



## QUYOSH HOVUZLARIDAN FOYDALANIB ELEKTR VA ISSIQLIK ENERGIYASI ISHLAB CHIQRISHNING TEXNIK JIHLTLARI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15493849>

Musurmonov Sardor O'ktam o'g'li  
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti  
Abdurahmonova Farangiz Shavkat qizi.  
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada quyosh hovuzlari yordamida issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarishning texnik jihatlari keng yoritiladi. Quyosh hovuzlarining ishlash printsiplari – tuzli suv qatlamlari orqali Quyosh energiyasini yutish va saqlash – batafsil tushuntiriladi. Shuningdek, quyosh hovuzlarining turlari (sho'rlanish gradientli hovuzlar, sayoz hovuzlar, gel-hovuzlar, muvozanatli hovuzlar) va ularning har birining xususiyatlari ko'rib chiqiladi. Maqolada issiqlik uzatish mexanizmlari va hovuzda olingan issiqlikni foydali energiyaga aylantirish usullari (masalan, organik Rankin aylanishi orqali elektr energiyasi olish) bayon qilinadi. Texnologik yechimlar – masalan, bug'lanishni kamaytirish, tuz balansini saqlash, issiqlikni samarali chiqarib olish kabi masalalar – muhokama qilinadi.

Keltirilgan diagramma va grafikalar quyosh hovuzining qatlamlari, harorat taqsimoti va energiya uzatish jarayonlarini ko'rgazmali tarzda aks ettiradi. Maqola oxirida xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati keltirilgan.

***Kalit so'zlar:** Sho'rlanish gradienti, Organik Rankin aylanishi (ORC), Qayta tiklanuvchi energiya, Energiyani saqlash tizimi, Quyosh issiqlik texnologiyasi, Tabiiy konveksiya*

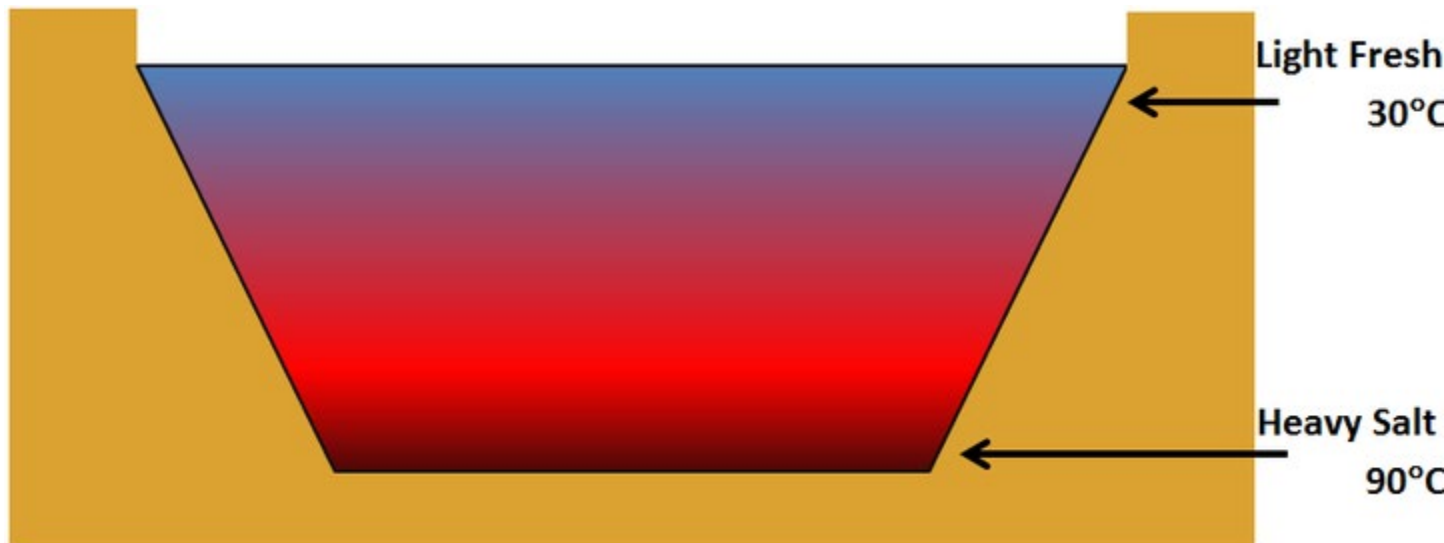
**Masalaning qo'yilishi :** Bugungi kunda energiyaga bo'lgan talab ortib borayotgan bir paytda, qayta tiklanuvchi manbalarga asoslangan energiya ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirish zarurati keskin ortmoqda. An'anaviy energiya manbalari ekologik xavf tug'diradi va cheklangan resurslarga asoslanadi. Quyosh hovuzlari – Quyosh energiyasini to'plash, saqlash va undan issiqlik hamda elektr energiyasi olishning muqobil usuli sifatida ilgari surilmoqda. Biroq, ushbu tizimlarning samarali ishlashi uchun ularning texnik xususiyatlari, konstruktiv yechimlari va energiyani uzatish mexanizmlarini chuqur o'rganish talab etiladi. Mazkur maqolada ushbu texnologiyaning asosiy tamoyillari, ishlash mexanizmi, konstruktiv variantlari va texnik imkoniyatlari tahlil qilinadi. Quyosh energiyasidan foydalanish texnologiyalari orasida quyosh fotoelektr stansiyalari keng tarqalgan bo'lsa-da, quyosh issiqlik energiyasini to'plash va uni saqlashning o'ziga xos usuli bo'lgan **quyosh hovuzlari** ham ilmiy-amaliy qiziqish uyg'otmoqda. Quyosh hovuzi – bu maxsus tuzli suv havzasi bo'lib, u Quyosh nurlarini yutib, issiqlik ko'rinishida katta miqdordagi energiyani saqlashi mumkin. Ilk tajribalar XX asrning o'rtalarida boshlangan ushbu texnologiya, ayniqsa issiq iqlimli va keng yer maydonlariga ega hududlarda, issiqlik va hatto elektr energiyasini ishlab chiqarishda qo'llanilishi mumkin. Quyosh hovuzlarining afzalligi shundaki, ular integrallashgan issiqlik akkumulyatori sifatida yil bo'yi, kunu-tun barqaror energiya bera oladi. Bu jihat an'anaviy quyosh kollektorlaridan ustunlik bo'lib, quyosh nuri yo'q vaqtlarda ham

to'plangan energiya hisobidan tizim ishlayveradi. Bunday hovuzlardan olingan issiqlik bevosita binolarni isitish, sanoat jarayonlarida qo'llash yoki issiqlik dvigatellari orqali elektr energiyasiga aylantirish mumkin. Maqolaning ushbu qismida biz quyosh hovuzlarining ishlash tamoyillari va ularning texnik xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

## **Quyosh hovuzlarining ishlash printsiipi**

Quyosh hovuzining ishlashi suvning zichligi va sho'rlanishiga oid fizik qonuniyatlarga asoslanadi. Oddiy sharoitda Quyosh nurlari suv havzasini isitadi va iliq suv yuqoriga ko'tariladi – bunda konveksiya tufayli issiqlik atrof-muhitga tarqalib, suv harorati ko'p oshmaydi. **Quyosh hovuzi** esa bunday konvektiv issiqlik yo'qotilishini maxsus **tuz konsentratsiyasi gradienti** yordamida bartaraf etadi. Hovuzning pastki qismida tuz miqdori juda yuqori (masalan, 20–30% gacha) bo'ladi, yuqoriga qarab esa suv tobora chuchukroq bo'lib boradi. Natijada zichligi yuqori bo'lgan issiq, sho'r suv pastda, zichligi pastroq bo'lgan salqin suv yuqorida joylashadi. Bu tabaqalanish suyuqliklarda odatdagi konveksiya jarayonini to'xtatadi: pastda isitilgan suv yuqoriga ko'tarila olmaydi, chunki uning ustida undan yengilroq (kam tuzli va salqin) suv qatlami yotadi. Quyosh nurlari hovuz tubigacha yetib borib, pastki qatlamni isitadi. Hosil bo'lgan issiqlik yuqoriga konveksiya yo'li bilan chiqib keta olmagani sababli, pastki **issiqlik saqlash zonasida** harorat asta-sekin ancha yuqori qiymatlarga ko'tariladi. Amaliy tajribalar shuni ko'rsatadiki, hovuz tubidagi suv harorati taxminan 80–90 °C gacha yetishi mumkin. Yuqori qatlam (odatda 0,5–1 m qalinlikda) esa deyarli tuzsiz chuchuk suvdan iborat bo'lib, u atrof-muhit bilan erkin issiqlik almashadi va nisbatan salqin holda qoladi (odatda ~30 °C atrofida). Shu tariqa yuqori qatlam bir turdagi **issiqlik izolyatori (isolyancha)** vazifasini bajaradi – go'yo issiq suv ustiga “ko'rpa” yopilgandek, issiqlikni pastki qavatda ushlab turadi. Pastki va yuqori qatlam

oʻrtasida esa **gradient qatlam** – shoʻrlanish darajasi tiklanib boruvchi oraliq zona mavjud. Bu qatlamda shoʻrlik yuqoriga qarab kamayib boradi va shu tufayli unda keskin konveksiya hodisasi yuz bermaydi. Quyosh hovuzining qatlamli tuzilishi quyidagi rasmda sxematik tarzda koʻrsatilgan. Hovuz tubidagi (3) quyi qatlam eng shoʻr va issiq boʻlib, issiqlik ombori vazifasini bajaradi. Uning ustida (2) gradient zona boʻlib, shoʻrlik va harorat shu qatlamda vertikal boʻylab oʻzgaradi. Eng ustki qavat esa (1) chuchuk suvli yuqori konvektiv qatlam boʻlib, u havoga ochiq, nisbatan salqin turadi va hovuzni barqarorlashtiradi.



*1-rasm. Shoʻrlanish gradientiga ega quyosh hovuzi tuzilishi sxemasi: yuqori qavat – yengil va salqin chuchuk suv (~30 °C), pastki qavat – ogʻir va issiq shoʻr suv (~90 °C). Oraliq gradient qatlamda shoʻrlanish va harorat pastdan yuqoriga kamayib boradi.*

Yuqoridagi printsip tufayli quyosh hovuzi Quyoshdan kelayotgan issiqlik energiyasini katta hajmdagi suvda “qoʻrgʻonlab” saqlashi mumkin. Bunday hovuzdan issiqlikni olish uchun maxsus usullar qoʻllanadi – maqolaning keyingi

qismida bu haqida batafsil so‘z yuritiladi. Muhimi shuki, hovuz barqaror ishlashi uchun uning yuqori qatlamini doimo salqin va kam sho‘r holda saqlash lozim. Amaliy jihatdan bu quyidagicha ta‘minlanadi: hovuz yuzasidan bug‘lanib yo‘qolgan chuchuk suv o‘rnini to‘ldirib borish, shuningdek, vaqt o‘tishi bilan pastdan yuqoriga diffuziya bo‘lib chiqayotgan tuzlarni yuqori qatlamdan chiqarib tashlash uchun vaqti-vaqti bilan hovuzning ustki qismiga chuchuk suv qo‘shib, ortiqcha sho‘r eritmani yuqoridan chiqarib tashlab turish talab etiladi. Shu tariqa, hovuz qatlamlarining sho‘rlanish gradienti uzluksiz nazorat va servis yordamida saqlanadi. Toza va tiniq suvdan foydalanish ham muhim – suv loyqa bo‘lsa, Quyosh nurlari chuqur qatlamlargacha o‘tmaydi.

Quyosh hovuzining ishlash tamoyili termodinamik jihatdan qiziqarli: pastki qatlamda suyuqlik yuqori haroratga qadar qiziydi, lekin yuqoriga qarab kengayib chiqolmaydi. Natijada, pastda to‘plangan ichki energiya zichroq suyuqlik qavatida “tuzoqda” qoladi va issiqlik zichligi juda yuqori bo‘lgan muhit hosil bo‘ladi. Masalan, diametri 30 m, chuqurligi ~3 m bo‘lgan hovuzda (bunday o‘lchamdagi hovuz kichik bir uylar guruhini isitish uchun yetarli deb qaraladi) yoz oylarida pastki qatlam harorati 80 °C dan oshishi, qishda esa ham ~40 °C atrofida ushlab turilishi mumkinligi modellashtirilgan. Quyosh hovuzidagi bunday harorat miqdori ko‘plab qo‘llanmalar uchun yetarli issiqlik manbai bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Hatto ~80–90 °C haroratdagi suvdan foydalanib, **organik Rankin aylanishi (ORC)** turbinasi orqali elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoni mavjudligi tajribada tasdiqlangan – bunday past qaynash haroratiga ega ishchi suyuqlikka ega texnologiya quyosh hovuzlari bilan muvaffaqiyatli juftlashtirilgan .

Quyosh hovuzlarining samarali ishlashi uchun ularni qurishda bir qator texnik omillarga e‘tibor beriladi: hovuz tubiga qoramtir, quyosh nurlari yaxshi yutiladigan qoplama (lining) yotqiziladi; hovuz atrofi shamoldan himoyalaniishi (yoki yuzasida

maxsus plyonka bilan qoplash) bug‘lanma va aralashishni kamaytiradi; hovuz joylashuvi ochiq quyoshli maydonda tanlanadi va hokazo. Keling, endi quyosh hovuzlarining mavjud turlarini va ularning har biridagi texnologik yechimlarni ko‘rib chiqamiz.

## **Quyosh hovuzlarining turlari va texnologik yechimlari**

Ilmiy manbalarda quyosh hovuzlari to‘rtta asosiy turga bo‘linadi: **sho‘rlanish gradientli quyosh hovuzi, sayoz quyosh hovuzi, gel (jel) quyosh hovuzi va muvozanatli quyosh hovuzi**. Ularning barchasi umumiy printsiptir – Quyosh energiyasini issiqlik ko‘rinishida suvda saqlash – asosida ishlaydi, lekin konstruksiyadagi ayrim farqlar tufayli har bir turning o‘ziga xos afzallik va kamchiliklari bor.

- **Sho‘rlanish gradientli quyosh hovuzi (SGSP)**. Bu eng keng o‘rganilgan va tajribada sinovdan o‘tgan turidir. Yuqorida bayon etilganidek, hovuzning pastdan yuqoriga sho‘rlanishi kamayib boradigan qatlamlangan tuzilishi issiqlikni pastki qatlamda ushlab qoladi. Bunday hovuzni qurish nisbatan sodda va arzon – odatda yerdagi katta chuqurlik polietilen kabi germetik plyonka bilan qoplanadi va kerakli konsentratsiyadagi tuzli suv qatlam-qatlam hosil qilinadi. SGSP turli iqlim sharoitlarida qo‘llanilishi mumkin va energiya saqlash samaradorligi ancha yuqori bo‘lishi bilan ahamiyatli. Biroq, uning kamchiliklari ham bor: katta yer maydonini talab qilishi, peyzajni buzishi (ko‘lmak ko‘rinishida bo‘lganligi uchun) va muntazam texnik xizmat (masalan, suvni tozalash, zamburug‘ va suv o‘tlariga qarshi choralar ko‘rish) zaruriyati. Hovuzning yuqori qatlamida suv gullashi (alglar o‘sishi) yoki ifloslanishi yuz bersa, quyosh nurlari o‘tishi kamayadi va tizim samaradorligi tushib ketishi mumkin, shu sababli SGSP doimiy nazoratni talab qiladi.

Umuman olganda, shoʻrlangan quyosh hovuzi konsepsiyasi issiqlik saqlash boʻyicha eng koʻp qoʻllanilgan usul boʻlib, dunyoda shu turdagi bir nechta yirik loyihalar amalga oshirilgan (masalan, Isroilda 210 000 m<sup>2</sup> maydondagi Beit-HaArava quyosh hovuzi 1980-yillarda ishlagan, AQShda Texas shtatidagi El-Paso loyihasi va Hindistonda Bhuj shahridagi hovuz va h.k. haqida maʼlum).

- **Sayoz quyosh hovuzi.** Bu turda shoʻrlanish gradientidan foydalanilmaydi – aksincha, hovuz juda sayoz, chuqurligi atigi bir necha santimetrdan 1 m gacha qilib quriladi. Suvning oz qatlam boʻlgani tufayli Quyosh nurlari butun hajmni isitadi va pastki qism qoramtir material bilan qoplangan boʻlib, issiqlik yigʻiladi. Issiqlik yoʻqotilishini kamaytirish uchun hovuz sathi maxsus shaffof plyonka bilan qoplanadi – bu evaporatsiyani va shamollatishni minimallashtiradi. Sayoz hovuz konstruktiv jihatdan juda oddiy va ekspluatatsiyasi oson: eng muhimi, unda tuz ishlatilmagani sababli suvni shoʻrlanish balansi haqida qaygʻurmaslik mumkin. Demak, atrof-muhitni ifloslantirish xavfi ham yoʻq (tuz yuqori konsentratsiyada emas). Texnik xizmat koʻrsatish ham oddiy – bir tekis qatlamni saqlash va plyonkalarining butligini taʼminlash kifoya. Biroq, sayoz hovuzlarning jiddiy cheklovi – issiqlik sigʻimi pastligi va olinadigan harorat nisbatan kichikligi. Suv qatlami sayoz boʻlgani uchun u koʻp issiqlik sigʻdira olmaydi, harorati ham odatda 50–60 °C dan oshmaydi. Shunday ekan, bunday hovuzlar yuqori harorat talab qilinadigan jarayonlar uchun yaroqsiz; ammo katta issiqlik sarfi talab qilinmaydigan iliqlik manbalari (masalan, kichik issitish tizimlari) uchun ishlatilishi mumkin.
- **Gel quyosh hovuzi.** Bu tur ilmiy adabiyotda kamroq uchraydi, ammo qiziqarli yechim sifatida taklif etilgan. Gel hovuzda anʼanaviy tuzli gradient oʻrniga qattiq jelsimon polimer qatlami ishlatiladi. Gel yuqori qavatda suzib,

pastdagi suvni bosib turadi va konveksiyani cheklaydi. Bunda, agar gel qatlam to'liq chuchuk suv ustida tursa, hatto tuzli suvdan foydalanmaslik ham mumkin (gelning o'zi issiqlik izolyatori vazifasini o'taydi). Gel materiali inert, toksik bo'lmagan, yuqori issiqlik sig'imiga ega bo'lishi lozim. Gel-hovuzning afzalliklari: sirt bug'lanishi va issiqlik yo'qotilishi kamayadi, tuz ishlatilmagani uchun ekologik xavotirlar va xarajatlar kamroq, hamda gel qatlamning o'zi qo'shimcha issiqlik izolyatori bo'lib xizmat qiladi. Bundan tashqari, gel qatlam bo'lganidan gradientni saqlash talabi yo'q – demak, SGSP dagidek murakkab operatsiyalar kerak emas. Asosiy muammo – bunday maxsus gel ishlab chiqarish va katta miqdorda qo'llash iqtisodiy jihatdan qimmatga tushishi. Hozircha gel quyosh hovuzlari bo'yicha tadqiqotlar cheklangan bo'lib, ko'proq nazariy modellar va kichik tajriba qurilmalari darajasida qolmoqda.

- **Muvozanatli quyosh hovuzi.** Sho'rlanish gradientini yaratish va uni saqlab turish an'anaviy hovuzlarda eng katta operatsion muammolardan biridir. Shu bois ayrim tadqiqotchilar **muvozanatli (o'z-o'zini muvozanatlashtiruvchi) quyosh hovuzi** konsepsiyasini taklif qilishgan. Bunday hovuzda sho'r eritma sifatida harorat oshishi bilan eruvchanligi keskin ortadigan maxsus tuzlar ishlatiladi. Natijada, quyosh nuri bilan pastki qavat qizdirilganda, harorat ortishi shu qavatda yana ham ko'proq tuz erishi va konsentratsiyani oshirishiga olib keladi – bu esa diffuziya orqali tuzning yuqoriga ko'tarilishini qoplaydi. Ma'lum bir sharoitda hovuzning har bir qatlamida **nol tuz oqimi** (ya'ni, tuz diffuziya orqali migratsiya qilmaydigan) holatiga erishish mumkin, shu sababli bunday hovuz “muvozanatli” deb ataladi. Bunda hovuz ishga tushirilgach, keyinchalik tuz qo'shish yoki ortiqcha suvni tashlab yuborish talab etilmaydi – tizim dinamik muvozanatda bo'ladi. Bundan tashqari, issiqlik samaradorligi ham oshishi kutiladi, chunki pastki qatlam doimiy



yuqori konsentratsiyada saqlanadi. Muvozanatli hovuzlarda odatda ammoniy nitrat, kaliy nitrat, kaltsiy xlorid kabi tuzlar aralashmasi tavsiya etiladi. Ushbu yondashuv hali amaliyotda keng sinalmagan bo'lsa-da, u nazariy jihatdan juda qiziq – agar amalga oshsa, quyosh hovuzining uzluksiz ishlashi uchun zarur bo'lgan murakkab xizmat ko'rsatish ishlarini sezilarli kamaytirishi mumkin.

Yuqoridagi har bir tur o'ziga xos texnologik yechimlarni taklif etadi. Masalan, bug'lanish va issiqlik yo'qotilishini kamaytirish uchun sayoz yoki gel hovuzlar plyonka va gel qatlamlardan foydalanadi. Tuz balansini saqlash muammosini hal etishda muvozanatli hovuzlar innovatsion yondashuv beradi. Shuningdek, sho'rlanish gradientli an'anaviy hovuzlarning samaradorligini oshirish uchun ularni qo'shimcha issiqlik izolyatsiyasi bilan ta'minlash, hovuz tubini qalin issiqlik o'tkazmaydigan qatlam bilan qoplash kabi texnikalar qo'llaniladi. Masalan, Arizonadagi tajriba hovuzida tubiga maxsus ko'pikli izolyatsiya qo'yish orqali pastga issiqlik yo'qotilishi sezilarli kamaytirilgan. Yuqorida tilga olingan texnologik yechimlar quyosh hovuzlarining asosiy maqsadiga – issiqlikni samarali yig'ish va saqlashga – xizmat qiladi. Keyingi bosqich esa shu issiqlikdan foydali tarzda foydalanishdir. Quyida quyosh hovuzidan issiqlikni uzatish va uni boshqa turdagi energiyaga aylantirish usullari haqida so'z yuritamiz.

### **Issiqlik uzatish va energiyaga aylantirish usullari**

Quyosh hovuzida to'plangan issiqlik energiyasini foydali ishga aylantirish uchun maxsus issiqlik uzatish va konversiya tizimlari kerak bo'ladi. Avvalo, hovuzning o'zidan issiqlikni “olib chiqish” masalasini ko'rib chiqamiz. **Issiqlik uzatish mexanizmlari** ikki asosiy usulda tashkil etilishi mumkin:

1. **Ichki issiqlik almashinuvchilardan foydalanish.** Bu usulda hovuzning quyi – eng issiq qismida naychali issiqlik almashinuvchilar (radiatorlar) o‘rnatiladi. Ushbu naychalardan issiqlik olishchi suyuqlik (masalan, ishchi agent – freon yoki boshqa suyuq moddalar) haydaladi. Naychalar pastki qatlamdagi sho‘r suv bilan bevosita kontakt holatda bo‘lib, suvdan issiqlikni shimib oladi. Natijada ishchi suyuqlik qiziydi va keyinroq hovuz tashqarisidagi issiqlik dvigateliga yo‘naltiriladi. Bu usulning afzalligi – hovuz strukturasi buzilmaydi, suv qatlamlari joyida qoladi. Kamchiligi – issiqlik almashinuvchilarni o‘rnatish va ularga xizmat ko‘rsatish texnik murakkablik qo‘shadi.
2. **Suvni nasos yordamida aylantirish (tashqi issiqlik almashinuvi).** Bunda hovuz pastki qatlamidagi qizigan sho‘r suv maxsus nasos-diffuzor yordamida tortib olinadi va issiqlik almashinuvchiga uzatiladi. Issiqlik almashinuvchida bu suv o‘z issiqligini ishchi suyuqlikka beradi (masalan, bug‘latgich bo‘lib xizmat qiladi) va sovigan sho‘r suv yana hovuzning pastki qismiga qaytariladi. Bu jarayonda suvning qatlamlanishiga ehtiyotkorlik bilan yondashish kerak – sovigan suvni qaytarishda uni hovuz tubiga diffuzor orqali, qatlamlarni buzmasdan yuborish zarur. Aylanma suv tizimi issiqlikni tashqi qurilmalarga uzatishda qulaylik beradi va turli quvvat rejimlarini boshqarish imkonini yaratadi (masalan, issiqlik ko‘p yig‘ilgan paytda nasoslarni tezlatib ko‘proq issiqlik olish mumkin, yoki aksincha). Bu usulda ham, tabiiyki, nasos va quvurlar tizimiga ega bo‘lish qo‘shimcha energiya sarfi hamda texnik xizmatni talab etadi.

Yuqoridagi har ikkala holatda maqsad hovuzda yig‘ilgan issiqlikni **issiqlik dvigateliga** uzatishdir. Quyosh hovuzlarida quyi qatlam harorati nisbatan past (80–90 °C) bo‘lgani sababli, oddiy bug‘ turbinalari emas, balki **organik Rankin**

**aylanishi (ORC)** yoki **termoelektrik generatorlar** qo'llaniladi. Organik Rankin aylanishida suv emas, past qaynash haroratiga ega organik suyuqlik (masalan, freonlar, izobutan va hokazo) ishlatiladi – bu suyuqlik quyosh hovuzi issiqligida qaynab bug'lanadi va hosil bo'lgan bug' turbina orqali aylantirilib, elektr generatorini haydaydi. Shunday ORC turbinalari kichik temperaturali manbalardan (~70–100 °C) elektr olishda samarali hisoblanadi va aynan quyosh hovuzi sharoitiga mos keladi. Misol uchun, AQShning Texas shtatidagi tajriba hovuzida ORC tizimi yordamida 70 kVt elektr quvvati ishlab chiqarishga erishilganligi haqida xabarlar mavjud. Bundan tashqari, to'g'ridan-to'g'ri **termoelektrik elementlar** (Peltier/Seebeck elementlari) yordamida ham elektr tok hosil qilish mumkin – bunday elementlar issiq va sovuq yuzalar temperaturalari farqidan elektroenergiyani generatsiya qiladi. Tadqiqotlarda termoelektrik generatorlarni (TEG) hovuzning issiq tubi va salqin yuza qatlami o'rtasidagi gradientga joylashtirib, elektr olish usullari sinovdan o'tkazilgan. Ammo hozircha TEG usuli samaradorlik jihatidan past bo'lib, ko'proq ilmiy qiziqishga ega. Amaliy jihatdan eng maqbul yechim – bu ORC siklli kichik bug' turbinalaridir, chunki ular issiqlikni mexanik ishga aylantirishda nisbatan samarali va ishonchli hisoblanadi. Quyosh hovuzidan olingan issiqlikni bevosita **issiqlik energiyasi** sifatida ham foydalanish mumkin. Ko'plab ilovalarda elektrga aylantirish shart emas – masalan, sanoatda turli jarayonlarni isitish, binolarni yoki issiqxona komplekslarini isitish, qishloq xo'jaligi yoki chorvachilik inshootlarida mikroiklimni saqlash kabi maqsadlar uchun 70–80 °C li issiqlik bemalol qo'l keladi. **Ilovalar doirasi** keng: quyosh hovuzi issiqligidan oziq-ovqat mahsulotlarini quritish, tekstil sanoatida bo'yoq idishlarini isitish, kimyo sanoatida jarayonlarni qizdirish kabi vazifalarda foydalanish mumkinligi tajribada ko'rsatib berilgan. Bundan tashqari, past haroratli issiqlik yordamida issiq suv ta'minoti (masalan, suzish havzalarini isitish) yoki hatto issiqlik pompasi orqali sovutish (absorbsiya tizimlari orqali) kabi ikkilamchi ishlatish mumkin. Quyosh

hovuzlarining yana bir muhim qo'llanilishi – **desalinizatsiya**, ya'ni sho'r suvdan chuchuk suv olish. Hovuz issiqligi arzon termal energiya manbai sifatida tuzli suvni bug'latib, ichimlik yoki sug'orish uchun yaroqli suv olishga sarflanishi mumkin. Bu ayniqsa qurg'oqchil hududlarda ahamiyatli – hovuz bir vaqtning o'zida ham energiya, ham suv manbai bo'lib xizmat qilishi mumkin. Qiziqarli jihati shundaki, quyosh hovuzi o'zi ham tuzli suvga asoslangan – demak, uni dengiz yoki sho'r ko'l suvi bilan to'ldirish mumkin, bunda desalinizatsiya jarayonidan chiqadigan qoldiq tuzli sho'r(brine) eritma hovuzni saqlash uchun yana ishlatiladi. Ba'zi manbalarda aytilishicha, quyosh hovuzi hatto neft qazib chiqarishdagi chiqindi tuzli suyuqliklarni utilizatsiya qilish uchun idish sifatida ham xizmat qilishi mumkin – ya'ni, dengizdagi neft burg'ularidan chiqadigan sho'r suvni hovuzga yig'ib, bir vaqtning o'zida undan issiqlik olish taklif etiladi. Bu esa chiqindini tashlash muammosini hal qilib, qo'shimcha foyda keltiradi. Yuqorida ta'kidlangan ko'plab afzalliklariga qaramay, quyosh hovuzi asosidagi energiya tizimlarining ayrim cheklov va kamchiliklari ham mavjud. Eng asosiy cheklov – **termodinamik samaradorlik**. Hovuzda hosil bo'ladigan harorat pastroq bo'lgani sababli, undagi issiqlikni elektrga aylantirish foydali ish koeffitsiyenti odatda atigi 1–3% ni tashkil etadi. Qolaversa, keng maydon talab etilishi va yirik inshoot bo'lgani sababli kapital xarajatlar katta bo'lishi mumkin. Shunga qaramay, quyosh hovuzlari yillik foydalanish muddati davomida an'anaviy energiya manbalarini tejash orqali iqtisodiy jihatdan o'zini oqlashi mumkinligi ko'rsatilgan. Misol uchun, Hindistondagi Bhuj shahrida sutni qayta ishlash zavodida 6000 m<sup>2</sup> maydonli hovuz o'rnatilib, u 1993–1995 yillarda o'rtacha 75 °C li 15 000 m<sup>3</sup> issiq suv yetkazib bergan va shu orqali mazut yoqilg'isiga bo'lgan talabni kamaytirganligi qayd etilgan. Yuqoridagi texnik tahlillar shuni ko'rsatadiki, quyosh hovuzlari yordamida issiqlik va elektr energiyasi olish mumkin va bu usul muayyan sharoitlarda samarali bo'lishi mumkin. Hovuz konstruksiyasi va ishlash tartibini to'g'ri yo'lga qo'yish

orqali bu texnologiya kelajakda arzon va toza energiya manbalaridan biriga aylanishi ehtimoli bor. Keyingi bo‘limda quyosh hovuzlarining atrof-muhitga ta’siri va ularning ekologik jihatdan qanchalik foydali ekani haqida fikr yuritamiz. Yuqorida keltirilgan tahlillardan ko‘rinib turibdiki, quyosh hovuzlari muqobil energiya olishning qiziqarli va texnik jihatdan amalga oshiriladigan usulidir. Ularning ishlash printsipi suvning fizik xossalariga asoslanib, oddiy tuz yordamida Quyosh issiqligini “tuzoq”ka tushirishga imkon beradi. Texnik nuqtai nazardan, quyosh hovuzi issiqlik saqlash va uzatish bo‘yicha integratsiyalashgan yechim bo‘lib, kun va tun davomida barqaror energiya oqimini ta’minlay oladi. Maqolada ko‘rib chiqilganidek, quyosh hovuzlarining bir nechta turlari mavjud bo‘lib, har biri ma’lum texnologik yechim va yondashuvlarni taklif etadi. Sho‘rlanish gradientli hovuzlar eng ko‘p o‘rganilgan bo‘lsa, sayoz va gel hovuzlar bug‘lanish va texnik xizmat muammolarini kamaytirishga qaratilgan. Muvozanatli hovuz kontseptsiyasi esa kelajakda tizimni soddalashtirib, samaradorlikni oshirishi mumkin. Quyosh hovuzidan issiqlikni ajratib olish va uni elektr energiyasiga aylantirish texnik jihatdan ORC kabi maxsus issiqlik dvigatellari orqali mumkin ekani ko‘rsatildi. Shuningdek, bevosita issiqlik manbai sifatida ham quyosh hovuzi turli sohalarda qo‘llanilishi mumkin (sanoat issiqlik jarayonlari, binolarni isitish, quritish va boshqalar). Bu esa quyosh hovuzlarining ko‘p qirrali moslashuvchan energiya manbai ekanini isbotlaydi. Albatta, quyosh hovuzlarining hozircha ayrim cheklovlari mavjud: past samaradorlik, katta yer va suv resurslari talabi, doimiy monitoring zaruriyati shular jumlasidandir. Shunga qaramay, ilmiy tadqiqotlar ushbu kamchiliklarni bartaraf etish yo‘llarini izlamoqda – masalan, samarali qoplama materiallari, avtomatlashtirilgan tuz balans tizimlari, boshqa qayta tiklanuvchi manbalar bilan gibrid tizimlar yaratish kabi. Xulosa o‘rnida aytish mumkin: texnik jihatdan to‘g‘ri loyihalangan va boshqarilgan quyosh hovuzi tizimi issiqlik energiyasini yig‘ish va undan foydalanishning innovatsion echimi bo‘lib, u an’anaviy yoqilg‘ilarga talabni

kamaytirishga xizmat qiladi. Keyingi maqolada biz aynan shu jihat – quyosh hovuzlarining ekologik va barqarorlik nuqtai nazaridan qanday foyda keltirishi – haqida batafsil to‘xtalamiz.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Parvin, Sh. **“Solar pond”** – *Encyclopædia Britannica* .
2. **Energy Education: Solar pond** (2021) .
3. Mbelu, O.V. va boshq. **“Advances in solar pond technology...”** – *Sustainable Energy Research* (2024) .
4. Rohini College. **“Solar Ponds”**.
5. Capella Energy. **“A Quick Dip in a Solar Pond”**
6. Leblanc, J. va boshq. **“The El Paso Solar Pond”** .
7. Wikipedia. **“Life-cycle GHG emissions of energy sources”**.
8. [en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org) .
9. [WWW.medium.com](https://www.medium.com).