

**O‘ZBEKISTONDA QUYOSH PANELLARI CHIQINDILARINI
UTILIZATSIYA QILISHNING EKOLOGIK-TEKNOLOGIK
STRATEGIYALARI VA ULARNI TAKOMILLASHTIRISH
ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ
УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В
УЗБЕКИСТАНЕ И ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ECOLOGICAL-TECHNOLOGICAL STRATEGIES FOR SOLAR
PANEL WASTE MANAGEMENT IN UZBEKISTAN AND THEIR
IMPROVEMENT**

Abdulxakimova Mahliyo Ravshan qizi – Jizzax politexnika instituti
magistranti

Абдулхакимова Махлиё Равшан кизи – магистрант Джизакского
политехнического института.

Abdulxakimova Makhliyo Ravshan qizi – Master’s student at Jizzakh
Polytechnic Institute.

Annotatsiya: Ushbu maqolada O‘zbekistonda quyosh energetikasining rivojlanishi fonida yuzaga kelishi kutilayotgan fotovoltaik chiqindilar muammosi, ularni utilizatsiya qilish va qayta ishlashning zamonaviy ekologik-texnologik usullari tahlil qilingan. Mamlakatning iqlimiy va iqtisodiy sharoitlaridan kelib chiqib, quyosh panellari chiqindilarini boshqarish strategiyalarini takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ilgari surilgan.

Kalit so‘zlar: quyosh panellari, fotovoltaik chiqindi, utilizatsiya, sirkulyar iqtisodiyot, gibrid texnologiyalar, kremniyni tozalash, yashil energetika, EPR tizimi.

Аннотация: В данной статье анализируется проблема фотоэлектрических отходов, ожидаемая на фоне бурного развития солнечной энергетики в Узбекистане, а также рассматриваются современные эколого-технологические методы их утилизации и переработки. Исходя из климатических и экономических условий страны,

выдвинуты рекомендации по совершенствованию стратегий управления отходами солнечных панелей.

Ключевые слова: солнечные панели, фотоэлектрические отходы, утилизация, циркулярная экономика, гибридные технологии, очистка кремния, зеленая энергетика, система РОП (расширенная ответственность производителей).

Abstract: This article analyzes the emerging challenge of photovoltaic waste driven by the rapid development of solar energy in Uzbekistan, examining modern ecological and technological methods for its disposal and recycling. Based on the country's specific climatic and economic conditions, actionable recommendations are proposed to enhance solar panel waste management strategies.

Keywords: solar panels, photovoltaic waste, recycling, circular economy, hybrid technologies, silicon purification, green energy, EPR system (Extended Producer Responsibility).

Kirish. Global iqlim o'zgarishlariga qarshi kurashish va energiya xavfsizligini ta'minlash maqsadida O'zbekiston Respublikasi qayta tiklanuvchi energiya manbalarini (QTEM) rivojlantirish yo'lini tanladi. 2030-yilga borib mamlakatda quyosh stansiyalari quvvatini sezilarli darajada oshirish rejalashtirilgan. Ammo, ushbu jarayon ortidan yirik ekologik chaqiriq — xizmat muddatini o'tab bo'lgan quyosh panellarini utilizatsiya qilish muammosi kelib chiqadi. Panellar tarkibidagi og'ir metallar (qo'rg'oshin, kadmiy) va qimmatbaho elementlar (silitsiy, kumush) atrof-muhitga zarar yetkazmasligi hamda iqtisodiyotga qaytarilishi uchun samarali strategiyalar ishlab chiqish lozim.

Quyosh panellarining material tarkibi va ekologik xavflari: Quyosh panellarining (ayniqsa, kristalli silitsiy asosidagilar) asosiy qismini xavfsiz materiallar tashkil etsa-da, ularning kimyoviy tarkibida xavfli elementlar ham mavjud.

- Oyna (Shisha): Panel og'irligining 75-80% qismini tashkil qiladi.
- Alyuminiy karkas: 10% (qayta ishlash juda oson).
- Polimerlar (EVA plyonka va orqa qatlam): 10%.
- Yarimo'tkazgich va metallar: Silitsiy (3-5%), kumush, mis va eng xavfli — kavsharlashda ishlatiladigan qo'rg'oshin (Pb) hamda ba'zi panellarda kadmiy (Cd).

Ekologik xavf: Agar ushbu panellar oddiy maishiy chiqindi poligonlariga tashlansa, vaqt o'tishi bilan atmosfera yog'inlari ta'sirida qo'rg'oshin va kadmiy yer osti suvlariga sizib o'tishi, tuproq va ekotizimni zaharlashi mumkin.

Utilizatsiya qilishning zamonaviy texnologik usullari: Bugungi kunda jahon amaliyotida quyosh panellarini qayta ishlash uchta asosiy bosqichda amalga oshiriladi:

Mexanik qayta ishlash

Alyuminiy karkas va elektr qutilari ajratib olinadi. Panelning o'zi maydalagichlardan (shredder) o'tkazilib, shisha, metall va polimer parchalari saralanadi. Bu usul shishaning 80-90% qismini qaytarish imkonini beradi.

Termik (Termokimyoviy) usul

Panel tarkibidagi polimer (EVA) qatlamini 450–500°C haroratda kuydirish orqali kremniy plitalari shisha va metallardan butun holatda ajratib olinadi. Hosil bo'lgan gazlar filtrlardan o'tkaziladi.

Kimyoviy (Gidrometallurgik) usul

Ajratib olingan elementlar kislota eritmaları yordamida qayta ishlanadi. Bu jarayonda sof silitsiy (Si), kumush (Ag) va mis (Cu) deyarli 95% gacha tozalikda ajratib olinadi va qayta ishlab chiqarishga yo'naltiriladi.

Hozirgi vaqtda O'zbekistonda quyosh panellari chiqindilarini yig'ish va qayta ishlash bo'yicha maxsus infratuzilma hamda aniq qonunchilik mexanizmlari shakllanmagan. Asosiy muammolar quyidagilardan iborat:

1. Huquqiy bazaning yetersizligi: "Chiqindilar to'g'risida"gi qonun hujjatlarida elektron va fotovoltaik (quyosh paneli) chiqindilarni alohida utilizatsiya qilish majburiyatlari batafsil ko'rsatilmagan.
2. Infratuzilma yo'qligi: Mamlakatda panellarni qismlarga ajratadigan va kimyoviy tozalaydigan birorta ham ixtisoslashgan zavod mavjud emas.
3. Iqtisodiy rag'batning pastligi: Hozircha chiqindilar hajmi kam bo'lgani sababli, xususiy sektor uchun ushbu sohaga investitsiya kiritish iqtisodiy jihatdan jozibador ko'rinmayapti.

Strategiyalarni takomillashtirish bo'yicha tavsiyalar:

O'zbekistonda kelgusi o'n yillikda ekologik inqirozning oldini olish uchun quyidagi strategik yo'nalishlarni amalga oshirish taklif etiladi:

A. EPR (Extended Producer Responsibility) — Ishlab chiqaruvchining kengaytirilgan mas'uliyati tizimini joriy etish

Xorijdan quyosh panellarini olib kiruvchi importyorlar va mahalliy ishlab chiqaruvchilar zimmasiga mahsulotning hayotiy sikli yakunida uni qaytarib olish yoki utilizatsiya fondiga majburiy badal to'lash tizimini qonunchilik darajasiga kiritish. (Evropa Ittifoqining WEEE direktivasi tajribasi asosida).

B. Klaster usulida qayta ishlashni yo'lga qo'yish

Navoiy, Jizzax yoki Samarqand kabi yirik quyosh FESlari joylashgan hududlar markazida quyosh panellari chiqindilarini yig'ish logistikasi va mexanik tozalash punktlarini tashkil etish.

D. "Yashil reyting" va litsenziyalash

Quyosh stansiyalarini qurayotgan pudratchi kompaniyalarga litsenziya berishda, ularning xizmat muddati tugagan panellarni utilizatsiya qilish bo'yicha aniq rejasi (utilizatsiya shartnomasi) borligini majburiy shart qilib belgilash.

Xulosa: O'zbekistonning "yashil iqtisodiyot"ga o'tishi strategiyasi nafaqat energiya ishlab chiqarishni, balki ushbu energiyani beruvchi texnologiyalarning chiqindilarini boshqarishni ham qamrab olishi shart. Bugundan boshlab quyosh panellari chiqindilarini utilizatsiya qilish bo'yicha qonuniy, iqtisodiy va

texnologik bazani yaratish — kelajakda mamlakatimizni yirik elektron chiqindilar poligoniga aylanishidan asraydi va "aylanma iqtisodiyot" (circular economy) tamoyillarini to‘liq qaror toptiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. O‘zbekiston Respublikasining "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to‘g‘risida"gi Qonuni.
2. International Renewable Energy Agency (IRENA) & IEA-PVPS report: "End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels", 2016.
3. Yevropa Ittifoqining WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) direktivasi materiallari.
4. Chowdhury, M. S., Rahman, K. S., Chowdhury, T., Nuthammachot, N., Techato, K., Akhtar, N., ... & Amin, N. (2020). "An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling." *Energy Strategy Reviews*, 27, 100431.
5. Xu, Y., Li, J., Tan, Q., Peters, A. L., & Yang, C. (2018). "Global status of recycling waste solar photovoltaic modules." *Waste Management*, 75, 450-458.