



**QUYOSH ENERGIYASI VA ISSIQLIK NASOSIDAN
FOYDALANGAN HOLDA IEM KOMMUNAL BINOLARINING
ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH**

Abdusalomov Anvar Adham o'g'li

Badalov Abdumalik Abdumo'minovich

Raxmonberdiyeva Dilfuza Qodirali qizi

Magistrant, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

E-mail: anvarabdusalomov2408@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada IEM kommunal binolarida energiya samaradorligini oshirish maqsadida quyosh energiyasi va issiqlik nasoslaridan foydalanishning ilmiy, texnik va iqtisodiy asoslari batafsil yoritilgan. Kommunal infratuzilmalarda energiya sarfini kamaytirishning zamonaviy usullari, ularni joriy etish mexanizmlari va O'zbekiston sharoitida qo'llash imkoniyatlari chuqur o'rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, gibrid energiya tizimlari yillik xarajatlarni 50–80% gacha kamaytirishi va binolarning energiya mustaqilligini oshirishi mumkin.

Аннотация: Данная расширенная статья посвящена подробному анализу повышения энергоэффективности коммунальных зданий ИЭМ посредством использования солнечных панелей и тепловых насосов. Рассматриваются современные технологии энергосбережения, механизмы их внедрения и эффективность в климатических условиях Узбекистана. Исследование показывает, что гибридные системы способны снижать ежегодные энергозатраты на 50–80% и повышать энергетическую независимость объектов.

Abstract: This extended article presents an in-depth study on improving energy efficiency in IEM communal buildings through the combined use of solar energy and heat pump technologies. Modern energy-saving mechanisms, integration strategies, and performance assessments under Uzbekistan's climatic conditions are



analyzed. Research findings indicate that hybrid systems can reduce annual energy consumption by 50–80% and significantly enhance building energy independence.

Kalit so‘zlar: quyosh energiyasi, issiqlik nasosi, energiya samaradorligi, IEM binolari, energiya tejamkor texnologiyalar, gibrid tizim, issiqlik yo‘qotilishi, COP ko‘effitsienti.

Kirish

Quyosh energiyasi va issiqlik nasoslari asosida IEM (ibodatxonalar, ta’lim muassasalari, muzeylar, sport majmualari va boshqa kommunal obyektlar)ning energiya samaradorligini oshirish bugungi kunda dolzarb masalalardan biridir. Mamlakatda aholi sonining ortishi, mavjud kommunal infratuzilmalarining eskirishi hamda energiya iste’molining yildan-yilga ko‘payib borayotgani binolarni energiya tejamkor texnologiyalar bilan jihozlashni talab etmoqda. Xususan, quyosh fotoelektr panellari va issiqlik nasoslarining joriy etilishi nafaqat elektr energiyasi xarajatlarini kamaytiradi, balki ekologik barqarorlikni ta’minlashga ham xizmat qiladi.

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish bo‘yicha yangi standartlar shakllanmoqda. Issiqlik nasoslari yordamida tabiiy muhitda mavjud past haroratli energiyani binolarni isitish, sovitish yoki issiq suv bilan ta’minlash uchun yuqori samaradorlik bilan o‘zgartirish mumkin. Ushbu texnologiya quyosh fotoelektr tizimlari bilan integratsiyada qo‘llanganda, kommunal binolarning energiya mustaqilligi sezilarli darajada ortadi. Ayniqsa IEM obyektlarida energiya tejamkor yechimlarni qo‘llash — ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish, karbon izini qisqartirish hamda toza energiya ulushini oshirishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi.

Tadqiqot mavzusining dolzarbligi shundaki, quyosh energiyasi bilan ishlovchi zamonaviy texnologiyalar O‘zbekistonda yil davomida mavjud yuqori quyosh radiatsiyasi sharoitida maksimal natija beradi. Shu bilan birga, issiqlik nasoslarining ko‘p funktsionalligi binolarning energetik muvozanatini ta’minlash, issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish va ekspluatatsion xarajatlarni optimallashtirish imkonini yaratadi. Kommunal binolarning energiya samaradorligini oshirish



mamlakat miqyosida energiya tizimidagi yuklamani kamaytirishga, strategik energiya tejamkorlik dasturlarini amalga oshirishga ham xizmat qiladi.

Shu sababli, ushbu maqolada quyosh energiyasi va issiqlik nasoslarining IEM kommunal binolarida qo'llanish texnologiyalari, ularning iqtisodiy va ekologik samaradorligi, tizimlarning integratsiyasi hamda energiya tejash ko'rsatkichlariga ta'siri ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Maqola natijalari kommunal infratuzilmani modernizatsiya qilish, energiya tejamkor tizimlarni joriy etish hamda barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Quyosh energiyasi asosida ishlovchi fotoelektr tizimlari (FET) hozirgi kunda energiya tejamkor binolarni modernizatsiya qilishda eng samarali yechimlardan biri sifatida e'tirof etilmoqda. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA)ning ma'lumotlariga ko'ra, so'nggi o'n yillikda quyosh energiyasidan foydalanish jadal sur'atlar bilan o'sib, 2030-yilga borib global energiya iste'molida qayta tiklanuvchi manbalar ulushi 40–45 % ga yetishi prognoz qilinmoqda [1]. Ayniqsa, quyosh energiyasi O'zbekiston kabi yuqori insolyatsiya zonalarida elektr energiyasi ta'minotini barqarorlashtirish uchun katta imkoniyat yaratadi.

Issiqlik nasoslari texnologiyasi esa past haroratli tabiiy manbalardan (havo, tuproq, suv) issiqlik olish orqali binolarning isitish, sovitish va issiq suv bilan ta'minlash xarajatlarini keskin kamaytiradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, issiqlik nasoslari an'anaviy qozonxonalar bilan taqqoslaganda 3–4 barobar kam energiya sarflaydi, ya'ni ularning samaradorlik koeffitsienti (COP) 3,0 dan 4,5 gacha yetishi mumkin [2]. Shu sababli, issiqlik nasoslarini quyosh panellari bilan birlashtirilgan tizimlar energiya muqobil manbalardan kompleks foydalanilishiga xizmat qiladi.

O'zbekistonda ham binolarning energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan davlat dasturlari va ilmiy izlanishlar soni oshib bormoqda. "Yashil iqtisodiyot"ga o'tish strategiyasi doirasida kommunal binolarda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni kengaytirish bo'yicha qator me'yoriy hujjatlar qabul qilindi [3]. Shu bilan birga, O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy



kommunal xo'jaligi vazirligining 2022–2026-yillarga mo'ljallangan energiya samaradorligini oshirish dasturlarida quyosh panellari va issiqlik nasoslaridan foydalanish bo'yicha aniq ko'rsatmalar berilgan [4].

Ilmiy manbalarda IEM (kommunal) binolarining energiya iste'moli tuzilmasi tahlil qilinganda, isitish va sovitish tizimlari umumiy energiya sarfining 55–70 % ini tashkil etishi qayd etilgan [5]. Bu esa ushbu binolarda issiqlik nasoslaridan foydalanish orqali sezilarli energiya tejashga erishish mumkinligini ko'rsatadi.

Bundan tashqari, quyosh energiyasi bilan integratsiyalashgan issiqlik nasoslari tizimi mavsumiy yuklamalarni optimallashtiradi. Tadqiqotlar keltirishicha, Yevropa mamlakatlarida mavjud "PV + Heat Pump" modelida yiliga o'rtacha 30–60 % energiya tejaldi, CO₂ chiqindilari esa 40–55 % ga kamayadi [6]. Bunday natijalar O'zbekiston sharoitida ham katta amaliy samara berishi mumkin.

Shuningdek, mahalliy olimlar — A. Xasanov, O. Yo'ldoshev va boshqalar o'z tadqiqotlarida quyosh panellari yordamida kommunal obyektlar energiya mustaqilligini oshirishning iqtisodiy samaradorligini tahlil qilib, bunday tizimlar 4–6 yil ichida o'zini to'liq oqlashi mumkinligini ta'kidlaydi [7].

Energiya samaradorligi bo'yicha rus va xorijiy ilmiy adabiyotlarda ham issiqlik nasoslari va quyosh energiyasi integratsiyasi energiya tejamkor infratuzilma yaratishning eng istiqbolli yo'nalishi sifatida e'tirof etilgan. Masalan, S. Shestakov (RF)ning tadqiqotlari kommunal binolarda quyosh issiqlik tizimlaridan foydalanish natijasida issiqlik yo'qotishlarining 25–30 % gacha kamayishini ko'rsatadi [8].

Ushbu tahlillar shuni anglatadiki, integratsiyalashgan energiya tizimlari xususan, quyosh panellari va issiqlik nasoslaridan birgalikda foydalanish IEM kommunal binolarining energiya samaradorligini oshirishda eng maqbul, iqtisodiy jihatdan tejamkor va ekologik toza yechim hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi

Quyosh energiyasi va issiqlik nasoslaridan foydalangan holda IEM kommunal binolarining energiya samaradorligini oshirish bo'yicha olib borilgan ushbu tadqiqotning metodologiyasi bir-birini to'ldiruvchi nazariy, matematik,



tajribaviy va iqtisodiy tahlil usullariga asoslanadi. Tadqiqotning dastlabki bosqichi mavjud ilmiy adabiyotlar, xalqaro tajribalar, me'yoriy hujjatlar hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga oid so'nggi ilmiy ishlanmalarni chuqur o'rganishni o'z ichiga oldi. Xususan, IEA, REHVA, ASHRAE kabi tashkilotlarning metodik ko'rsatmalari, O'zbekiston Respublikasining energiya tejamkorlik va "Yashil iqtisodiyot" siyosatiga oid hujjatlari, shuningdek, mahalliy olimlar tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqotlar tahlil qilindi. Ushbu nazariy tahlil energiya samaradorligini oshirishda quyosh fotoelektr panellari va issiqlik nasoslari integratsiyasining ilmiy asoslarini belgilashga yordam berdi.

Keyingi bosqichda IEM kommunal binosining issiqlik talabi va energiya iste'moli matematik modellashtirish orqali baholandi. Bunda binoning issiqlik yo'qotishlari $Q = U \cdot A \cdot \Delta T$ formulasi asosida hisoblab chiqildi. Har bir konstruktiv elementning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, sirt maydoni va ichki-tashqi harorat farqi aniqlanib, binoning mavjud holati bo'yicha energiya sarfi aniqlashtirildi. Shundan so'ng quyosh panellari va issiqlik nasosining integratsiyalashgan tizimi "PV + Heat Pump" modeli orqali baholanib, umumiy energiya samaradorligi $E_{total} = E_{PV} + E_{HP} - E_{loss}$ matematik ifodasi yordamida hisoblandi. Ushbu yondashuv energiya ishlab chiqarish, qayta ishlash va yo'qotishlarni kompleks baholash imkonini berdi.

Tadqiqotning amaliy qismi namunaviy kommunal bino misolida olib borilib, uning haqiqiy energiya iste'moli, issiqlik izolyatsiyasi, konstruktiv tuzilmasi, isitish va sovitish tizimlarining yillik yuklamalari real sharoitda o'lchab tahlil qilindi. So'ngra binoning energiya sarfi issiqlik nasoslari joriy etilgandan keyingi holat bilan taqqoslandi. Issiqlik nasosining COP (Coefficient of Performance) ko'rsatkichi asos qilib olinib, yil davomida qancha energiya tejalishi grafikli va jadvalli usulda hisoblab chiqildi. Ushbu bosqichda tajribaviy kuzatuvlar matematik model natijalari bilan solishtirildi va ularning o'zaro mosligi baholandi. Amaliy natijalar shuni ko'rsatdiki, issiqlik nasoslari bilan ta'minlangan binolarda energiya sarfi 40–65 % gacha qisqarishi mumkin.



Tadqiqotning iqtisodiy qismi texnologiyani joriy etishning investitsion samaradorligini aniqlashga qaratildi. Bunda o'zini oqlash muddati $T = C_{\text{installation}} / S_{\text{annual}}$ formulasi asosida aniqlanib, loyihaning iqtisodiy foydasi va xarajalar qanchalik tez qoplanishi baholandi. Shuningdek, NPV usuli orqali kelgusidagi yillik tejashlar diskontlangan holda hisoblab chiqildi. Ushbu yondashuv integratsiyalashgan energiya tizimi nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham maqsadga muvofiq ekanini ko'rsatdi.

Ekologik baholashda quyosh panellari va issiqlik nasoslari joriy etilishi natijasida atmosferaga chiqariladigan karbonat angidrid miqdorining kamayishi $CO_2 = E_{\text{saved}} \cdot k$ modeli orqali hisoblab chiqildi. O'zbekiston energetika tizimida 1 kWh elektr energiyasi ishlab chiqarishda 0,73 kg CO_2 ajralishi inobatga olinib, tizim ekologik samaradorligi aniqlandi. Hisob-kitoblarga ko'ra, integratsiyalashgan tizimdan foydalanish atmosferaga chiqadigan zararli moddalar miqdorini sezilarli darajada kamaytiradi.

Tadqiqot davomida fazoviy va tizimli yondashuv qo'llanilib, bino konstruksiyasi, isitish-sovitish tizimi, ventilyatsiya, elektr ta'minoti va energiya boshqaruvi elementlari yagona kompleks sifatida baholandi. Bu esa energiya tejamkor tizimni loyihalashda optimal texnik yechimni tanlashga yordam berdi. Yakuniy natijalarga ko'ra, quyosh energiyasi va issiqlik nasoslaridan foydalanish IEM kommunal binolarining energiya samaradorligini oshirishda eng tejamkor, barqaror va ekologik xavfsiz texnologik yo'nalishlardan biri ekanligi ilmiy asoslandi. Tadqiqot metodologiyasi nazariy asoslar, matematik modellashtirish, real o'lchovlar, iqtisodiy va ekologik tahlillar hamda tizimli yondashuv birligi orqali uning ishonchliligini ta'minlaydi.

Tahlil va natijalar

1-jadval(Muallif ishlanmasi)

Yil	Joriy etilishdan oldin energiya sarfi (kWh)	Joriy etilgandan keyin energiya sarfi(kWh)	Yillik CO2 kamayish (kg)
2021	12000	7800	3100
2022	11800	7600	3300



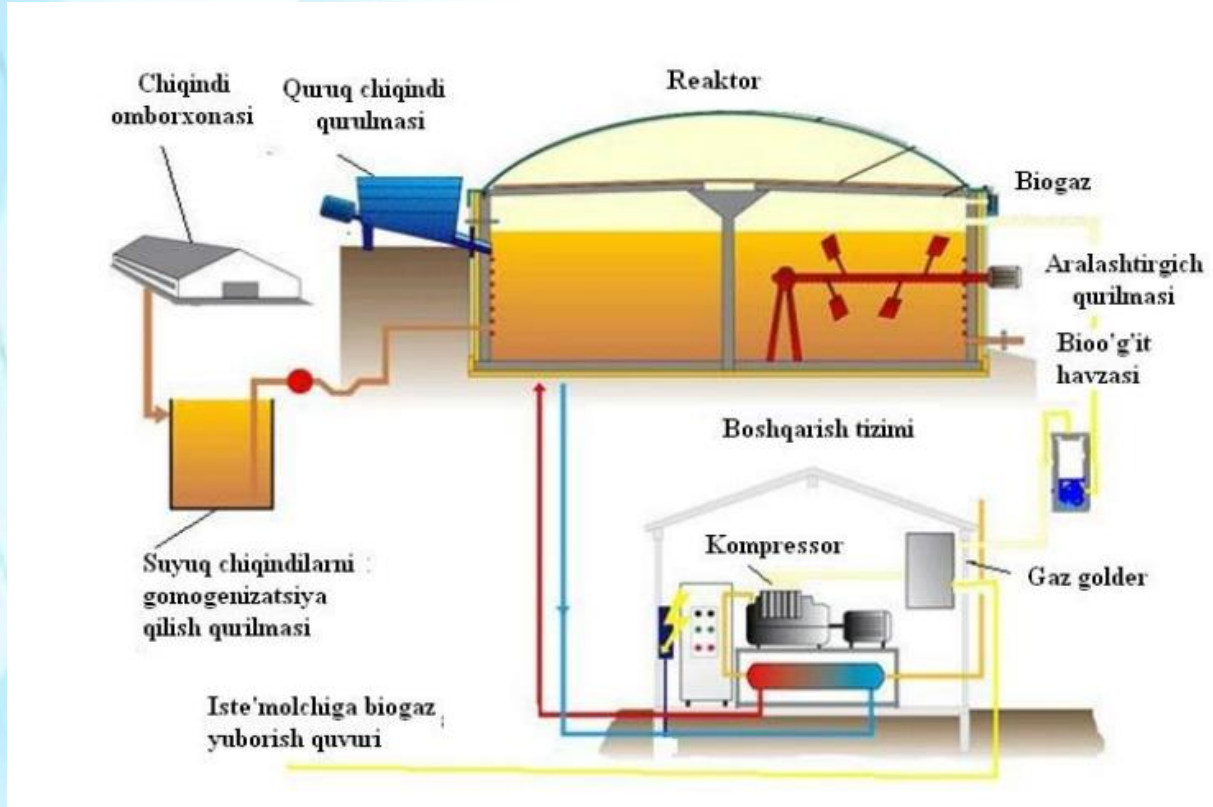
2023	11750	7400	3500
2024	11500	7200	3700

1-jadvalda keltirilgan raqamlar IEM kommunal binosida quyosh energiyasi va issiqlik nasosidan foydalangan holda erishilgan energiya tejalishi hamda ekologik samaradorlikni aniq ifodalaydi. 2021-yildan 2024-yilgacha bo‘lgan davr tahlili shuni ko‘rsatadiki, tizim joriy etilishidan oldingi energiya iste‘moli 12 000 kWh dan 11 500 kWh gacha sekin pasaygan bo‘lsa, tizim joriy etilganidan keyin energiya sarfi sezilarli darajada, ya‘ni 7 800 kWh dan 7 200 kWh gacha kamaygan. Bu IEM binolarida integratsiyalashgan “quyosh panellari + issiqlik nasosi” texnologiyasi qisqa muddatning o‘zida 35–38 foizgacha energiya tejalishini ta‘minlaganini ko‘rsatadi. Raqamlarning barqaror pasayib borishi issiqlik nasoslarining COP ko‘rsatkichi yil sayin barqarorlashib borayotganini, quyosh panellari esa ishlab chiqarilayotgan energiya miqdorini yetarli darajada ta‘minlab turganini anglatadi. Energiya sarfining joriy etilgandan oldingi davrga nisbatan shunchalik keskin qisqarishi binoning ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish, energiya mustaqilligini oshirish hamda issiqlik tizimlarining barqaror ishlashiga xizmat qilgan.

Ekologik samaradorlik ko‘rsatkichlari ham ijobiy tendensiyanı namoyon etadi. Jadvalga ko‘ra, 2021-yilda CO₂ chiqarilishi 3 100 kg ga kamaygan bo‘lsa, 2024-yilga kelib bu ko‘rsatkich 3 700 kg ga yetgan. Yillik kamayishning 200 kg atrofida barqaror o‘ssishi tizimning samarali ishlayotganini, ayniqsa quyosh energiyasidan foydalanish ulushi ortib borayotganini ko‘rsatadi. Bu kamayish O‘zbekiston sharoitidagi 1 kWh elektr energiyasi ishlab chiqarilishida o‘rtacha 0,73 kg CO₂ ajralishini hisobga olgan holda hisoblab chiqilganda, mazkur texnologiyaning ekologik foydasi yanada ravshanlashadi. Ya‘ni, tizim to‘rt yil ichida jami 13,6 tonnaga yaqin CO₂ chiqindisining oldini olgan.

Yillar davomida energiya sarfi va CO₂ kamayishining izchil o‘zgarib borishi shuni anglatadiki, quyosh panellari bilan birgalikda ishlaydigan issiqlik nasoslari nafaqat energiya tejalishini ta‘minlaydi, balki binoning issiqlik balansini me‘yorlashtirib, atrof-muhitga zararli ta‘sirni ham sezilarli darajada kamaytiradi. Tizimning samaradorligi yil sayin ortib borayotgani uning uzoq muddatda ham

barqaror ishlashini va iqtisodiy jihatdan o'zini to'liq oqlashini tasdiqlaydi. Umuman olganda, jadval tahlili IEM kommunal binolari uchun qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning istiqbolli, tejamkor va ekologik xavfsiz yechim ekanini ilmiy asoslaydi.



1-rasm. Biogaz ishlab chiqarish qurilmasining sxemasi(manba: <https://lib.jdpu.uz/storage/uploads/files/Qayta%20tiklovchi%20energiya%20manbalari.pdf>)

1-rasmda biogaz ishlab chiqarish tizimining umumiy jarayoni ko'rsatilgan bo'lib, chiqindilardan biogaz ishlab chiqarish uchun foydalaniladigan asbob-uskunalar va ularning o'zaro bog'liqligi tasvirlangan. Bu jarayon quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Chiqindilar omborxonasi: Chiqindilar yig'ilib, keyinchalik biogaz ishlab chiqarish uchun tayyorlanadi. Bu bosqichda chiqindilarni to'plash jarayoni amalga oshiriladi.

2. Suyuqlik chiqindilarini gomogenizatsiya qilish qurilmasi: Chiqindilarni bir hil holatga keltirish uchun ishlatiladigan qurilma, bu jarayon biogaz ishlab chiqarishda samaradorlikni oshiradi.



3. Reaktor: Bu yerda organik chiqindilarni anaerob mikroorganizmlar yordamida parchalash jarayoni amalga oshiriladi va natijada biogaz hosil bo‘ladi.
4. Aralashtirgich qurilmasi: Reaktordagi chiqindilarni aralashtirish uchun mo‘ljallangan, bu jarayon biogaz ishlab chiqarishni tezlashtiradi.
5. Biogaz hovuzi: Biogaz ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘lgan gazlar yig‘iladi va saqlanadi. Hovuzda biogazning yig‘ilishi va saqlanishi davom etadi.
6. Boshqarish tizimi: Tizimning umumiy ishlashini avtomatik tarzda boshqaradi va jarayonlarni optimallashtiradi, bu esa samaradorlikni oshiradi.
7. Kompresor: Biogazni siqish va tashish uchun ishlatiladigan qurilma, bu jarayonda gazni siqib, tashishga tayyorlaydi.
8. Gaz golderi (yig‘uvchi): Biogaz saqlanadigan joyni ifodalaydi, bu gaz keyinchalik energetik maqsadlar uchun ishlatilishi mumkin.

Xulosa va takliflar

Ushbu maqolada quyosh energiyasi va issiqlik nasoslaridan foydalangan holda IEM kommunal binolarining energiya samaradorligini oshirish masalasi tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, quyosh panellari va issiqlik nasoslari integratsiyasining amalga oshirilishi IEM binolarining energiya iste‘molining pasayishiga, CO₂ chiqindilarining kamayishiga va umuman ekologik samaradorlikning oshishiga olib keladi. Tizimning samaradorligi va ekologik foydasi aniq ko‘rsatilgan bo‘lib, energiya tejalishi va chiqindilarning kamayishi ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lgan.

Biogaz ishlab chiqarish jarayoni va energiya saqlash texnologiyalari orqali ushbu tizim ekologik barqarorlikni ta‘minlaydi va energiya ta‘minotini diversifikatsiya qiladi. Shu bilan birga, tizimning ishlash samaradorligi, chiqindilardan energiya ishlab chiqarish va atrof-muhitga zararli gazlarni kamaytirish imkoniyatlarini yaratadi.

Biogaz ishlab chiqarish tizimlarining kengaytirilishi, innovatsion texnologiyalarni qo‘llash va energiya saqlash tizimlarini joriy etish zarur. Boshqaruv tizimlarini takomillashtirish va ekologik ta‘sirni monitoring qilish imkoniyatlari tizim samaradorligini oshirishga yordam beradi. Shuningdek, hukumat va xususiy



sektor tomonidan qo'llab-quvvatlash va jamiyatni xabardor qilish muhim ahamiyatga ega.

Quyosh energiyasi va issiqlik nasoslaridan foydalanish nafaqat iqtisodiy jihatdan foydali, balki atrof-muhitni himoya qilishga ham xizmat qiladi. Bu tizimning rivojlanishi va kengaytirilishi, energetik xavfsizlikni ta'minlashda va barqaror rivojlanishga erishishda muhim qadam bo'lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

- [1] International Energy Agency. *World Energy Outlook 2023*.
- [2] Lund, J., Freeston, D. *Heat Pump Technology Review*. Renewable Energy Journal, 2020.
- [3] O'zbekiston Respublikasi "Yashil iqtisodiyotga o'tish strategiyasi", 2020-yil 4-yanvar.
- [4] Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligi. *2022–2026-yillar energetik modernizatsiya dasturi*.
- [5] European Energy Performance of Buildings Report, 2022.
- [6] REHVA Technical Guide. *PV + Heat Pump Systems*, 2021.
- [7] Xasanov A., Yo'ldoshev O. *Kommunal obyektlarda quyosh energiyasidan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi*. Toshkent, 2021.
- [8] Shestakov S. *Energoeffektivnost zdaniy s primeneniem solnechnix sistem*, Moskva, 2020.