ekologik siyosatidagi ustuvor yo'nalishlardan biriga aylandi. Energetikaga bo'lgan talabning ortishi, an'anaviy yoqilg'i resurslarining cheklanganligi, elektr ta'minoti xavfsizligini mustahkamlash zarurati hamda issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirish bo'yicha xalqaro majburiyatlar energiya ishlab chiqarish tizimlarini bosqichma-bosqich diversifikatsiya qilishni talab qilmoqda. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari mazkur jarayonning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Ularning asosiy xususiyati tabiiy ravishda qayta tiklanishi bilan bir qatorda, energiya ishlab chiqarish

jarayonida qazilma yoqilg'ilarga nisbatan nisbatan kam emissiya hosil qilishi bilan izohlanadi. Quyosh, shamol, gidroenergetika, geotermal va bioenergetika texnologiyalarining rivojlanishi natijasida energetika tizimida mahalliy va markazlashmagan energiya ishlab chiqarish imkoniyatlari ham kengaymoqda.

Quyosh energiyasi ushbu manbalar orasida alohida o'rin egallaydi. Quyosh nurlanishining geografik jihatdan keng tarqalganligi, fotovoltaiik modullarni turli miqyosda — kichik maishiy qurilmalardan tortib yirik elektr stansiyalarigacha — o'rnatish imkoniyati va texnologik xarajatlarning uzoq muddatli pasayishi quyosh energetikasini energetika tizimini diversifikatsiya qilishning muhim vositalaridan biriga aylantirdi. Jahon banki ma'lumotlariga ko'ra, ko'plab mamlakatlarda quyosh fotovoltaiik elektr energiyasi ishlab chiqarish salohiyati amaldagi elektr energiyasi talabidan ancha yuqori bo'lishi mumkin.

Markaziy Osiyo mamlakatlari — Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston, Turkmaniston va O'zbekiston — geografik joylashuvi va iqlim xususiyatlari sababli quyosh energetikasini rivojlantirish uchun sezilarli tabiiy salohiyatga ega. Mintaqaning katta qismi quruq va yarim quruq iqlim zonasida joylashgan bo'lib, quyosh radiatsiyasining yuqori darajasi ayrim hududlarda fotovoltaiik va quyosh issiqlik texnologiyalaridan foydalanish uchun qulay sharoit yaratadi. Markaziy Osiyo bo'yicha o'tkazilgan kompleks tadqiqotlarda mintaqada qayta tiklanuvchi energiya salohiyati katta bo'lishiga qaramay, undan amaliy foydalanish darajasi uzoq vaqt davomida cheklanganligi qayd etilgan. Bunga tartibga solish, moliyalashtirish, infratuzilma, texnik mutaxassislar va ma'lumotlar bilan bog'liq omillar ta'sir ko'rsatgan. Biroq quyosh energetikasining rivojlanishini faqat quyoshli kunlar soni yoki radiatsiya miqdori bilan baholash yetarli emas. Fotovoltaiik tizimlarning haqiqiy ishlab chiqarish ko'rsatkichi quyosh nurlanishi bilan bir qatorda modul harorati, shamol, changlanish, atmosfera shaffofligi, panelning orientatsiyasi, texnik xizmat ko'rsatish sifati va elektr tarmog'ining holatiga ham bog'liq.

Mazkur masala Markaziy Osiyo uchun ayniqsa dolzarbdir. Mintaqaning quruq va cho'l hududlarida chang zarralarining ko'pligi quyosh panellari yuzasida ifloslanish qatlaminin shakllanishiga olib kelishi mumkin. 2026-yilda e'lon qilingan tadqiqot Markaziy Osiyoda changning fotovoltaiik ishlab chiqarish salohiyatiga ta'sirini hududiy va mavsumiy jihatdan baholagan hamda chang cho'kishi ayrim hududlarda PV ishlab chiqarishini sezilarli kamaytirishi mumkinligini ko'rsatgan. Bundan tashqari, yuqori havo harorati ham muhim omil hisoblanadi. 2026-yilda e'lon qilingan tadqiqot Markaziy Osiyoda haroratning oshishi fotovoltaiik tizimlarning solishtirma ishlab chiqarishiga to'g'ridan-to'g'ri termik ta'sir ko'rsatishini ko'rsatadi; tadqiqotda haroratning 1°C ga oshishi o'rtacha oylik PV ishlab chiqarishining kamayishi bilan bog'liqligi aniqlangan. Shu sababli Markaziy Osiyoda quyosh energetikasini rivojlantirish masalasiga faqat "quyosh resurslari yuqori hudud" sifatida yondashish ilmiy va amaliy jihatdan yetarli emas. Mintaqada quyosh energiyasidan samarali foydalanish uchun tabiiy resurslarni baholash bilan bir qatorda texnologik moslashuv, energiyani saqlash, elektr tarmoqlarini rivojlantirish, investitsiyalarni jalb qilish va mintaqaviy energetik hamkorlik masalalarini kompleks ko'rib chiqish talab etiladi.

Tadqiqotning maqsadi — Markaziy Osiyo iqlim sharoitida quyosh energetikasidan foydalanish bo'yicha mavjud ilmiy tadqiqotlarni tizimlashtirish, mintaqaning asosiy imkoniyat va cheklovlarini aniqlash hamda quyosh energetikasini yanada samarali rivojlantirish istiqbollarini umumlashtirishdan iborat.

Tadqiqotning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

- Markaziy Osiyoning quyosh energetikasi salohiyatini umumlashtirish;
- quyosh fotovoltaik texnologiyalarining asosiy afzalliklarini tahlil qilish;
- mintaqaning iqlim sharoitlari PV tizimlari samaradorligiga ta'sirini ko'rib chiqish;
- quyosh energetikasining iqtisodiy, texnik va infratuzilmaviy muammolarini aniqlash;
- O'zbekistonning quyosh energetikasini rivojlantirish tajribasini tahlil qilish;
- mintaqada quyosh energetikasini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlarini shakllantirish.

2. MAVZUGA OID ADABIYOTLARNING TAHLILI

Markaziy Osiyoda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining rivojlanishi bo'yicha ilmiy adabiyotlar bir necha asosiy yo'nalishga bo'linadi. Birinchi guruh tadqiqotlar mintaqaning umumiy energetik salohiyati va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish imkoniyatlarini baholaydi. Ikkinchi guruh quyosh radiatsiyasi va fotovoltaik ishlab chiqarish salohiyatini aniqlashga qaratilgan. Uchinchi guruh esa quyosh energetikasining texnik, iqtisodiy va ekologik samaradorligini o'rganadi. Sharh tadqiqotlaridan birida Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston, Turkmaniston va O'zbekiston bo'yicha qayta tiklanuvchi energiya salohiyati, amaldagi loyihalar, rivojlanish istiqbollarini va to'siqlar kompleks tahlil qilingan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, Markaziy Osiyoda qayta tiklanuvchi energiya resurslari sezilarli bo'lsa-da, ularni amaliy o'zlashtirish darajasi salohiyatga nisbatan past bo'lib, asosiy to'siqlar qatoriga tartibga solish, infratuzilma, moliyalashtirish, mutaxassislar va ma'lumotlar masalalari kiradi.

Osiyo taraqqiyot bankining Markaziy Osiyo energetik xavfsizligi bo'yicha tadqiqotlarida ham qayta tiklanuvchi energiya manbalarini diversifikatsiya qilish mintaqalar energetik xavfsizligini mustahkamlashning muhim vositalaridan biri sifatida ko'rsatilgan. Bunda mamlakatlarning iqtisodiy tuzilishi va mavjud yoqilg'i resurslari ularning qayta tiklanuvchi energiyaga o'tish tezligiga ta'sir qilishi qayd etiladi. Quyosh energetikasi bo'yicha tadqiqotlarda Markaziy Osiyoning yuqori quyosh radiatsiyasi asosiy tabiiy ustunlik sifatida ko'rsatiladi. Jahon bankining Global Solar Atlas ma'lumotlariga asoslangan ma'lumotlar to'plami Markaziy Osiyoni ham qamrab olgan holda global gorizontalar radiatsiya (GHI), to'g'ridan-to'g'ri normal radiatsiya (DNI) va PV quvvat salohiyatini hududiy baholash imkonini beradi. O'zbekiston bo'yicha Xalqaro energetika agentligi tomonidan ishlab chiqilgan "Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap" hisobotida mamlakatning quyosh energiyasi salohiyati alohida baholangan. Hisobotda O'zbekistonning median global gorizontalar quyosh nurlanishi $4,52 \text{ kVt}\cdot\text{soat}/\text{m}^2/\text{kun}$ atrofida ekanini va texnik quyosh salohiyati mamlakatning joriy birlamchi energiya iste'molidan bir necha barobar yuqori ekanligi qayd etilgan.

Adabiyotlarning muhim qismi quyosh energetikasini rivojlantirishning iqtisodiy va institutsional jihatlariga bag'ishlangan. IEA tadqiqotida O'zbekistonda quyosh energetikasini rivojlantirishga to'sqinlik qilishi mumkin bo'lgan omillar qatorida investitsiya muhiti, tartibga solish, elektr energiyasi bozori, tarmoqqa ulanish, moliyalashtirish va infratuzilma masalalari ko'rsatiladi.

So'nggi yillardagi tadqiqotlar esa an'anaviy "quyosh resurslari qancha?" degan savoldan "mavjud iqlim sharoitida real PV ishlab chiqarish qancha bo'ladi?" degan savolga o'tmoqda. 2026-yilgi tadqiqotlardan biri changning Markaziy Osiyodagi PV salohiyatiga ta'sirini alohida modellashtirib, chang ta'sirini hududiy moslikni baholash tizimiga kiritgan.

O'zbekiston sharoitida chang va yuqori haroratning PV tizimlariga ta'sirini o'rgangan 2025-yilgi tadqiqotda chang yuklamasi oshishi bilan optik o'tkazuvchanlik va elektr ishlab chiqarish ko'rsatkichlari pasayishi, yuqori modul haroratida esa kuchlanish yo'qotishlari yuzaga kelishi ko'rsatilgan.

Shunday qilib, mavjud adabiyotlar tahlili uchta muhim xulosani beradi. Birinchidan, Markaziy Osiyoda quyosh energetikasining tabiiy salohiyati yuqori. Ikkinchidan, tabiiy salohiyatni real elektr ishlab chiqarishga aylantirish texnik, iqtisodiy va infratuzilmaviy shartlarga bog'liq. Uchinchidan, mintaqaning o'ziga xos quruq va issiq iqlimi PV tizimlarini joylashtirish va ekspluatatsiya qilishda alohida texnik yondashuvni talab qiladi.

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqot **sharh maqola** shaklida amalga oshirildi. Tadqiqotning asosiy metodologik yondashuvi ilmiy adabiyotlar va xalqaro tashkilotlarning tahliliy materiallarini tizimlashtirish, taqqoslash va umumlashtirishdan iborat.

Tadqiqot uchun uch turdagi manbalar asos qilib olindi:

1. Markaziy Osiyoda qayta tiklanuvchi energiya bo'yicha ilmiy maqolalar;
2. quyosh energetikasi va PV texnologiyalariga bag'ishlangan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar;
3. IEA, IRENA, Jahon banki, Osiyo taraqqiyot banki va BMT kabi xalqaro tashkilotlarning tahliliy va statistik materiallari.

IRENAning 2025-yilgi statistik to'plami qayta tiklanuvchi energiya quvvatlari bo'yicha 2015–2024-yillarni, elektr ishlab chiqarish bo'yicha esa 2015–2023-yillarni qamrab oladi va 150 dan ortiq mamlakat va hududlar bo'yicha ma'lumot beradi.

Tahlilda quyidagi mezonlar qo'llanildi:

- quyosh radiatsiyasi darajasi;
- hududning iqlimiy xususiyatlari;
- PV texnologiyalarining samaradorligi;
- changlanish va haroratning ta'siri;
- energiyani saqlash zarurati;
- elektr tarmog'iga integratsiya;
- investitsiya va moliyalashtirish imkoniyatlari;
- institutsional va normativ sharoitlar.

Sharh natijalarini shakllantirishda **taqqoslash, tizimlashtirish, induksiya, deduksiya va ilmiy umumlashtirish** usullaridan foydalanildi.

Maqolaning metodologik chegarasi shundan iboratki, unda alohida quyosh elektr stansiyalarining yangi dala o'lchovlari yoki mustaqil meteorologik monitoring natijalari olinmagan. Shu sababli maqola eksperimental emas, balki mavjud ilmiy bilimlarni sintez qiluvchi sharh tadqiqot hisoblanadi.

4. TAHLIL VA NATIJALAR

4.1. Markaziy Osiyoning quyosh energetikasi salohiyati

Markaziy Osiyoning geografik joylashuvi quyosh energiyasidan foydalanish uchun muhim tabiiy shart-sharoitlarni yaratadi. Mintaqaning katta qismi quruq va yarim quruq hududlardan iborat bo'lib, ochiq osmonli kunlarning ko'pligi quyosh radiatsiyasidan foydalanish imkoniyatini oshiradi. Biroq mintaqa ichida quyosh resurslari bir xil taqsimlanmagan. Janubiy va cho'l hududlarda quyosh radiatsiyasi yuqoriroq bo'lishi mumkin, tog'li hududlarda esa relef, balandlik va mavsumiy ob-havo sharoitlari ishlab chiqarish profiliga ta'sir qiladi. Shu sababli Markaziy Osiyo uchun yagona PV modeli emas, balki hududiy iqlim sharoitlariga moslashtirilgan texnologik yechimlar zarur.

O'zbekistonning quyosh salohiyati bu nuqtai nazardan alohida e'tiborga loyiq. IEA ma'lumotlariga ko'ra, mamlakatning median GHI ko'rsatkichi $4,52 \text{ kVt}\cdot\text{soat}/\text{m}^2/\text{kun}$ atrofida bo'lib, ayrim hududlarda bundan yuqori qiymatlar kuzatiladi. DNI ko'rsatkichi ham quyosh issiqlik va konsentratsiyalangan quyosh energiyasi texnologiyalaridan foydalanish uchun muhim imkoniyatlarni ko'rsatadi. Bu ma'lumotlar quyosh energetikasini O'zbekiston energetika tizimini diversifikatsiya qilishning muhim yo'nalishlaridan biri sifatida ko'rib chiqish imkonini beradi.

4.2. Quyosh energetikasining asosiy texnologik afzalliklari

Quyosh energetikasining muhim afzalliklaridan biri uning **modulliligi** hisoblanadi. Quyosh PV tizimlari kichik uy xo'jaliklari, savdo va ishlab chiqarish korxonalari, ijtimoiy obyektlar hamda yirik elektr stansiyalarida qo'llanishi mumkin. Bu xususiyat Markaziy Osiyo sharoitida ayniqsa muhim. Aholi zichligi past bo'lgan yoki markazlashgan elektr tarmog'idan uzoqda joylashgan hududlarda kichik PV tizimlari va akkumulyatorlar elektr ta'minotini yaxshilashning muqobil vositasi bo'lishi mumkin. IEA ham O'zbekistonda tarmoqqa ulanish qiyin bo'lgan ayrim chekka hududlarda batareyali off-grid quyosh PV tizimlarini qo'llash imkoniyatlarini ko'rsatadi.

Quyosh panellarida harakatlanuvchi mexanik qismlarning kamligi ekspluatatsiya jarayonini nisbatan soddalashtiradi. Biroq bu "texnik xizmat talab qilinmaydi" degani emas. Ayniqsa Markaziy Osiyo sharoitida panel yuzasini changdan tozalash, elektr ulanishlarini nazorat qilish, inverterlarning ishlashini monitoring qilish va modullarni texnik ko'rikdan o'tkazish ishlab chiqarish samaradorligini saqlash uchun muhimdir.

Quyosh energetikasining yana bir muhim afzalligi — uni iste'molchiga yaqin joylashtirish imkoniyatidir. Tom usti PV tizimlari elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste'mol qilish nuqtalari orasidagi masofani qisqartirishi mumkin. Natijada ayrim hollarda tarmoqdagi yo'qotishlarni kamaytirish imkoniyati paydo bo'ladi.

4.3. Iqlim sharoitining fotovoltaik tizimlarga ta'siri

Quyosh radiatsiyasining yuqoriligi PV tizimining yuqori ishlab chiqarishini avtomatik ravishda kafolatlamaydi. Panelning real ishlab chiqarishi tashqi muhit harorati va boshqa meteorologik omillar bilan ham belgilanadi.

Yuqori harorat

Fotovoltaik modullarning elektr xususiyatlari haroratga bog'liq. Modul haroratining ortishi odatda kuchlanishning pasayishiga va natijada elektr ishlab chiqarish samaradorligining kamayishiga olib keladi. Markaziy Osiyoning yoz oylarida yuqori havo harorati kuzatilishi sababli ushbu omilni loyiha bosqichida hisobga olish zarur. 2026-yilda chop etilgan tadqiqot Markaziy Osiyoda haroratning ko'tarilishi PV solishtirma ishlab chiqarishiga salbiy termik ta'sir ko'rsatishini ko'rsatgan.

Shuning uchun quyosh elektr stansiyalarini loyihalashda faqat nominal modul samaradorligi emas, balki **yuqori harorat sharoitidagi real ishlash ko'rsatkichi** ham baholanishi kerak.

Changlanish darajasi

Markaziy Osiyoning quruq va cho'l hududlarida chang PV tizimlari uchun muhim muammo hisoblanadi. Panel yuzasida chang qatlami hosil bo'lishi quyosh nurlarining modulga tushishini kamaytirib, elektr ishlab chiqarishni pasaytiradi. 2026-yilgi mintaqaviy tadqiqot chang ta'sirining Markaziy Osiyoda PV salohiyatiga hudud va mavsum bo'yicha farqli ta'sir ko'rsatishini aniqlagan. Tadqiqot chang cho'kishi ayrim hududlarda PV ishlab chiqarishining pasayishiga olib kelishini ko'rsatadi.

O'zbekiston sharoitida o'tkazilgan 2025-yilgi tadqiqot ham chang yuklamasi ortishi bilan panelning optik o'tkazuvchanligi va quvvat ishlab chiqarishi kamayishini ko'rsatgan.

Shundan kelib chiqib, Markaziy Osiyo uchun quyosh elektr stansiyalarining texnik-iqtisodiy modeliga **tozalash chastotasi, suv yoki quruq tozalash texnologiyasi, changlanish darajasi va texnik xizmat xarajatlari** alohida kiritilishi kerak.

4.4. Quyosh energiyasining o'zgaruvchanligi va energiya saqlash

Quyosh energetikasining asosiy texnik xususiyatlaridan biri ishlab chiqarishning kunlik va mavsumiy o'zgaruvchanligidir. Elektr ishlab chiqarish kunduzgi vaqtda yuqori bo'lsa, kechasi PV ishlab chiqarishi nolga yaqinlashadi. Shu bilan birga, yoz va qish mavsumlarida quyosh radiatsiyasi va elektr energiyasiga bo'lgan talab profili bir-biridan farq qilishi mumkin.

Bu holat quyosh energiyasini energetika tizimiga katta miqyosda integratsiya qilishda moslashuvchanlik masalasini yuzaga keltiradi.

Bunday sharoitda quyidagi vositalarning ahamiyati oshadi:

- akkumulyator energiya saqlash tizimlari;
- gidroakkumulyatsiya;
- moslashuvchan issiqlik elektr stansiyalari;
- talabni boshqarish;
- mintaqalararo elektr almashinuvi;
- elektr transport vositalarini moslashuvchan yuklama sifatida qo'llash.

IEA O'zbekiston uchun quyosh energiyasining ortib borishi bilan elektr energetika tizimining moslashuvchanligini oshirish zarurligini qayd etadi. Bunda batareyalar, gidroakkumulyatsiya, talabni boshqarish va qo'shni davlatlar bilan elektr tarmoqlarining o'zaro bog'lanishi muhim vositalar sifatida ko'rsatilgan. Bu yondashuv Markaziy Osiyo miqyosida yanada muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki mamlakatlarning energetika profillari bir-birini qisman to'ldirishi mumkin. Masalan, quyosh ishlab chiqarishining yuqori bo'lgan davrida ortiqcha elektr energiyasini boshqa hududlarga uzatish yoki ishlab chiqarish kamaygan vaqtda mintaqaviy elektr almashinuvini kuchaytirish imkoniyati mavjud.

4.5. Quyosh energetikasining iqtisodiy jihatlari

Quyosh energetikasining iqtisodiy samaradorligini faqat panel narxi orqali baholash yetarli emas. Loyihaning umumiy iqtisodiy natijasi quyidagi omillar yig'indisiga bog'liq:

- boshlang'ich kapital xarajatlari;
- kredit va moliyalashtirish shartlari;
- panel va inverterlarning xizmat muddati;
- texnik xizmat xarajatlari;
- changdan tozalash xarajatlari;
- energiya ishlab chiqarish hajmi;
- elektr energiyasi tarifi;
- tarmoqqa ulanish xarajatlari;
- akkumulyator tizimining qiymati;
- loyiha risklari.

Shu nuqtai nazardan, quyosh energetikasining qoplanish muddatini barcha loyihalar uchun bir xil 8–10 yil deb belgilash ilmiy jihatdan to'g'ri emas. Ushbu ko'rsatkich loyiha joylashuvi, texnologiya, kapital qiymati, elektr tarifi va davlat tomonidan beriladigan rag'batlantirish mexanizmlariga qarab o'zgaradi.

Mintaqadagi investitsion jarayonlarda ham mamlakatlar o'rtasida katta farq mavjud. ADBning 2026-yilgi tahliliga ko'ra, 2005–2025-yillarda Markaziy Osiyoda qayta tiklanuvchi energetikaga yo'naltirilgan xorijiy investitsiyalar mamlakatlar kesimida sezilarli farq qilgan; O'zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya loyihalarining investitsiya hajmi mintaqada yuqori bo'lib, bunda yirik quyosh PV va shamol loyihalari asosiy ulushni tashkil etgan.

Demak, tabiiy salohiyatning mavjudligi investitsiyaning o'z-o'zidan kelishini anglatmaydi. Investitsiyalarni jalb qilish uchun uzoq muddatli siyosat, aniq tarif mexanizmlari, tarmoqqa ulanish qoidalari, yer ajratish jarayonlari va loyihalarni tayyorlash institutsional salohiyati ham muhim.

4.6. O'zbekistonning quyosh energetikasini rivojlantirish tajribasi

O'zbekiston Markaziy Osiyoda quyosh energetikasini rivojlantirish bo'yicha faol siyosat olib borayotgan mamlakatlardan biridir. IEA tomonidan 2022-yilda tayyorlangan yo'l xaritasida O'zbekistonning quyosh energetikasi salohiyati yuqori ekani, biroq ushbu salohiyatni to'liq ishga solish uchun elektr tarmoqlarini rivojlantirish, tartibga solish, investitsiya mexanizmlari va energetika tizimining moslashuvchanligini kuchaytirish zarurligi qayd etilgan.

So‘nggi yillarda yirik quyosh loyihalari bilan bir qatorda energiya saqlash texnologiyalariga ham e‘tibor kuchaymoqda. 2024-yilda Buxoro viloyatida Nur Bukhara quyosh elektr stansiyasi va batareya energiya saqlash tizimini o‘z ichiga olgan loyiha bo‘yicha moliyalashtirish kelishuvlari imzolangan. ADB ushbu loyihani Markaziy Osiyodagi utility-scale batareya saqlash tizimiga ega dastlabki qayta tiklanuvchi energetika loyihalaridan biri sifatida ta’riflagan. 2025-yilda esa Samarqand va Buxoro hududlarida quyosh PV va BESS loyihalarini moliyalashtirish bo‘yicha yirik kelishuv amalga oshirilgan. Ushbu loyihalar quyosh generatsiyasini energiya saqlash tizimlari bilan birlashtirish orqali elektr tarmog‘ining barqarorligini oshirishga qaratilgan. 2026-yil yanvarida G‘uzor shahrida 300 MW quyosh elektr stansiyasi va 75 MWh batareya energiya saqlash tizimini rivojlantirish uchun moliyalashtirish paketi imzolangan. Loyiha tarmoqqa ulanish uchun yangi elektr infratuzilmasini ham o‘z ichiga oladi.

Mazkur loyihalar O‘zbekistonda quyosh energetikasining rivojlanishi yangi generatsiya quvvatlarini yaratishdan tashqari, **“quyosh + energiya saqlash + tarmoq infratuzilmasi”** kompleks modeliga o‘tayotganini ko‘rsatadi.

4.7. Quyosh energetikasini rivojlantirishda elektr tarmoqlarining roli

Quyosh elektr stansiyalarini qurishning o‘zi energiya tizimining barqarorligini ta’minlamaydi. Ishlab chiqarilgan energiyani iste’molchiga yetkazish uchun uzatish va taqsimlash tarmoqlari tegishli quvvatga ega bo‘lishi kerak.

Quyosh generatsiyasining ulushi oshgani sari quyidagi masalalar muhimlashadi:

- tarmoqning o‘tkazish qobiliyati;
- kuchlanish barqarorligi;
- ishlab chiqarishning o‘zgaruvchanligini boshqarish;
- balanslovchi quvvat;
- energiya saqlash;
- aqlli tarmoqlar;
- raqamli monitoring va prognozlash.

IEA O‘zbekiston uchun quyosh energetikasini rivojlantirishni uzoq muddatli elektr tarmog‘ini rivojlantirish rejalari bilan birgalikda olib borish zarurligini ta’kidlaydi. Shuning uchun kelajakdagi quyosh loyihalarini baholashda faqat “qancha MW quriladi?” degan ko‘rsatkich emas, balki “ushbu quvvat qayerda va qaysi tarmoq orqali integratsiya qilinadi?” degan savol ham asosiy mezonlardan biri bo‘lishi kerak.

4.8. Mintaqaviy energetik hamkorlik istiqbollari

Markaziy Osiyo davlatlari o‘rtasidagi energetik hamkorlik quyosh energiyasini keng miqyosda rivojlantirishning qo‘shimcha mexanizmi bo‘lishi mumkin. Mintaqada quyosh energiyasining mavsumiy va kunlik o‘zgaruvchanligini elektr tarmoqlarining o‘zaro bog‘lanishi orqali qisman yumshatish mumkin. Buning uchun mamlakatlar o‘rtasida elektr savdosi, balanslash mexanizmlari, yagona texnik standartlar va ma’lumot almashinuvi tizimlarini rivojlantirish zarur.

2025-yilda O‘zbekiston, Qozog‘iston va Ozarbayjon o‘rtasida Kaspiy yashil energetika koridori bo‘yicha texnik-iqtisodiy asoslashni qo‘llab-quvvatlashga qaratilgan hamkorlik kelishuvi

imzolangan. Ushbu tashabbus transchegaraviy elektr savdosi va yashil energiyani mintaqalararo uzatish imkoniyatlarini rivojlantirishga qaratilgan.

Bunday hamkorlik kelajakda quyosh energiyasini alohida mamlakat miqyosidagi resursdan **mintaqaviy energetika tizimining bir qismiga** aylantirish imkoniyatini yaratishi mumkin.

4.9. Quyosh energetikasining asosiy muammolari va ularni bartaraf etish yoʻnalishlari

Mavjud adabiyotlarni umumlashtirish natijasida Markaziy Osiyoda quyosh energetikasini rivojlantirishga taʼsir qiluvchi muammolarni besh asosiy guruhga ajratish mumkin.

Muammo guruhi	Asosiy muammo	Taklif etiladigan yoʻnalish
Iqlimiy	Yuqori harorat	Harorat koeffitsienti past modullar, shamollatish va texnologik tanlov
Ekologik	Changlanish	Quruq/tozalash texnologiyalari, monitoring va optimal tozalash jadvali
Texnik	Oʻzgaruvchan ishlab chiqarish	BESS, prognozlash va moslashuvchan generatsiya
Infratuzilmaviy	Tarmoq quvvati	Uzatish va taqsimlash tarmoqlarini modernizatsiya qilish
Iqtisodiy-institutsional	Investitsiya va tartibga solish	Uzoq muddatli va shaffof siyosat, PPP va xalqaro moliyalashtirish

Bu tasnifdan koʻrinadiki, quyosh energetikasining asosiy muammosi resursning yetishmasligi emas. Aksincha, muammo mavjud resursni **ishonchli, iqtisodiy samarali va tizimga mos energiyaga aylantirish mexanizmlarini shakllantirish** bilan bogʻliq.

5. MUHOKAMA

Mavjud ilmiy tadqiqotlarni umumlashtirish shuni koʻrsatadiki, Markaziy Osiyoda quyosh energetikasini rivojlantirishning asosiy omili tabiiy resurslarning mavjudligi bilan cheklanmaydi. Bir xil quyosh radiatsiyasiga ega boʻlgan ikki hududda ham elektr ishlab chiqarish natijalari texnologiya, harorat, changlanish, tarmoq cheklovlari va ekspluatatsiya sharoitlari sababli farq qilishi mumkin. Shu sababli quyosh energetikasini baholashda **nazariy salohiyat → texnik salohiyat → iqtisodiy salohiyat → real ishlab chiqarish** ketma-ketligini qoʻllash maqsadga muvofiq.

Birinchi bosqichda hududning quyosh radiatsiyasi aniqlanadi. Ikkinchi bosqichda mavjud texnologiyalar yordamida texnik jihatdan ishlab chiqarish mumkin boʻlgan energiya baholanadi. Uchinchi bosqichda elektr tarmogʻi, investitsiya, texnik xizmat va energiya saqlash xarajatlari hisobga olinadi. Toʻrtinchi bosqichda esa real ekspluatatsiya sharoitidagi ishlab chiqarish hajmi aniqlanadi. Ayniqsa, Markaziy Osiyo uchun uchinchi va toʻrtinchi bosqichlarning ahamiyati katta. Chunki quruq iqlim bir tomondan quyosh radiatsiyasi uchun qulay boʻlsa, ikkinchi tomondan changlanish va yuqori harorat orqali PV samaradorligiga salbiy taʼsir koʻrsatishi mumkin. 2026-yilgi mintaqaviy tadqiqotlarda aynan chang va harorat omillarining alohida modellashtirilayotgani ushbu ilmiy yoʻnalishning dolzarbligini koʻrsatadi.

O'zbekiston tajribasi esa yana bir muhim tendensiyaning ko'rsatmoqda: yirik quyosh elektr stansiyalarini rivojlantirish tobora ko'proq energiya saqlash va tarmoq infratuzilmasi bilan birgalikda ko'rilmogda. Nur Bukhara, Samarqand-Buxoro va G'uzor loyihalari bunga misol bo'la oladi.

Shuningdek, kelajakda faqat yirik quyosh elektr stansiyalariga tayanish ham yetarli bo'lmayligi mumkin. Tom usti PV tizimlari, sanoat korxonalarining o'z ehtiyojlari uchun quyosh elektr qurilmalari, chekka hududlar uchun off-grid tizimlar va quyosh issiqlik texnologiyalari energetika tizimini diversifikatsiya qilishda qo'shimcha imkoniyatlar yaratadi. IEA ham O'zbekistonda kichik va o'rta miqyosdagi quyosh loyihalari, off-grid PV, quyosh issiqlik tizimlari va boshqa texnologiyalarni birgalikda rivojlantirish zarurligini qayd etadi. Shunday qilib, Markaziy Osiyoda quyosh energetikasining kelajakdagi rivojlanishi **faqat generatsiya quvvatini ko'paytirish emas, balki butun energetika ekotizimini modernizatsiya qilish** jarayoni sifatida qaralishi kerak.

6. XULOSA VA TAKLIFLAR

O'tkazilgan adabiyotlar sharhi va tahlil natijalari Markaziy Osiyo quyosh energetikasini rivojlantirish uchun sezilarli tabiiy resurslarga ega ekanligini ko'rsatadi. Mintaqaning geografik joylashuvi, yuqori quyosh radiatsiyasi va katta ochiq hududlari fotovoltaiik hamda quyosh issiqlik texnologiyalaridan foydalanish uchun muhim shart-sharoit yaratadi. Shu bilan birga, quyosh energetikasi salohiyatini real iqtisodiy va energetik natijaga aylantirish bir qator texnik, iqlimiy, infratuzilmaviy va institutsional muammolarni hal qilishni talab etadi. Ayniqsa, yuqori harorat va changlanish Markaziy Osiyo sharoitida PV tizimlarining real ishlab chiqarish ko'rsatkichlarini baholashda alohida hisobga olinishi kerak.

Tadqiqot natijalariga asosan quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

Birinchidan, Markaziy Osiyo mamlakatlarida quyosh energetikasi loyihalarini baholash metodikasiga iqlimiy tuzatish koeffitsientlarini kiritish lozim. Bunda quyosh radiatsiyasi bilan birga modul harorati, changlanish, shamol va mavsumiy o'zgaruvchanlik hisobga olinishi kerak.

Ikkinchidan, quyosh elektr stansiyalarini loyihalashda changlanishga qarshi texnik xizmat ko'rsatish strategiyasini oldindan ishlab chiqish zarur. Panelni tozalash chastotasi hududning changlanish darajasi va ishlab chiqarish yo'qotishlari bilan bog'langan holda optimallashtirilishi maqsadga muvofiq.

Uchinchidan, quyosh energetikasini rivojlantirish elektr energiyasini saqlash tizimlari bilan parallel olib borilishi kerak. Ayniqsa, quyosh generatsiyasi ulushi yuqori bo'lgan hududlarda BESS, gidroakkumulyatsiya va boshqa moslashuvchan texnologiyalardan foydalanish tizim barqarorligini oshirishi mumkin.

To'rtinchidan, yangi quyosh elektr stansiyalari uchun tarmoqqa ulanish masalasi loyiha boshlanishidan oldin baholanishi lozim. Quyosh generatsiyasi quvvatini oshirish uzatish va taqsimlash infratuzilmasini rivojlantirish bilan uyg'unlashtirilishi kerak.

Beshinchidan, yirik quyosh elektr stansiyalari bilan bir qatorda tom usti PV tizimlari, sanoat korxonalarining o'z ehtiyoji uchun quyosh qurilmalari va chekka hududlar uchun off-grid tizimlarni rivojlantirish maqsadga muvofiq.

Oltinchidan, Markaziy Osiyo mamlakatlari o'rtasida elektr energiyasi almashinuvi va qayta tiklanuvchi energiyani transchegaraviy uzatish mexanizmlarini rivojlantirish zarur. Bu quyosh energiyasining o'zgaruvchanligini qisman muvozanatlash va mintaqaviy energetika xavfsizligini kuchaytirish imkonini beradi.

Yettinchidan, quyosh energetikasiga investitsiyalarni jalb qilish uchun uzoq muddatli, shaffof va oldindan prognoz qilinadigan normativ-huquqiy muhitni shakllantirish muhim. Xususi sektor, xalqaro moliya institutlari va davlat o'rtasidagi hamkorlik yirik loyihalarni moliyalashtirishda muhim rol o'ynashi mumkin. Markaziy Osiyoda investitsiya muhitini yaxshilash uchun tarmoqlar, moliyalashtirish mexanizmlari va loyihalarni tayyorlash salohiyatini kuchaytirish zarurligi ham zamonaviy mintaqaviy tahlillarda qayd etilgan.

Umuman olganda, Markaziy Osiyoda quyosh energetikasini rivojlantirish uchun asosiy shart — tabiiy salohiyatning mavjudligi emas, balki ushbu salohiyatdan **texnik jihatdan barqaror, iqtisodiy jihatdan samarali va energetika tizimi bilan integratsiyalashgan holda foydalanish mexanizmlarini yaratishdir**. O'zbekistonning yirik quyosh va energiya saqlash loyihalari bu yo'nalishdagi amaliy jarayonning jadallashayotganini ko'rsatmoqda. Kelgusida mintaqada quyosh energetikasining samaradorligini oshirish uchun iqlimga mos texnologiyalar, raqamli monitoring, energiya saqlash, elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish va mintaqaviy energetik hamkorlikni birlashtirgan kompleks yondashuv zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. International Energy Agency (IEA). **Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap**. Paris: IEA, 2022.
2. International Energy Agency (IEA). **Context of Renewable Energy in Uzbekistan**. In: Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap. Paris: IEA, 2022.
3. International Energy Agency (IEA). **A Solar Energy Roadmap for Uzbekistan by 2030**. Paris: IEA, 2022.
4. International Energy Agency (IEA). **Possible Barriers to the Deployment of Solar Energy in Uzbekistan**. Paris: IEA, 2022.
5. International Renewable Energy Agency (IRENA). **Renewable Energy Statistics 2025**. Abu Dhabi: IRENA, 2025.
6. **Renewable Energy in Central Asia: An Overview of Potentials, Deployment, Outlook, and Barriers**. Energy Reports. Vol. 7, 2021, pp. 3125–3136.
7. Asian Development Bank. **Renewable Energy in Central Asian Economies: Role in Reducing Regional Energy Insecurity**. Manila: ADB, 2019.
8. World Bank. **Solar Photovoltaic Power Potential by Country**. Washington, DC: World Bank.
9. World Bank. **Europe and Central Asia – Solar Irradiation and PV Power Potential Map**. World Bank Data Catalog.
10. Gan, Y., Zhang, Z., Li, Z., Luo, Z. **Central Asia photovoltaic potential: Dust impacts and suitability optimization**. Renewable Energy. Vol. 263, 2026, 125463.

11. Zhang, X., Zhang, H., Gu, F., Ma, X., Zhang, F., Chan, N.W., Oke, S.A. **Response of photovoltaic power generation to rising temperatures in Central Asia.** Renewable Energy, 2026.
12. **Evaluating the Effects of Dust Deposition and Ambient Temperature on Photovoltaic Performance in Uzbekistan's Climate.** E3S Web of Conferences, 2025.
13. Asian Development Bank. **ADB, Partners Sign Deal to Build Landmark Solar with Battery Power Plants in Uzbekistan, Largest in Central Asia.** 29 October 2025.
14. Asian Development Bank. **ADB, Masdar Sign \$30 Million Deal to Boost Solar Energy, BESS Capacity in Uzbekistan.** 15 January 2026.
15. Asian Development Bank. **ADB, Masdar Sign Deal to Build Region's First Solar Power Plant with Battery Energy Storage Facility in Uzbekistan.** 21 May 2024.
16. Asian Development Bank. **How Central Asia Can Strengthen Renewable Energy Investment.** 22 May 2026.
17. Asian Development Bank. **Samarkand Solar Power Project.** Project documentation.
18. United Nations in Turkmenistan. **Renewable Energy and Hydrogen Development in Turkmenistan.** 2025.
19. Asian Development Bank. **Promoting Distributed Solar Photovoltaic Systems for Enhanced Access to Energy in Uzbekistan.** Project documentation.
20. Asian Development Bank. **Caspian Green Energy Corridor Project: Feasibility Study Cooperation.** 2025.