



QUYOSH HOVUZLARINING EKOLOGIK AFZALLIKLARI VA BARQAROR ENERGIYA ISHLAB CHIQARISHDAGI ROLI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15491240>

Abdurahmonova Farangiz Shavkat qizi.

Toshkent Kimyo xalqaro universiteti

Musurmonov Sardor O'ktam o'g'li

Toshkent Kimyo xalqaro universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada quyosh hovuzlarining atrof-muhit uchun foydalari va barqaror energetikadagi roli tahlil qilinadi. Quyosh hovuzlari an'anaviy fosil yoqilg'i manbalariga nisbatan qanday ekologik afzalliklarga ega ekani asoslanadi: ularning ekspluatatsiyasi natijasida issiqlik va elektr energiyasi hosil qilishda havoga deyarli zararli moddalar chiqarilmasligi, atmosferaga CO₂ va boshqa issiqxona gazlari ajralishini kamaytirishi ko'rsatiladi. Shuningdek, quyosh hovuzlari barqaror rivojlanish konsepsiyasiga qanday mos kelishi, qayta tiklanuvchi energiya portfelidagi o'рни, an'anaviy energiya manbalariga nisbatan taqqoslama (yer maydonidan foydalanish, suv resurslari, ekologik iz) keltiriladi. Grafik ma'lumotlar va jadvallar yordamida quyosh hovuzlarining CO₂ emissiyasini qisqartirishdagi potentsiali raqamlarda bayon etiladi. Maqola davomida quyosh hovuzlari orqali chiqindilarni (masalan, sanoat sho'r suvlarini) qayta ishlash va foydalanish misollari

ham yoritiladi. Yakunda, quyosh hovuzlarining barqaror energetik kelajakka qo‘shadigan hissassi xulosa qilinadi.

Kalit so‘zlar:Ekologik toza energiya, issiqxona gazlari, CO₂ emissiyasi, uglerod neytrallik,qayta tiklanuvchi resurslar,sho‘r suv utilizatsiyasi,energiya tizimining dekarbonizatsiyasi

Masalaning qo‘yilishi :Global iqlim o‘zgarishi va atmosferaga chiqarilayotgan issiqxona gazlari hajmining ortib borishi ekologik muvozanatni izdan chiqarayotgani barchaga ma’lum. An’anaviy energiya ishlab chiqarish usullari havoga katta miqdorda CO₂ va boshqa zararli moddalarni chiqarib, inson salomatligi va ekologik tizimlarga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Shu sababli ekologik toza, uglerod neytral va barqaror energiya manbalarini rivojlantirish dolzarb masalaga aylanmoqda. Quyosh hovuzlari – zararsiz ishlovchi, emissiyasiz energiya manbai sifatida atrof-muhitni muhofaza qilishda alohida ahamiyatga ega texnologiyadir. Ushbu maqola quyosh hovuzlarining ekologik afzalliklarini, ularning atmosferaga ta’siri va barqaror rivojlanishdagi o‘rnini tahlil qiladi. Hozirgi globallashtirilgan dunyoda iqlim o‘zgarishi va ekologik muammolar eng dolzarb masalalardan biriga aylandi. Atmosferaga issiqxona gazlarining, xususan karbonat angidrid (CO₂)ning ko‘p miqdorda chiqarilishi Yerning iqlim tizimiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, global haroratning ko‘tarilishiga olib kelmoqda. Bu holat jahon hamjamiyatini **barqaror energiya manbalariga** o‘tishga undamoqda. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari – Quyosh, shamol, gidro, biyoenergiya va boshqalar – an’anaviy yoqilg‘ilarga nisbatan ancha toza hisoblanadi.

Quyosh energiyasi ushbu muqobil manbalar orasida alohida o‘rin tutadi, chunki Quyosh Yerga ulkan va tuganmas energiya oqimini uzatadi. Hozirgacha Quyosh energiyasidan foydalanishning ikkita asosiy yo‘nalishi rivojlangan:

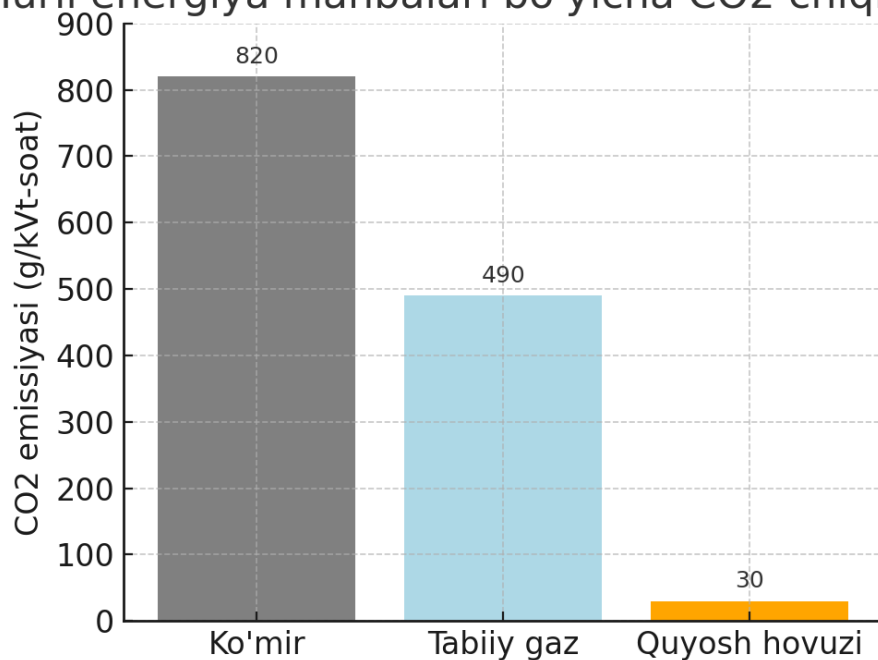
fotoelektrik panellar orqali elektr olish va quyosh issiqlik stansiyalari orqali issiqlikni to'plash (masalan, quyosh kollektorlari, konsentratorlari). **Quyosh hovuzlari** ham quyosh issiqlik energiyasidan foydalanish texnologiyasi bo'lib, u alohida qiziqish uyg'otadi – ayniqsa, ekologik jihatdan. Sababi, quyosh hovuzi ishlashi uchun faqat Quyosh nuri va tuzli suv kerak bo'ladi, yonilg'i yoqilmaydi. Bu esa, tabiiyki, atrof-muhitga zararli chiqindilar chiqarmaslik degani. Ushbu maqolada biz quyosh hovuzlarining ana shu **ekologik afzalliklarini** tahlil qilamiz. Dastavval, quyosh hovuzini ishlatish jarayonida nimalar sodir bo'lmashligini – masalan, havoga zaharli gazlar chiqmasligi, issiqxona effektiga sabab bo'ladigan CO₂ ajralmasligini – ilmiy ma'lumotlar asosida ko'rsatamiz. Keyin, quyosh hovuzlari yordamida an'anaviy energiya manbalariga nisbatan qanday ijobiy ekologik o'zgarishlarga erishish mumkinligini statistik ma'lumotlar yordamida ko'rib chiqamiz. Shuningdek, hovuzlarning barqaror energetika tizimidagi roli va ularning ayrim potensial ekologik cheklovlari ham muhokama qilinadi.

Quyosh hovuzlarining asosiy ekologik afzalliklari

Quyosh hovuzlarining eng katta ekologik afzalligi – **yoqilg'i yoqilmasligi**, ya'ni energiya olish jarayonida yonish reaksiyalari sodir bo'lmaydi. An'anaviy issiqlik elektr stansiyalarida ko'mir, neft mahsulotlari yoki gaz yoqilg'i sifatida ishlatilib, ulardan ajralgan issiqlik orqali energiya olinadi. Bunda katta miqdorda CO₂, azot oksidlari (NO_x), oltingugurt dioksidi (SO₂), qattiq zarrachalar (chang, kul) kabi moddalar atmosferaga chiqariladi. **Quyosh hovuzi** esa faqat Quyosh nuri hisobiga ishlaydi – suvni isitish uchun hech qanday yonilg'i yoqilmaydi. Demak, uning ekspluatatsiyasi davomida **atrof-muhitga biror zararli gaz ajralmaydi**. Bu jihat manbalarda alohida qayd etiladi: masalan, Britannica ensiklopediyasida "hovuz issiqlikni yoqilg'i yondirmay ta'minlagani tufayli havoning ifloslanishiga hissa qo'shmaydi" deb ta'kidlangan. Yuqoridagi fikrni raqamlar bilan yanada aniqroq

ifodalash uchun, quyosh hovuzi va an'anaviy elektr stansiyalarining **CO₂ chiqindilari solishtirmasiga** murojaat qilamiz. Hayotiy sikl tahlillariga ko'ra (butun qurilish va ishlatish davri hisobida), 1 kVt-soat elektr energiyasi ishlab chiqarilganda: ko'mir yoqilg'i stansiyasi o'rtacha ~820 gramm CO₂ gazini atmosferaga chiqaradi, tabiiy gaz stansiyasi ~490 g, aksincha quyosh issiqlik tizimlari atigi ~27 g CO₂ chiqindini keltirib chiqaradi. Quyosh hovuzi ham quyosh issiqlik texnologiyasiga mansub bo'lgani uchun uning uglerod izi shu ~20–30 g/kVt-soat atrofida yoki undan ham kam bo'lishi mumkin. Quyida keltirilgan grafik ko'mir, gaz va quyosh hovuzining uglerod chiqindilarini ko'rgazmali taqqoslaydi:

Turli energiya manbalari bo'yicha CO₂ chiqindilari



2-rasm. Turli energiya manbalarining o'rtacha CO₂ chiqindilari (hayotiy sikl bo'yicha). Ko'mir yoqilg'isi elektr stansiyasi har 1 kVt-soat energiya uchun ~820 g CO₂ ajratadi, tabiiy gaz stansiyasi ~490 g, quyosh hovuzi kabi quyosh issiqlik manbalari esa atigi ~30 g atrofida CO₂ chiqaradi. Bu ko'rsatkichlar quyosh hovuzlarining iqlim o'zgarishini sekinlatirishdagi ahamiyatini ko'rsatadi.

Yuqoridagi grafikdan ko‘rinib turibdiki, quyosh hovuzlari energiya ishlab chiqarishda **issiqxona gazlarini keskin kamaytiradi**. Agar an‘anaviy elektr stansiyasi quyosh hovuzi bilan almashtirilsa, atmosferaga chiqariladigan CO₂ miqdori 10–20 barobargacha kamayadi. Bu iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda ulkan ijobiy ta’sir bo‘lishi mumkin. Misol uchun, bir yilda 1 MVt quvvatli quyosh hovuzi elektr stansiyasi taxminan million kVt-soat (1 GVt-soat) energiya ishlab chiqarsa, u qo‘mir stansiyasiga nisbatan ~820 tonna, gaz stansiyasiga nisbatan ~460 tonna CO₂ kamroq chiqaradi (hisob-kitoblar hayotiy sikl ko‘rsatkichlariga asoslangan). Bu esa yuzlab gektar o‘rmonzorlarning bir yillik CO₂ singdirishiga teng raqamlar bo‘lishi mumkin (taqqoslash uchun: 1 gektar o‘rmon yiliga ~5–10 tonna CO₂ yutadi, deb olinsa, ~820 tonna CO₂ ni 80–160 gektar o‘rmon yutishi kerak bo‘lardi). Shunday qilib, quyosh hovuzi bitta loyihasining o‘zi har yili minglab daraxt ekish barobarida ijobiy samara berishi mumkin. Quyosh hovuzlarining ekologik afzalliklari faqat CO₂ bilan cheklanmaydi. Yoqilg‘i yoqilmasligi sababli havoga **oltingugurt, azot oksidlari, chang va boshqa ifloslantiruvchi moddalar chiqarilmaydi**. Shuning uchun quyosh hovuzi atrofidagi havo sifati yuqori bo‘lib qoladi – ya’ni, an‘anaviy issiqlik stansiyalariga xos tutun, smog, kislota yomg‘irlari kabi hodisalar bo‘lmaydi. Bu, ayniqsa, sog‘liq uchun muhim: havoning ifloslanishi o‘pka va yurak kasalliklarini keltirib chiqarishi ma’lum, quyosh hovuzi esa bunday xavflarni tug‘dirmaydi. Bundan tashqari, quyosh hovuzlarida energiya olish jarayoni **shovqinsiz** kechadi (faqat nasos va turbina bo‘lsa, ular ham juda baland shovqin chiqarmaydi). Hovuzning o‘zi tabiiy ko‘lga o‘xshash bo‘lib, agar to‘g‘ri boshqarilsa, atrof manzarasiga jiddiy zarar yetkazmaydi. Ba’zi holatlarda, hattoki, hovuz atrofida mikroiklim yumshashi ham mumkin – katta suv havzasi kunduzi atrofni salqinlatib, kechasi isitishi bilan ma’lum darajada mahalliy iqlimni tartibga soladi.

Quyosh hovuzlari orqali ayrim **chiqindilarni utilizatsiya qilish** ham mumkinligi yuqorida eslatib o‘tildi. Masalan, neft qazib olish jarayonida yoki dengiz suvidan tuz ishlab chiqarishda paydo bo‘ladigan chiqindi sho‘r suvni (brine) to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyosh hovuziga yo‘naltirish mumkin. Bu bilan, bir tomondan, mazkur sho‘r eritmani tabiatga tashlashdan saqlaniladi (aks holda u tuproq va suv havzalarini sho‘rlantirib zarar keltirishi mumkin edi), ikkinchi tomondan esa hovuz uchun kerakli yuqori konsentratsiyali tuzli suv tayyor holda olinadi. Xuddi shunday, dengiz suvi desalinizatsiyasi (chuchuk suv olish) loyihalarida chiqadigan juda sho‘r qoldiq eritma ham quyosh hovuzida “yo‘q qilinishi” mumkin – hovuz issiqlik manbai bo‘lish bilan birga bunday chiqindini yig‘adi va utilizatsiya qiladi. Bu yondashuv energiya va ekologiya muammolarini birgalikda hal qilishning samarali usuli bo‘lishi mumkin. Yana bir qiziq ekologik jihat – **barqarorlik va qayta tiklanuvchanlik**. Quyosh hovuzi ishlashi uchun zarur bo‘lgan asosiy resurs Quyosh nuri bo‘lib, u tuganmas manba sanaladi. Tuz va suv kabi komponentlar esa Yerdagi katta miqdorda mavjud va ularni qayta ishlatish mumkin. Bir marta qurilgan hovuz o‘nlab yil xizmat qilishi mumkin, bu davrda u an‘anaviy yoqilg‘ilarning yoqilishini va shu bilan bog‘liq qazib olish, tashish, qayta ishlash kabi ekologik xavfli jarayonlarni qisqartiradi. Masalan, bir hovuz yil davomida qancha ko‘mir yoqilishi oldini olsa, shuncha miqdorda ko‘mir konida yer qazilmagani, transportda yoqilg‘i sarflanmagani, elektr stansiyasida kuyma kul hosil bo‘lmagani demakdir. Quyosh hovuzlarining yuqoridagi afzalliklari ularni **barqaror energiya tizimining** muhim qismi qila oladi. Ayniqsa, uzoq va chekka hududlarda, elektr tarmoqlaridan olis joylashgan qishloqlarda quyosh hovuzi o‘z ekologik tozaligi bilan birga ijtimoiy foyda ham keltiradi – mahalliy aholiga energiya yetkazib berib, ularning hayot sifatini oshiradi (bunda ham atrof-muhit, ham iqtisod uchun foydali yechim bo‘ladi).

Atrof-muhitga ta’siri va mumkin bo‘lgan cheklovlar

Quyosh hovuzlarining ekologik foydalari bilan birga, ularning atrof-muhitga mumkin bo'lgan ta'sirini har tomonlama ko'rib chiqish lozim. Umuman olganda, quyosh hovuzi to'g'ri qurilib, boshqarilsa, uning salbiy ekologik ta'siri juda kichik. Biroq ba'zi omillar e'tiborga olinishi kerak:

- **Yer maydonidan foydalanish:** Quyosh hovuzi katta sathni egallaydi (odatda yuzlab, minglab kvadrat metr). Bu maydonda avval tabiiy ekotizim bo'lgan bo'lishi mumkin. Hovuz qurilishi uchun yer tayyorlashda o'simliklar qoplami olib tashlanadi, tuproq ishlariga ehtiyoj tug'iladi. Agar no'noq rejalashtirilsa, biologik xilma-xillikka ta'sir bo'lishi mumkin. Ammo amaliyotda hovuzlar odatda balandligi kam va sathi keng bo'lgan tekis yerlarda barpo etiladi, shuning uchun ular qushlar va boshqa hayvonlar uchun keskin to'siq yaratmaydi. Ba'zan hatto hovuz suvi ba'zi jonivorlarni (masalan, suv qushlarini) o'ziga jalb etishi mumkin – lekin suvning yuqori qatlami kam sho'rlangan bo'lsa ham, unda biologik hayot cheklangan bo'ladi.
- **Suv va sho'rlanish muammosi:** Quyosh hovuzi ishlashi uchun chuchuk suv va tuz resurslari kerak bo'ladi. Bir martalik tuz yuklamasi (masalan, bir necha ming tonnagacha tuz) hovuzni ishga tushirishga ketadi. Keyinchalik tuzning ko'pi hovuzda aylanib yuradi, faqat bir qismi diffuziya orqali yuqoriga chiqib ketadi. Yuqori qatlamdan chiqarib tashlanadigan sho'r suv yana qayta tuzlanib, hovuzga qaytarilishi yoki boshqa joyda foydalanilishi mumkin, lekin baribir vaqt o'tishi bilan ma'lum miqdorda tuz yo'qolib boradi va uni to'ldirishga to'g'ri keladi. Agar bu jarayon nazorat qilinmasa, hovuz atrofi tuprog'ining sho'rlanishi xavfi paydo bo'lishi mumkin (masalan, oqib chiqqan sho'r suv yer osti suvlariga singishi). Shuning uchun zamonaviy hovuzlarda asosiy e'tibor – germetik qoplama va drenaj tizimiga qaratiladi. Masalan, hovuz tubiga va yon devorlariga geomembranalar yotqizib, suvning

sizib chiqishi oldi olinadi. Bundan tashqari, sayoz turdagi hovuzlar yoki gel-hovuzlarda tuz umuman ishlatilmagani sabab, bunday xavf yo‘q.

- **Bug‘lanish va suv iste‘moli:** Quyosh hovuzi ochiq inshoot bo‘lgani sababli, uning yuqori qatlamidan suv bug‘lanadi (ayniqsa, issiq va quruq iqlimda). Bug‘lanish natijasida yuqori qatlam sho‘rlanishi mumkin, bu esa hushyorlikni talab qiladi – doimiy chuchuk suv qo‘shib turish lozim bo‘ladi. Bug‘lanish orqali hovuz atrofidagi namlik biroz oshishi mumkin, lekin bu ko‘pincha salbiy emas, aksincha, quruq hududda mikroiqlimga ijobiy ta’sir ham berishi mumkin. Suv iste‘moli masalasiga kelsak, ha, hovuz bug‘lanma orqali ma’lum miqdorda suv yo‘qotadi, lekin bu miqdor xuddi shu hududda dehqonchilik uchun yoki boshqa yo‘l bilan ishlatiladigan suvdan kamroq bo‘lishi mumkin. Qolaversa, bugungi kunda hovuz yuzasiga suzuvchi qopqoqlar, maxsus qoplamalar qo‘yish orqali bug‘lanishni keskin kamaytirish texnologiyalari ishlab chiqilmoqda.
- **Estetik va ijtimoiy omillar:** Ba’zi tanqidiy nuqtai nazarga ko‘ra, quyosh hovuzlari landshaft ko‘rinishini biroz buzishi mumkin yoki suv yuzasidagi sho‘rlanish tufayli yoqimsiz ko‘rinish hosil bo‘lishi mumkin. Ammo bu muammo hali jiddiy darajada emas – masalan, quyosh panellaridan farqli o‘laroq, hovuzlar yorqin nur qaytarmaydi yoki osmonda aks etmaydi. Shuningdek, hovuz atrofini ko‘kalamzorlashtirish va rekreatsion zona sifatida tashkil etish ham mumkin. Mahalliy jamoalar bilan ishlaganda, ularga quyosh hovuzining foydalari tushuntirilsa va hovuzdan olinadigan issiqlikdan ular foydalanishi ta’minlansa, odatda ijtimoiy qabul qilish darajasi yuqori bo‘ladi.

Xulosa qilib aytganda, to‘g‘ri boshqariladigan quyosh hovuzi ekologik xavfsiz inshootdir. Uning salbiy ta’sirlari minimal va ularni texnik choralar bilan bartaraf etish mumkin. Eng muhimi, quyosh hovuzi o‘z faoliyati davomida an’anaviy

energiya manbalariga nisbatan atrof-muhitga **kamroq zarar yetkazadi**, balki foyda keltiradi ham.

Barqaror energiya ishlab chiqarishdagi roli

Barqaror energiya ishlab chiqarish deganda, hozirgi ehtiyojlarni qondirar ekan, kelajak avlodlarning ham ehtiyojlarini xavf ostiga qo‘ymaydigan, ekologik va iqtisodiy jihatdan uzviy energiya tizimini yaratish tushuniladi. Quyosh hovuzlari ana shu maqsadga erishishda o‘ziga xos rol o‘ynashi mumkin.

Birinchidan, quyosh hovuzi – bu **quyosh energiyasini saqlash uskunasi**. Kunduzi Quyosh nuri intensiv bo‘lsa-da, kechasi yoki bulutli havoda u yetarli bo‘lmaydi. Ko‘plab qayta tiklanuvchi manbalarning kamchiligi – uzluksiz emasligi. Quyosh hovuzi esa ichki issiqlik akkumulyatori tufayli tunu kun ishlay oladi. Masalan, kun davomida hovuzda issiqlik yig‘iladi, kechasi undan foydalanib binolarni isitishda yoki elektr generatsiyasini davom ettirishda foydalanish mumkin. Bu xususiyat quyosh hovuzlarini barqaror energiya tizimining “oralik akkumulyatori” sifatida qadrlash imkonini beradi. Ikkinchidan, quyosh hovuzlari boshqa energiya manbalari bilan **integratsiya** qilinib, gibrid tizimlar yaratishi mumkin. Masalan, shamol energiyasi va quyosh hovuzi birlashtirilsa, shamolli kunda ishlab chiqarilgan elektr ortig‘i bilan hovuzdagi nasos va uskunalarni ishlatib issiqlik zaxirasi ko‘paytiriladi; shamol bo‘lmagan paytda esa hovuz issiqligidan foydalangan holda energetik balans saqlanadi. Yoki quyosh PV panellar va hovuzni birga qo‘llab, kunduzi PV elektr, kechasi hovuz issiqligidan ORC orqali elektr olish mumkin – bu holda kechayu kunduz toza energiya uzluksizligi ta’minlanadi.

Uchinchidan, quyosh hovuzi **mahalliy resurslardan foydalanadi**. Agar u qurg‘oqchil, deyarli xo‘jalikda ishlatilmaydigan sho‘rxok yerda qurilsa, bu yer ham

ishga solingan bo‘ladi. Ko‘pincha bunday joylarda sho‘r yer va suv yaroqsiz bo‘lib yotadi – hovuz esa buni boylikka aylantiradi. Mahalliy tuz konlari yoki dengiz suvi manbalari bo‘lsa, ular hovuz uchun xom-ashyo bo‘ladi. Energiya ishlab chiqarish jarayoni markazlashmagan bo‘lib, aholiga yaqindan xizmat qiladi (masalan, qishloq xo‘jaligi korxonasi o‘z hovuzidan issiqlik olib, o‘g‘it quritadi yoki ferma o‘zi issiqlik va elektrni ta‘minlab oladi). Bu tarqoq va mustaqil energiya manbalari tizimi barqaror energetikaning muhim tamoyillaridan biridir. Ta’kidlash lozimki, quyosh hovuzlari an’anaviy energiya manbalarini to‘liq almashtira olmasligi mumkin – ayniqsa, yirik sanoat yoki shahar miqyosida. Biroq, ular **muqobil qo‘shimcha manba** sifatida katta rol o‘ynashi mumkin. Masalan, biror sanoat korxonasi o‘zining qozonxonasini hovuz issiqligi bilan qisman ta‘minlasa, shuncha yoqilg‘i ekonomiya qiladi va chiqindilarini kamaytiradi. Yoki issiq iqlimli hududda issiqlik ta‘minoti uchun (masalan, qishloq xo‘jalik issiqxonalari) hovuzlardan foydalansa, bu issiqlik uchun yoqilg‘i yoqishni yo‘qqa chiqarmaydi, natijada mahalliy havoni toza saqlaydi.

Barqarorlik nuqtai nazaridan, quyosh hovuzlarini joriy etish mahalliy darajada iqtisodiy mustaqillikka ham xizmat qiladi – tashqi yoqilg‘i ta‘minotiga qaramlikni kamaytiradi. Ayniqsa, energiya uchun ko‘mir yoki neft import qiladigan davlatlarda mahalliy quyosh hovuzlari qurilishi import o‘rnini bosishi, valyuta tejalishiga ham olib kelishi mumkin. Bu jihatlar, garchi bevosita ekologik bo‘lmasa-da, barqaror rivojlanishning iqtisodiy va ijtimoiy ustunliklariga kiradi.

An’anaviy energiya manbalari bilan taqqoslash

Quyosh hovuzlarining ekologik afzalliklarini yanada aniqroq anglash uchun ularni an’anaviy energiya manbalari – eng avvalo, fosil yoqilg‘i elektr stansiyalari bilan solishtirib ko‘ramiz.

- **Havoga chiqindilar:** Yuqorida keltirildi – quyosh hovuzi amalda nol darajada operatsion emissiyaga ega (faqat qurilish jarayonidagi bir martalik emissiyalarni inobatga olish mumkin). Ko‘mir elektr stansiyasi esa 1 kVt-soat energiya uchun ~ 820 g CO₂ chiqaradi va SO₂, NO_x kabi ifloslantiruvchilar ham tarqatadi. Tabiiy gaz stansiyasi toza yoqilg‘i sanalsa-da, u ham 2 barobar kam bo‘lsa-da CO₂ chiqaradi (~ 400 – 500 g/kVt-soat). Bundan tashqari, gaz yoqilg‘isida ham metan sizib chiqishi kabi muammolar bor. Xulosa – emissiya bo‘yicha quyosh hovuzi mutlaq ustun. Hatto boshqa qayta tiklanuvchi manbalar bilan qiyoslaganda ham (quyosh PV ~ 50 g/kVt-soat, shamol ~ 10 g/kVt-soat) quyosh hovuzi yaxshi natijada.
- **Yer va resurslardan foydalanish:** 1 MVt quvvat ishlab chiqarish uchun quyosh hovuzi ancha katta yer maydoni talab etadi – masalan, 1 MVt issiqlik olish uchun ~ 5000 – 10000 m² (0.5–1 gektar) hovuz kerak bo‘lishi mumkin, bu esa xuddi shu quvvatli ko‘mir stansiyasining binosiga qaraganda kattaroq. Lekin, bu yer tabiiy ravishda “toza” qoladi – ya’ni, kimyoviy chiqindilar bilan ifloslanmaydi, yer osti suvlari zaharlanmaydi. Ko‘mir konlari esa yer yuzini degradatsiyaga uchratadi, neft qazish jarayoni dengiz va quruqlikda avariylar xavfini tug‘diradi. Quyosh hovuzi esa qurilgan yerining atrofidagini ham asosan xotirjam qoldiradi (faqat joyning o‘zi suv ostida qoladi). Agar imkon bo‘lsa, hovuzlar aholi zich joylashmagan, ekologik hissi past bo‘lgan sho‘rxok yerlarda qurilsa, yer resursidan foydalanish masalasi ham optimallashtiriladi.
- **Suv sarfi va ifloslanishi:** Ko‘mir va atom elektr stansiyalari odatda sovutish uchun juda ko‘p suv sarflaydi (katta issiqlik elektr stansiyalari daryodan soatiga minglab kubometr suv olib, uni yana qaytaradi, bunda suvning harorati va sifati o‘zgaradi). Quyosh hovuzi ham, aytganimizdek, bug‘lanish orqali suv yo‘qotadi, lekin bu yo‘qotish miqyosi an’anaviy stansiyalar suv

sarfidan ancha kam. Shuningdek, fosil yoqilg'i stansiyalarida oltingugurt, metallardan iborat chiqindilar tuproq va suvga tushishi mumkin; quyosh hovuzlari esa atrofdagi tuproq va suvga zaharli moddalar chiqarmaydi (faqat sho'r suv bilan ehtiyot bo'lish kerak, u ham toza tuz, kimyoviy zaharliligiga ega emas). Demak, suv resurslarini asrash nuqtai nazaridan ham hovuzlar foydali – ular suvni isitishi mumkin, lekin iflos qilmaydi, qayta ishlash mumkin bo'lgan holatda ushlab turadi.

- **Hayot sikli va chiqindilar:** Fosil yoqilg'i energiyasining hayot sikli (quvur tortish, shaxtalar, tashish, yoqish, kulni ko'mish va hokazo) davomida turli qattiq va suyuq chiqindilar hosil bo'ladi. Masalan, ko'mir yoqqanda tonnalab kul chiqadi – uni poligonlarga ko'mish kerak, ba'zan shu kul zaharli elementlar (simob, arsen) tutadi. Quyosh hovuzining hayot siklidagi asosiy chiqindi – bu hovuzni yillar o'tgach yopish kerak bo'lsa, suvidagi tuz qoladi. Tuz esa moddiy boylik – uni yana boshqa hovuzga yoki sanoatga ishlatish, bo'lmasa, xavfsiz zaxiralash mumkin. Polimer qoplamalar (geomembranalar) xizmat muddati tugasa, ularni chiqitga chiqarish kerak bo'ladi, lekin ular nisbatan inert material (masalan, HDPE) bo'lib, xavfli chiqindi emas. Demak, uzoq muddatda ham hovuzlarning ekologik izlari ancha kichik bo'ladi.
- **Iqlimga lokal ta'sir:** Yirik issiqlik elektr stansiyalari atrofida issiq suv oqizilishi yoki issiq tutun chiqarilishi tufayli mahalliy mikroiklim o'zgarishi mumkin (masalan, bug' tufayli tuman tushishi yoki havo harorati ko'tarilishi). Quyosh hovuzlari esa aksincha, issiqlikni yoymasdan o'zida to'playdi, balki bug' tufayli bir oz namlik oshirishi mumkin. Bu lokal darajada salbiy ta'sir emas, aksincha, quruq hududlarda foydali bo'lishi mumkin. Ammo katta-katta ko'llar qurilgandagi kabi effektlar bu yerda kuzatilmaydi, chunki hovuzlar unchalik chuqur emas va ularning suvi sho'r bo'lgani tufayli bug'lanish ham tabiiy ko'lga qaraganda kamroq sodir bo'ladi.

Yuqoridagi taqqoslashlardan xulosa shuki, **quyosh hovuzi ekologik jihatdan an'anaviy energiya manbalaridan ancha ustun**: havoni ifloslantirmaydi, issiqxona gazlarini deyarli chiqarmaydi, chiqindilari minimal va xavfsiz, resurslardan foydalanishi oqilona. Albatta, quyosh hovuzi hamma joyda ham qo'llash mumkin bo'lgan sehrli yechim emas – uni joriy etish uchun mos iqlim (quyoshli kunlar ko'pligi), yer maydoni va suv-tuz resurslari lozim bo'ladi. Lekin sharoit bor joylarda, ayniqsa, iqlim o'zgarishiga qarshi kurashda, quyosh hovuzlari salmoqli o'rin egallashi mumkin. Quyosh hovuzlari bilan bog'liq yirik loyihalar (Isroil, Hindiston tajribalari) ko'rsatdiki, ular yillik minglab barrel neft yoki tonnalab ko'mir yoqilishini oldini olgan – bu esa atrof-muhitga shuncha yuk kam tushdi deganidir.

CO₂ emissiyalarini kamaytirish va iqlim o'zgarishini sekinlatirish

Quyosh hovuzlarining iqlimga ta'sirini alohida ta'kidlash zarur. Hozirgi kunda CO₂ emissiyalarini kamaytirish bo'yicha xalqaro bitimlar va maqsadlar qabul qilingan (masalan, Parij bitimi bo'yicha harorat o'sishini 2 °C dan pastroqda ushlab qolish). Bu maqsadlarga erishish uchun barcha mamlakatlar energetika tizimini karbonatsizlantirishi lozim. Quyosh hovuzlari bu borada qanday rol o'ynashi mumkin?

Birinchidan, ular issiqlik energiyasini dekarbonizatsiya qilishga yordam beradi. Ko'p sohalarda biz ko'p e'tiborni elektr energetikasiga qaratamiz, lekin sanoat va isitish sektorida ham juda katta issiqlik talabi bor va u asosan gaz/ko'mir yoqish hisobiga qondiriladi. Masalan, oziq-ovqat sanoatida, kimyo sanoatida past va o'rta temperaturani bug' bilan ta'minlash uchun ko'p miqdorda tabiiy gaz yoqiladi. Agar shunday jarayonlarning bir qismiga quyosh hovuzi issiqligini jalb qilsak, ancha CO₂ tejaymiz. Xususan, 1 GJ (~278 kVt-soat) issiqlikni gazdan olish ~50 kg CO₂

chiqaradi, shu issiqlikni quyosh hovuzi bersa – deyarli 0 kg. Agar yiliga 10 000 GJ issiqlik (bu kichik zavod darajasi) quyosh hovuzidan ta'minlansa, ~500 tonna CO₂ chiqmasdan qoladi. Ikkinchidan, elektr energiyasini ishlab chiqarishda quyosh hovuzlari boshqa qayta tiklanuvchi manbalarni to'ldiradi va qo'llab-quvvatlaydi. Bu bilvosita CO₂ kamaytirishga hissa qo'shadi, chunki tarmoq barqaror bo'lsa, qo'shimcha rezerva sifatida ko'mir/gaz yoqishga zarurat qolmaydi. Masalan, agar bir hudud 100% quyosh va shamolga o'tmoqchi bo'lsa, kechasi va sokin havoda elektr yetishmasligi xavfi bor. Buni yengish uchun ko'pincha gaz turbinalari rezervga qo'yiladi (demak, ba'zan gaz yoqiladi). Lekin agar quyosh hovuzlari issiqlik saqlagichi va elektr generatori sifatida shu sistemaga integratsiyalashsa, fossildan foydalanish ehtiyoji yana ham kamayadi. Quyosh hovuzlarining keng joriy etilishi albatta qator omillarga bog'liq – iqtisodiy samaradorlik, texnologik mukammallik, joyning mavjudligi. Lekin ekologik nuqtai nazardan qaraganda, imkon bor joyda har bir o'rnatilgan quyosh hovuzi global isinishga qarshi kichik bo'lsa-da ijobiy hissa qo'shadi. Bu hissa ko'plab boshqa chora-tadbirlarga nisbatan arzonroq va qulayroq kechishi ham mumkin. Misol uchun, CO₂ ni tutib qolish va saqlash (CCS) texnologiyalari yoqilg'i stansiyalarida qo'llansa, ularning tannarxini oshiradi va murakkab inshootlar kerak; quyosh hovuzi esa oddiyroq yechim bo'lib, CO₂ chiqishini tabiiy ravishda oldini oladi. Yana bir misol: agar bir mamlakat (aytaylik, cho'l zonalariga ega davlat) yirik quyosh hovuzlari parkini barpo etsa, u yiliga millionlab tonna CO₂ ning oldini olishi mumkin. Bu nafaqat iqlim majburiyatlarini bajarishga yordam beradi, balki xalqaro miqyosda uglerod kreditlari yoki kvotalar savdosida foyda keltirishi ham mumkin. Ya'ni, quyosh hovuzi qurish orqali emissiyani kamaytirgan taraf ushbu kamaytirish miqdorini sertifikat sifatida sotishi va iqtisodiy foyda olishi mumkin – bunday mexanizmlar (CDM va boshqalar) hozirda mavjud. Shuni ham aytish kerakki, quyosh hovuzlari iqlim o'zgarishiga moslashishda ham xizmat qilishi mumkin. Misol uchun, iqlim

isishi tufayli suv tanqis hududlarda desalinizatsiya (sho‘r suvni toza suvga aylantirish) talabining oshishi kutilmoqda – buning uchun issiqlik kerak bo‘ladi. Agar bu issiqlikni quyosh hovuzidan olsak, biz qo‘shimcha CO₂ chiqarmagan holda iqlim o‘zgarishining bir oqibatini yengillatasiz (ya’ni, odamlarni suv bilan ta’minlaysiz). Yoki issiqroq bo‘lib borayotgan hududlarda elektr ta’minotiga tushadigan yuklama (konditsionerlar sabab) oshmoqda – quyosh hovuzi bilan ishlaydigan sovutish tizimlari bu yuklamani pasaytirib, bevosita quyosh issiqligini sovutishga sarflashi mumkin. Bularning hammasi murakkab bog‘liq jarayonlar, ammo tag ma’nosi bir: quyosh hovuzi – iqlim inqiroziga sabab bo‘lmaydigan, aksincha, uning yechimiga xizmat qiladigan texnologiyadir. Quyosh hovuzlari – ekologik toza va barqaror energiya manbai sifatida katta potensialga ega texnologiya. Ushbu maqolada tahlil qilinganidek, quyosh hovuzining ishlashi natijasida havoga zararli gazlar va CO₂ chiqindilari deyarli chiqarilmaydi, bu esa an’anaviy fosil yoqilg‘i manbalari bilan solishtirganda ulkan afzallikdir. Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, quyosh hovuzi orqali olingan har bir kilovatt-soat energiya atmosferaga chiqariladigan issiqxona gazlarini o‘nlab barobar kamaytiradi. Bu jihatdan quyosh hovuzlari iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda samarali vosita bo‘la oladi.

Bundan tashqari, quyosh hovuzlari lokal atrof-muhitga minimal salbiy ta’sir ko‘rsatadi: havoni ifloslantirmaydi, suv resurslarini zaharlamaydi, shovqin chiqarmaydi. Aksincha, ular ayrim chiqindilarni (masalan, sho‘r eritmalarni) o‘ziga qabul qilib, ularni foydali energiya olishda ishlata oladi. Shu sababli quyosh hovuzlarini “yashil” texnologiya deb atash mumkin. Ular qayta tiklanuvchi va mahalliy resurslardan foydalangan holda energiya ta’minoti masalasini hal qiladi, bu esa energetik mustaqillik va barqarorlikni oshiradi. Albatta, quyosh hovuzlarini hamma joyda qo‘llash mumkin emas – ularning samaradorligi quyoshli kunlar soni

ko‘p bo‘lgan, keng maydonli hududlarda yuqori bo‘ladi. Lekin shunday hududlar dunyoda ko‘p (Markaziy Osiyoda ham shunday cho‘l zonalari mavjud). Kelajakda texnologiyaning takomillashuvi bilan, masalan, gel-hovuzlar yoki muvozanatli hovuzlar joriy etilishi bilan, quyosh hovuzlarining ekologik va iqtisodiy jihatlari yana-da jozibador bo‘lib boradi. Maqolada keltirilgan ma’lumotlar asosida xulosa qilish mumkinki, quyosh hovuzlari **barqaror energiya kelajagining muhim bo‘lagi** bo‘lishi mumkin. Ular an’anaviy energiya manbalariga nisbatan atrof-muhitga ancha kam zarar yetkazadi va shu bilan birga, insoniyatning energiyaga bo‘lgan talabini qondira oladi. Agar global miqyosda karbon neytrallikka erishish yo‘lida har bir imkoniyatdan foydalanish kerak bo‘lsa, quyosh hovuzlari shubhasiz ana shunday imkoniyatlardan biridir. Zero, “quyosh” va “suv” – tabiatning eng sof ne’matlari – uyg‘unligidan yaratilgan ushbu texnologiya Yer sayyorasining musaffo qolishiga va energetik farovonligiga xizmat qilishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Britannica Ensiklopediyasi: **“Solar pond”**.
2. IPCC (2014) ma’lumotlari – Life-cycle GHG emissions jadvali.
3. Mbelu va boshq. (2024): **“Advances in solar pond technology...”**
4. Energy Education: **“Solar pond”**.
5. Capella Energy (2021): **“A Quick Dip in a Solar Pond.**
6. Owusu & Asumadu-Sarkodie **“A review of renewable energy sources...”**.
7. Beard, J. Taylor; Iachetta, F. A. and Lilleleht, L. U. and Storage of Solar Energy for the Heating of Buildings." ginia, Report No. UVA/532142/MAE78/102, September 1978. "Annual Collection University of Vir
8. Brown, K. Golden, CO: C.; et al. End-Use Matching for Solar Industrial Process Heat. Solar Energy Research Institute;

9. Casamajor, A. B. and Parsons, R. E. "Design Guide for Shallow Solar Ponds." Lawrence Livermore Laboratory, UCRL-52385 Rev
10. Dickinson, W. C.; Clark, A. F.; Day, J. A. and Wouters, L. F. "The Shallow Solar Pond Energy Conversion System." Solar Energy, Vol. 18, pp. 3-10