



O'zbekiston iqlim sharoitida basseynlar suvini quyosh energiyasi bilan isitish imkoniyatlari: ilmiy tahlil

Nuraddin A. Matchanov¹, Zavqidin D. Arziyev²

¹ DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; sirnornur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8238-990X>

² O'zR FA S.A. Azimov nomidagi Fizika-texnika instituti doktoranti (PhD): Ch. Aytmatov ko'chasi 2B uy, Toshkent 100095, O'zbekiston zarziyev@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-9257-6860>

Dolzarbli: O'zbekistonda suzish basseynlaridagi suvni energiya tejamkor tarzda isitish yil sayin energiya resurslari narxining oshib borishi sharoitida muhim vazifaga aylanmoqda, chunki xarajatlar soha uchun katta iqtisodiy yuk bo'lib qolmoqda. Mamlakatdagi yuqori darajadagi quyosh nurlanishi (yiliga ~300 quyoshli kun) ushbu yo'nalishda quyosh energiyasidan foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi va an'anaviy suv isitish tizimlariga nisbatan muqobil yechimlar talab qiladi. Bolalar va maktab basseynlarida suv haroratining barqarorligi sog'liq va xavfsizlik nuqtai nazaridan nihoyatda muhim. Shu bois konstruksion materiallar, issiqlik izolyatsiyasi va quyosh isitish tizimlari integratsiyasini har tomonlama tahlil qilish dolzarb hisoblanadi.

Maqsad: O'zbekistonning iqlim sharoitida ochiq va yopiq bolalar hamda ta'lim muassasalari basseynlarida suvni quyosh energiyasi yordamida samarali isitish imkoniyatini baholash, passiv va aktiv usullarni integratsiya qilish orqali energiya iste'molini kamaytirish hamda optimal texnik va iqtisodiy yechimlarni aniqlashdan iborat.

Usullar: a) konstruktiv-texnik tahlil: basseyn materiallari (shisha to'qimasi, PVX, beton, epoksid smola)ning issiqlik o'tkazuvchanligi va xizmat qilish muddati taqqoslandi; bolalar va ta'lim muassasalari basseynlari uchun FINA me'yorlari, EN 15288, ASHRAE standartlari tahlil qilindi.

b) energetik modellashtirish: basseyndagi suv sathiga qarab issiqlik ehtiyoji; passiv choralar (qoplama, shamoldan himoyalovchi to'siq, izolyatsiya)ning ta'siri baholandi;

c) quyosh isitish tizimlarini hisoblash: mavsumiy quyosh nurlanishiga bog'liq ravishda ularda suvni isitish uchun quyosh kollektorlari qo'llash samaradorligi aniqlandi;

d) ekologik-iqtisodiy baholash: basseynlarda gibrid suv isitish tizimlarini qo'llash orqali birlamchi energiya tejilishi va SO₂ chiqindilarining kamayishi hisoblandi.

Natijalar:

- energiya tejamkor materiallardan foydalangan holda suzish basseynlarining konstruktiv yechimlarini optimallashtirish bo'yicha xulosalar;

- suzish basseynlarida suvni passiv isitish samaradorligini baholash;

- quyosh kollektorlardan foydalangan holda suzish basseynlarining quyoshda isitish tizimi samaradorligini baholash;

- suzish basseynlarida suvni isitish uchun gibrid tizim (passiv + quyosh isitish) taklif qilindi;

- bolalar basseynlari uchun amaliy tavsiyalar tayyorlandi.

Kalit so'zlar: Quyoshli isitish, suzish basseynlari, energiya samaradorligi, passiv va faol isitish, issiqlik yo'qotilishini kamaytirish.

For citation: N.A. Matchanov, Z.D. Arziyev. Possibilities of Heating Swimming Pool Water Using Solar Energy in the Climate Conditions of Uzbekistan: A Scientific Analysis. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 4, pp. 317-328.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18640256>

Received: 05.04.2025

Revised: 19.04.2025

Accepted: 11.07.2025

Published: 27.12.2025

Copyright: © Nuraddin A. Matchanov, Zavkidin D. Arziyev. 2025. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Возможности подогрева воды в плавательных бассейнах с использованием солнечной энергии в климатических условиях Узбекистана: научный анализ

Нуратдин А. Матчанов¹, Завкидин Д. Арзиев²

¹ DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; sirnornur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8238-990X>

² Докторант (PhD) Физико-технического института им. С.А. Азимова Академии наук Республики Узбекистан; Ташкент, 100095, Узбекистан zarziyev@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-9257-6860>

Актуальность: Энергоэффективное нагрев воды в плавательных бассейнов становится важной задачей в Узбекистане в условиях роста цен на энергоресурсы из года в год, а расходы являются огромным экономическим бременем для отрасли. Высокая солнечная радиация в стране (~300 солнечных дней в году) расширяет возможности использования солнечной энергии в рассматриваемой области, что требует альтернативных решений по сравнению с традиционным нагревом воды в них. Стабильность температуры воды в детских и школьных бассейнах чрезвычайно важна с точки зрения здоровья и безопасности. Поэтому актуально провести всесторонний анализ интеграции конструкционных материалов, теплоизоляции и систем солнечного отопления.

Цель: основной целью исследования является оценка возможности эффективного нагрева воды в открытых и закрытых детских и образовательных бассейнах с помощью солнечной энергии в климатических



условиях Узбекистана, снижение энергопотребления за счет интеграции пассивных и активных методов и определение оптимальных технических и экономических решений.

Методы:

а) конструктивно-технический анализ: сравнивались теплопроводность и срок службы материалов для бассейнов (стекловолокно, ПВХ, бетон, эпоксидная смола); анализированы нормы FINA и стандарты EN 15288, ASHRAE для детских и образовательных бассейнов.

б) Энергетическое моделирование: потребность в тепле в зависимости от уровня воды в бассейне; воздействия пассивных мер (покрытие, ветрозащитный барьер, изоляция);

в) расчет систем солнечного отопления: эффективность применения солнечных коллекторов для обогрева воды в них в зависимости от сезонного солнечного излучения;

г) эколого-экономическая оценка: экономия первичной энергии и снижение выбросов CO₂ при применении гибридных систем нагрева воды в бассейнах.

Результаты:

- выводы по оптимизации конструктивных решений плавательных бассейнов с применением энергоэффективных материалов;

- оценка эффективности применения пассивного обогрева воды плавательных бассейнов;

- оценка системы солнечного обогрева воды плавательных бассейнов с применением солнечных коллекторов;

- предложена гибридная система подогрева воды в плавательных бассейнах (пассивное + солнечное обогрев воды).

- подготовлены практические рекомендации для детских бассейнов.

Ключевые слова: солнечное излучение, плавательные бассейны, энергоэффективность, пассивное и активное отопление, снижение теплопотерь.

Possibilities of Heating Swimming Pool Water Using Solar Energy in the Climate Conditions of Uzbekistan: A Scientific Analysis

Nuraddin A. Matchanov¹, Zavkidin D. Arziyev²

¹ DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; sirnornur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8238-990X>.

² PhD student of the Physical-Technical Institute named after S.A. Azimov Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan; Chingiz Aytmatov 2B, Tashkent 100084, Uzbekistan zarziyev@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-9257-6860>

Relevance: Energy-efficient heating of swimming pool water is becoming an important task in Uzbekistan, as energy resource prices continue to rise year by year, creating a significant economic burden for the sector. The country's high solar radiation (around 300 sunny days per year) expands the possibilities of using solar energy in this field and calls for alternative solutions compared to conventional water-heating methods. Maintaining stable water temperature in children's and school swimming pools is extremely important for health and safety. Therefore, it is essential to conduct a comprehensive analysis of the integration of construction materials, thermal insulation, and solar heating systems.

Aim: The main objective of the study is to assess the feasibility of efficient water heating in open and indoor children's and educational swimming pools using solar energy under the climate conditions of Uzbekistan, to reduce energy consumption through the integration of passive and active methods, and to identify optimal technical and economic solutions.

Methods:

a) Structural and technical analysis: Thermal conductivity and service life of pool materials (fiberglass, PVC, concrete, epoxy resin) were compared; FINA norms and EN 15288, and ASHRAE standards for children's and educational pools were analyzed.

b) Energy modeling: Heat demand depending on the water level in the pool; evaluation of the impact of passive measures (covering, wind-shield barrier, insulation);

c) calculation of solar heating systems: Assessment of the efficiency of applying solar collectors for water heating depending on seasonal solar radiation;

d) Environmental and economic assessment: Calculation of primary energy savings and reduction of CO₂ emissions achieved through the use of hybrid water-heating systems in swimming pools.

Results:

- conclusions on the optimization of structural design solutions for swimming pools using energy-efficient materials.

- The effect of passive heating.

- evaluation of the efficiency of passive water-heating methods for swimming pools.

- assessment of swimming pool solar water-heating systems using solar collectors.

- hybrid water-heating system for swimming pools (passive + solar water heating) is suggested.

- practical recommendations for children's swimming pools.

Keywords: solar heating, swimming pools, energy efficiency, passive and active heating, reduction of heat loss.



1. Kirish (Introduction)

O'zbekistonda so'nggi yillarda energiya resurslari narxi bosqichma-bosqich oshib bormoqda. Masalan, 2025-yil davomida issiqlik ta'minoti tariflari ikki marta oshirildi, shuningdek aholi haqiqiy xarajatlarning bor yo'g'i **~18%** ini to'lamoqda (qolgan qismi davlat tomonidan subsidiyalanadi) [1].

Bunda an'anaviy isitish tizimlarining iqtisodiy yuki ortib, muqobil manbalardan foydalanish zarurati tug'ilmoqda. O'zbekiston iqlimi yuqori quyosh nurlanish oqimiga ega bo'lib, o'rtacha yiliga **~300**

kun quyoshli ob-havo kuzatiladi [2]. Shu bois, basseynlar suvini isitishda quyosh energiyasidan foydalanish dolzarb ahamiyatga ega. Quyosh energiyasi bepul va qayta tiklanuvchi manba sifatida, isitish xarajatlarini kamaytirish va energiya tejamkorligini oshirish imkonini beradi [3]. Ushbu maqolada ochiq va yopiq suzish basseynlari suvini quyosh kollektorlari orqali samarali isitish masalasi bo'yicha ilmiy asoslangan tahlil keltiriladi. Maqsad—o'sib borayotgan isitish xarajatlari sharoitida, quyosh energiyasidan foydalangan holda, basseyn suvini barqaror va tejamli isitish yechimlarini aniqlash.

2. Materiallar va usullar (Methods and materials)

Qurilish materiallari va konstruksiya yechimlari tahlili. Basseynlarning issiqlik samaradorligi ko'p jihatdan ular qanday materialdan qurilganiga bog'liq. Turli materiallarning issiqlik o'tkazuvchanligi, mustahkamlik muddati va boshqa xususiyatlari turlichadir. Quyida basseyn rezervuarlarini bunyod etishda keng qo'llaniladigan asosiy materiallar – fiberglass (shishaplastik), PVX (PVC) plenka, beton va epoksid qoplamlari – bo'yicha texnik solishtiruv natijalari keltirilgan (1-jadval).

1-jadval. Basseyn konstruksiyasi uchun asosiy materiallar tahlili.

Table 1. Analysis of basic materials for pool construction.

Material	Issiqlik o'tkazuvchanlik (W/m·K)	Xizmat muddati (yil)	Afzalliklari	Kamchiliklari
Fiberglass (shishaplastik)	~0.04 [4]	~25 – 30 [5]	<i>Issiqlik izolyatsiyasi maqbul</i> – past issiqlik o'tkazuvchanlik tufayli suvni iliqqligini uzoq saqlaydi, isitish xarajatlarini ~15–20% kamaytiradi [4]. Silliq, g'ovaksiz yuzaga ega bo'lib, suvutlar va ifloslanish kam yig'iladi, xizmat ko'rsatish oson [5]. Montaji tez (tayyor sopol muhrlangan vanana qilib o'rnatiladi).	<i>O'lchami va shakli cheklangan</i> – faqat zavodda tayyorlangan qolip o'lchamlarida bo'ladi. Boshlang'ich qiymati nisbatan yuqori. Xizmat muddati ~25 yildan so'ng gel-qoplamasi yangilash talab etilishi mumkin.
Vinil layner (PVC- Π BX plyonka)	~0.19 [5]	~8 – 10 [6]	<i>Arzon va yumshoq</i> – boshqa turdagi basseynlarga nisbatan boshlang'ich qiymati past, montaji oson. Silliq yuzasi bolalar va kattalar uchun behavf (teriga yopishmaydi, jarohat yetkazmaydi). Xizmat ko'rsatish oson, tuz va xlor ta'siriga chidamli.	<i>Davomiyligi cheklangan</i> – vinil plenka o'rtacha 5–9 yilda almashtirishni talab qiladi [9]. O'tkir narsalardan oson teshilishi mumkin (masalan, o'tkir buyum yoki tirnoqdan). Quyosh nuri yillar davomida rangining o'chishi yoki materialning moslashuvchanligi pasayishi kuzatilishi mumkin.
Beton (qorishma shotkrit)	~1.0 – 1.8 [4]	50 + [5]	<i>O'ta mustahkam va uzoq muddatli</i> – temirbeton basseyn karkasi 50 yil va undan ortiq	<i>Issiqlik yo'qotishi yuqori</i> – betonning issiqlik o'tkazuvchanligi yuqori bo'lganligi sababli suv



			xizmat qilishi mumkin [5]. Shakl va o'lchamda cheksiz erkinlik – me'moriy dizaynda istalgan o'lcham va chuqurlikni tanlash mumkin. Strukturasi kuchli, statsionar inshoot.	tez soviydi [4]. Fiberglassga nisbatan suvni iliqlashtirish uchun kuniga qo'shimcha 2–3 soat isitish talab etilishi mumkin [4]. Yuzasi g'ovakli, suvo't va zanglar qatlamining yig'ilishi oson – shu bois tez-tez yuvish va kimyoviy tozalash talab etiladi [5]. Har 10–15 yilda bir marotaba ichki qoplamanı (gips yoki plitka) ta'mirlash yoki qayta qoplash lozim bo'ladi [5]. Qurilish muddati uzoq va ko'p mehnat talab etadi.
Epoksid qoplama (bo'yoq yoki polimer)	~0.3 – 0.35 [6]	~10 (коплама) [7]	<i>Gidroizolyatsiya va kimyoga chidamlilik</i> – epoksidli qoplamalar beton yoki boshqa asos yuzasini suv o'tkazmas qilib muhofaza qiladi, xlor va boshqa reagentlarga chidamli. Silliq va birikmasiz qatlam hosil qiladi, tozalash oson. Nisbatan arzon usul (beton basseynni kafel o'tkazib foydalanishga qaraganda).	<i>Vaqtinchalik yechim</i> – epoksid bo'yoq qatlami ~7–10 yilgacha xizmat qilib, so'ng yangilanishi talab etiladi [7]. Quyoshning ultrabinafsha nurlari ta'sirida vaqt o'tishi bilan rangini yo'qotishi yoki yuzada mayda yoriqliklar paydo bo'lishi mumkin. Rang va uslub tanlovi cheklangan (aksari holatda oq yoki kam rangli bo'ladi).

1-Jadvalda keltirilgan har bir materialning qo'llanilishida bolalar muassasalari (bog'cha va maktablar) uchun alohida e'tibor zarur. Masalan, fiberglass va vinil laynerli basseynlar yuzasining silliqli-gi va yoriqsizligi bolalarning xavfsizligi uchun qulay – bolalar terisiga zarar yetkazuvchi yoki jarohat keltiruvchi noxush elementlar yo'q. Shuningdek, xavfsizlik uchun sirpanishga qarshi qoplamalar qo'llanilishi maqsadga muvofiq. Beton basseynlarda esa yumshoq mozaik plitkalar yoki maxsus rezina yotqizmalardan foydalanish bolalar uchun xavfsiz muhit yaratishga yordam beradi. Bundan tashqari, bolalar basseynlarida suv harorati nisbatan yuqoriroq saqlanadi (30 °C atrofida), shu bois yuqorida tilga olingan fiberglass va vinil materiallarining issiqlikni ushlab qolish qobiliyati bolalarni sovuq suv qurshovdan himoya qilishda qo'l keladi.

Basseyn shakli va o'lchamlari me'yoriy yondashuv. Basseynning geometriyasi – uning shakli va o'lchamlari – gidrotexnika va inson xavfsizligi nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega. Halqaro va mahalliy me'yoriy hujjatlar turli maqsaddagi basseynlar uchun tavsiya etilgan parametrlarni belgilagan. Jumladan, halqaro suzish federatsiyasi FINAning talablariga ko'ra musobaqa basseynlari odatda to'g'ri burchakli (50 × 25 m yoki 25 × 12,5 m) qilib loyihalanadi; start tizimlari qo'llaniladigan basseynlarda suv chuqurligi kamida 1,35 m bo'lishi shart (starter tumbusidan 6 m masofagacha) va qolgan joylarda ham 1 m dan kam emas [8]. Jahon chempionati va Olimpiada uchun esa afzal ko'riluvchi chuqurlik 2 – 3 m atrofida belgilangan [8]. Basseyn kengligi suzish yo'laklari soni va har bir yo'lak uchun talabdan kelib chiqib belgilanadi (odatda har bir yo'lak 2,0 – 2,5 m). Shuningdek, FINA qoidalariga muvofiq, musobaqa basseyn devorlari parallel va silliq bo'lishi, trek chiziqlari standart o'lchamda belgilanishi lozim. Havaskor va bolalar basseynlarida shakllar xilma-xil bo'lishi mumkin – to'g'ri to'rtburchak, oval (yoki gumbazsimon) hamda ko'p qirrali (free-form) basseynlar uchraydi. To'g'ri burchakli shakldagi basseynlar suv muomalasi (aylanishi) hamda yo'lchiziqlar tushirish uchun qulayligi bois ham sport, ham turizm ob'ektlarida keng qo'llaniladi. Oval va gumbazsimon shaklli basseynlar esa qiziqish uyg'otuvchi dizayner va bir xil chuqurlikni saqlash uchun qulay. Yevropa me'yorlari (masalan, EN 15288) bo'yicha umumiy yuzasi kichik bo'lgan basseynlarda chuqurlik bir xil yoki silliq o'zgaruvchan bo'lishi, tez o'tishli “chuqur joy”lardan qochish tavsiya etiladi. O'yin basseynlarida xavfsizlik nishonasi sifatida chuqur joylar chegaralari ko'rsatib



qo'yilishi zarur (masalan, rangli chiziqlar bilan) [8]. Shu tariqa, qog'ozda shakl erkin bo'lsada, amaliyotda inson xavfsizligi uchun belgilangan minimal chuqurlik va belgi qoidalariga rioya qilinadi.

Quyida 2-jadvalda basseynlarning turlari bo'yicha solishtirma ma'lumot keltirilgan.

2-Jadval. Basseyn turlari bo'yicha solishtirma ma'lumot

Table 2. Pool types and comparative information

Basseyn turi	Foydalanish maqsadi / yosh	Standart o'lchamlar	Asosiy qurilish materiallari	Asosiy norma / talablar
Ochiq – bolalar basseyni (bog'cha 3-6 yosh)	O'yin, suv bilan tanishtirish, xavfsiz o'yin maydoni	2 – 6 m diametr / 0.15 – 0.45 m chuqurlik; kichik to'g'ri burchakli: 3 × 2 m ... 6 × 4 m	Fiberglass, PVX, polimer qoplama, plastikquvurlar	To'siqlar, sirpanishga qarshi non-slip qoplama, tez tozalash, doimiy nazorat. JSST tavsiyasi
Ochiq maktab basseyni (o'quv)	O'quv mashg'ulotlari, suvda xavfsizlik ta'limi	12 – 25 m uzunlik; chuqurlik 0.7 – 1.8 m	Beton, keramik mozaika yoki epoksid qoplama	Sayoz zona 0.7–1.1 m; suv sifatini nazorat qilish, drenaj tizimi
Ochiq – sport basseyni (musobaqa)	Raqobat, professional musobaqalar	50 × 25 m yoki 25 × 25 m; chuqurlik ≥ 2.0 m	Beton, keramik yoki mozaik qoplama, start platformalari	FINA talablariga mos bo'lishi shart
Yopiq bolalar basseyni (bog'cha)	O'yin va suv bilan tanishish, ichki iqlim nazorati bilan	3 × 2 m ... 8 × 4 m; chuqurlik 0.15 – 0.6 m	Fiberglass, PVX, nazlikka chidamli beton	Ventilyatsiya, namlikni boshqarish, duv filtratsiyasi (WHO, CDC)
Yopiq – maktab basseyni (o'quv)	O'quv mashg'ulotlar uchun	12–25 m; chuqurlik 0.7 – 1.8 m	Beton, keramik yoki epoksid qoplama	Havo aylanishi, kondensatni boshqarish, xavfsizlik qoidalarini
Yopiq – sport basseyni (musobaqa)	Professional musobaqalar uchun	50 × 25 m yoki 25 × 25 m; chuqurlik ≥ 2.0 m	Beton, keramik mozaika, filtr va isitish tizimlari	FINA talablarigamos bo'lishi, ventilyatsiya talablari

Bolalar basseynlari uchun alohida me'yorlar mavjud. O'quvchi va kichik yoshdagi bolalar suzish basseynlarining tavsiya etiladigan chuqurligi odatda 0,5 – 0,9 m atrofida [8]. Masalan, Britaniyaning Sport England tavsiyasiga ko'ra, agar alohida "o'rgatuvchilar basseyni" mavjud bo'lsa, katta basseynning sayoz joyi 1 m bo'lishi lozim; ammo kichik bolalar uchun mo'ljallangan alohida basseynida chuqurlikni ~0,6 – 0,9 m qilish maqsadga muvofiq deb hisoblanadi [8]. Bolalar basseynlari odatda kichik o'lchamli (masalan, 5 – 10 m atrofida uzunlikda) va to'siqlar bilan o'ralgan bo'lishi, hamda suv harorati kattalar basseyniga nisbatan balandroq saqlanishi tavsiya etiladi (bog'cha yoshidagi bolalar uchun 30 – 32 °C suv harorati komfort deb belgilangan). Mahalliy me'yorlarga ko'ra ham, bolalar suzish inshootlarida qutqaruv inventari, quyoshdan soya qoplamalari va yaxshilab yuviladigan pol qoplamalari kabi xavfsizlik talablarining bajarilishi shart.

Xulosa qilib aytganda, basseyn shakli va o'lchamlarini tanlashda FINA me'yorlari (musobaqalar uchun), Yevropa standartlari (EN 15288) va mahalliy sanitariya-qurilish normalari (masalan, O'zbekistondagi qoidalar) hamda ASHRAE kabi tashkilotlarning iqlim nazorati bo'yicha tavsiyalari inobatga olinadi. Masalan, ASHRAE normativiga muvofiq yopiq inshootlarda havo harorati suv haroratidan 1 – 2 °C yuqori saqlanishi tavsiya etiladi, bu bug'lanish orqali sovishni pasaytirishga yordam beradi [9]. Shuningdek, havo namligini 50 – 60% atrofida ushlab turish maqsadga muvofiqdir (bunda ham odamlar uchun qulaylik, ham bino konstruksiyasi uchun xavfsizlik ta'minlanadi).

Quyosh energiyasidan foydalanishda zamonaviy ilmiy yondashuvlar. So'nggi yillarda (2020–2024) basseynlarni quyosh energiyasi yordamida isitish borasida qator ilmiy tadqiqotlar va dissertatsiya ishlari amalga oshirildi. Ularning diqqatga sazovor yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. Quyosh issiqlik tizimlarini takomillashtirish. An'anaviy ravishda basseyn suvini quyoshda isitish uchun quyosh suv isitish kollektorlari yoki absorberlari qo'llaniladi. Bunday polimer kollektorlari ayniqsa Amerika va Osiyo mamlakatlarida keng tarqalgan bo'lib, arzon va samarali hisoblanadi [11]. 2020–2024 yillardagi izlanishlar quyosh kollektorlari samaradorligini yanada oshirishga qaratilgan: masalan, kollektorlardagi trubkalarni maxsus silikon-polimer qoplamalar bilan

qoplash orqali ularning qizish darajasini oshirish, yoki vakuum trubkali kollektorlardan foydalanib havo harorati past vaqtlarda ham issiqlik yig'ish usullari sinab ko'rildi.

Ayrim tadqiqotlarda fotovoltaiq panellar orqali elektr energiyasi olib, uni basseyn suvini isituvchi issiqlik nasoslarini ishlatishga yo'naltirish konsepsiyasi taklif etildi. Xususan, 2024-yilda himoya qilingan A.Anarbaevning doktorlik dissertatsiyasida quyosh kollektorlari mavjud qozonxona tizimlariga "qo'shimcha" qilib ulash hamda issiqlik nasoslari orqali isitish samaradorligini oshirish ilmiy asoslangan. Bu tadqiqot natijalariga ko'ra, har bir m^2 quyosh kollektori yiliga **100 – 150 kg** shartli yoqilg'i tejamkorligiga erishishi, issiqlik nasosi esa elektr isitishga nisbatan 3–5 baravar samarali ekanligi ko'rsatib berilgan [12]. Bunday yutuqlar basseynlarni ham gibrid tarzda (quyosh + issiqlik nasosi) isitish texnologiyalarini qo'llash orqali energiya sarfini keskin kamaytirish imkonini beradi.

2. Havo almashinuvi va namlikni nazorat qilish. Yopiq basseyn inshootlarida havo namligi va sifati suvni isitish va inson salomatligiga bevosita ta'sir qiladi. Zamonaviy ilmiy yondashuvlarga ko'ra, bunday inshootlarda majburiy ventilyatsiya tizimini energiya tejamkor usullarda bajarish lozim. ASHRAE standarti yopiq basseynlar uchun tashqi havo aylanishi miqdorini suv sathi va maydoniga nisbatan belgilaydi (taxminan har bir m^2 basseyn sathiga **2,4 l/s** yangi havo), bu esa xlorning uchishi va chiqindi gazlarni tarqatish uchun zarur [13].

2020–2024 yillardagi tadqiqotlar ventilyatsiya tizimlariga issiqlik o'tkazgich (rekuperator) o'rnatish orqali chiqib ketayotgan iliq havodan issiqlikni qayta qaytarib olish texnologiyalarini sinab ko'rdi. Masalan, energy wheel turidagi qurilmalar yordamida yopiq basseyn chiquvchi nam havoning issiqligi kiruvchi toza havoga o'tkazilib, binoning umumiy isitish sarfi kamaytirilmoqda. Bundan tashqari, havo haroratini suv haroratidan biroz yuqori ushlab turish ($\sim 1 + 2^\circ C$) tavsiya etilishi ham amaliyotga keng kirib bormoqda – bu usul suvning bulanishini sekinlashtirib, issiqlik yo'qotishlarni pasaytiradi [14]. Shu bilan birga, havo namligini **50 – 60%** doirasida stabil ushlab turish uchun avtomatlashtirilgan namlik-nazorat (humidistat) tizimlari tatbiq etilmoqda. Umuman olganda, ilmiy tadqiqotlar ko'rsatmoqdaki, to'g'ri ventilyatsiya va iqlim nazorati yordamida yopiq basseynlarda energiya sarfini sezilarli darajada qisqartirish (**20 – 30%** gacha) imkoniyati mavjud [15].

3. Energiya tejash va termik barqarorlik. Basseynlardagi eng katta issiqlik yo'qotish manbai – suvning bug'lanishi va atrof-muhitga tarqalishidir (konveksiya va radiatsiya orqali). Shu sababli, so'nggi texnologiyalar bug'lanishni cheklashga qaratilgan. Masalan, basseyn ustini yopuvchi pardalar va qopqoqlar keng joriy etilmoqda: tun vaqtida ochiq basseyn ustini maxsus izolyatsion plenka yoki panel bilan yopish suvning sovishini sezilarli darajada sekinlashtiradi. Tadqiqotlar ko'rsatadiki, kichik sarmoya talab etadigan bunday oddiy chora orqali **30 – 50%** issiqlik yo'qotilishining oldi olinishi mumkin [16].

Ayrim mamlakatlarda (ASHRAE) isitiluvchi basseynlarga avtomatik yopuvchi qoplama o'rnatilishi majburiy talab etiladi – bu energiya tejash maqsadida qo'yilgan normativdir. Termik barqarorlikni ta'minlashning yana bir muhim yo'li – quvurlar va to'siqlarni izolyatsiya qilish: basseynning yer osti kommunikatsiya quvurlari hamda devor tub qismlarini issiqlik izolyatsiya materiallari bilan qoplash orqali yer orqali issiqlik yo'qotilishi kamayadi [16].

Ba'zi ilmiy ishlar basseyn konstruksiyalariga fazaviy o'zgaruvchan materiallar (Phase Change Materials, PCM) ni integratsiya qilishni taklif etmoqda. Bunday PCM materiallar (masalan, parafin asosli moddalar) suv harorati oshganda o'zida issiqlikni yutadi va agregat holatini o'zgartiradi, suv sovushi bilan esa qayta issiqlikni chiqaradi – natijada suv harorati sutka davomida barqarorroq saqlanadi. 2022–2023 yillarda o'tkazilgan tajribalar shunday PCM elementli tizimlar basseynlarda suv harorati tebranishini **1 – 2 °C** ga kamaytirishi va qozon o'chgan holatda ham bir necha soat davomida qabul qilinadigan diapazonda ushlab turishini ko'rsatdi. Shu bilan birga, bu hali tajriba darajasidagi yondashuv bo'lib, uni amaliy joriy etish uchun iqtisodiy samaradorlik va xavfsizlik jihatlari qo'shimcha o'rganilmoqda.

4. Axborotlashgan monitoring va intellectual boshqaruv. Zamonaviy yondashuvlar va loyihalarda basseynlarning energetik samaradorligini oshirishda "aqlli" nazorat tizimlariga alohida e'tibor qaratilgan. Masalan, 2023 yildagi bir [17] tadqiqotda muqobil energiya manbalaridan foydalanuvchi basseyn uchun intellektual boshqaruv algoritmi taklif etilib, u havo-ob-havo prognoziga binoan quyosh kollektori, qo'shimcha qozon va ventilyatsiya uskunalari tartiblaydi. Natijada, quyoshli kunlarda tizim to'liq quyosh energiyasiga suyanib, quyoshsiz kunlarda avtomatik ravishda yordamchi isitishga o'tadi va ortiqcha energiya sarflashi oldi olinadi. Bunday avtomatlashtirilgan yondashuvlar energiya tejashda muhim o'rin tutadi.

Yuqoridagi ilmiy yutuq va yondashuvlar tahlili shuni ko'rsatadiki, basseynlar suvini quyosh energiyasi hisobidan isitish sohasida kundan-kunga samaradorlik ortmoqda. 2020–2024 yillardagi izlanishlar havo almashinuvidan tortib, kollektorlari effektivligigacha har bir tarkibiy qismini yanada takomillashtirish ustida ketmoqda. Bu esa yaqin kelajakda quyosh energiyasidan foydalangan holda basseynlarni to'liq avtonom va iqtisodiy jihatdan tejamli isitish imkoniyati real ekanligini tasdiqlaydi.



3. Natijalar (Results)

Toshkent sharoitida ochiq bolalar basseynlari uchun optimal konstruksiya. Toshkent shahri iqlim sharoitida ochiq bolalar basseynlarini loyihalashda konstruksiya va material tanlovi energiya samaradorlik va bolalar xavfsizligi nuqtai nazaridan hal qiluvchi omil hisoblanadi. Avvalgi bo'limda keltirilgan 1-jadval tahlilidan ko'rinib turibdiki, fiberglass (shishaplastik) vannalarning issiqlik o'tkazuvchanligi betonga nisbatan bir necha marta past bo'lib ($\lambda \approx 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$), suv haroratini uzoqroq saqlashga imkon beradi; beton rezervuarlarda esa $\lambda \approx 1,0 - 1,8 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ bo'lganligi sababli issiqlik yo'qotishlar yuqoriroq bo'ladi. Shu sababli kichik o'lchamli bog'cha basseynlari uchun fiberglass vannalar XPS izolyatsiyalangan beton poydevori bilan birgalikda "energoaktiv" konstruksiya sifatida tavsiya etiladi.

Maktab yoshidagi bolalar uchun o'quv basseynlari, odatda, kattaroq o'lcham ($A \approx 72 - 128 \text{ m}^2$) va chuqurlik ($0,9 - 1,2 \text{ m}$) talab etadi, bu esa mustahkam temirbeton karkas qo'llashni taqozo qiladi. Bunday holatlarda devor va tub bo'ylab 50 mm ekstrudirilgan penopolistirol bilan izolyatsiya qilish, ichki yuzani esa PVC yoki epoksid qoplama bilan qoplash maqsadga muvofiq. Bu yondashuv bir tomondan, beton konstruksiyaning $50 +$ yillik xizmat muddatini saqlagan holda, ikkinchi tomondan issiqlik yo'qotilishini kamaytirish va yuzaning gigienasini yaxshilash imkonini beradi. Bog'cha va maktab basseynlari uchun tavsiya etilayotgan tipoviy o'lchamli va konstruksiya yechimlari 3-jadvalda umumlashtirilgan. Ushbu tiplashtirish, kelgusida Toshkent shahrida bolalar uchun ochiq suzish inshootlarini keng miqyosda barpo etishda me'yoriy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Bolalar basseynlari suvini isitishda quyosh energiyasidan samarali foydalanish uchun passiv va aktiv isitish tizimlarini birgalikda qo'llanishi maqsadga muvofiq [18]. Ma'lumki, passiv choralariga tungi qoplamalardan foydalanish, shamoldan himoyalovchi to'siqlar, rezervuar devor va tubining termik izolyatsiyasi kiradi, aktiv choralari esa polimer quyosh kollektorlari va, zarurat bo'lsa, issiqlik nasoslari kabi uskunalar bilan bog'liq. Mavsum davomida basseyn uchun zarur bo'lgan umumiy issiqlik talabini quyidagi ifodadagi soddalashtirilgan maxsus sarf orqali baholash mumkin:

$$Q_0 = A_p \cdot q_0 \quad (1)$$

Bu yerda A_p — basseyn suv sathi maydoni, q_0 — ochiq ochiq бассейнар учун тавсия этилаётган базавий махсус иссиқлик сарфи (Toshkent sharoiti uchun taxminan $700 - 900 \text{ kW} \cdot \text{soat} / \text{m}^2 \cdot \text{mavsum}$). Passiv choralari ta'siri bug'lanish, konveksiya va radiatsiya orqali yo'qotishlarni qisqartiradi, buni quyidagi koeffitsiyentlar orqali ifodalash mumkin:

$$Q_{pas} = Q_0 \cdot k_{qoplama} \cdot k_{shamol} \cdot k_{izolyatsiya} \quad (2)$$

Bu yerda $k_{qoplama}$, k_{shamol} , $k_{izolyatsiya}$ — mos ravishda tungi qoplama, shamoldan himoya va konstruktiv izolyatsiyaning ta'sir koeffitsiyentlari. Usuliy baholashlar shuni ko'rsatadiki, mazkur koeffitsiyentlarning tipik qiymatlari ($0,6; 0,8; 0,9$) da passiv choralari umumiy issiqlik talabini taxminan $55 - 60\%$ gacha kamaytirishi mumkin.

Aktiv quyosh isitishda polimer kollektorlari maydoni A_{kol} va mavsumiy quyosh radiatsiyasi G_{mavsum} hisobga olinib, kollektorda yig'iladigan issiqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{quyosh} = \eta_{kol} \cdot A_{kol} \cdot G_{mavsum} \quad (3)$$

Bu yerda η_{kol} — kollektorning o'rtacha samaradorligi (ochiq polimer tizimlari uchun $0,35 - 0,45$). Toshkent iqlimida suzish mavsumi davomida G_{mavsum} tahmina $800 - 850 \text{ kW} \cdot \text{soat} / \text{m}^2 \cdot \text{mavsum}$ atrofida bo'lib, bu bolalar basseynlarida issiqlik talabining kata qismini quyosh energiyasi hisobidan qoplash imkonini beradi.

Birlamchi energiya va ekologik samaradorlikni baholash. Quyosh isitish tizimining iqtisodiy va ekologik samaradorligini ifodalash uchun birlamchi energiya sarfi va CO_2 chiqarilishini kamaytirish ko'rsatkichlarini hisoblash taklif etiladi. Gaz qozoni bilan an'anaviy isitishda birlamchi energiya sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{p0} = \eta_{qozon} \cdot Q_0 \quad (4)$$

bu yerda η_{qozon} — qozon samaradorligi (odatda $0,9$ atrofida). Passiv choralari va quyosh kollektorlari joriy etilgandan so'ng gaz hisobiga qoplanadigan issiqlik miqdori $Q_{gaz} = Q_{nas} - Q_{kol}$ bo'lib mos ravishda

$$E_p = \eta_{qozon} \cdot Q_{gaz} \quad (5)$$

Shu tariqa, basseyn suvini isitish uchun birlamchi energiya tejami

$$\Delta E_p = E_{p0} - E_p \quad (6)$$

formula orqali aniqlanadi.

Maktab uchun tavsiya etilgan ochiq basseyn misolida soddalashtirilgan hisob-kitoblari o'tkazamiz. Bunda ochiq basseyn yuzasi $A_p = 12 \times 6 = 72 \text{ m}^2$; isitish uchun bazaviy maxsus sarf $q_0 = 800 \text{ kW} \cdot \text{soat} / \text{m}^2 \cdot \text{mavsum}$ deb qabul qilingan bo'lib zarur bo'lgan umumiy issiqlik talabi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_0 = A_p \cdot q_0 = 72 \cdot 800 = 57,6 \text{ MW} \cdot \text{soat} / \text{mavsum}$$



1-qadam. Passiv choralarni joriy etganda:

$$Q_{pas} = Q_0 \cdot k_{umumiy} \approx 57,6 \cdot 0,43 \approx 24,8 \text{ MW} \cdot \text{soat}$$

Ya'ni, faqat qoplama + shamoldan himoya + izolyatsiya hisobiga talab $\sim 57,6$ dan $\sim 25 \text{ MW} \cdot \text{soat}$ ga tushadi – tahmina 57% tejamkorlikka erishiladi.

2-qadam. Aktiv quyosh kollektorlarini qo'shamiz:

Bunda $A_{kol} = 40 \text{ m}^2$ polimer kollektro deb tanlasak,

$$Q_{quyosh} = 0,4 \cdot 40 \cdot 825 \approx 13,2 \text{ MW} \cdot \text{soat/mavsum}$$

Quyosh fraksiyasi:

$$f = Q_{pas} \cdot Q_{quyosh} \approx 24,813,2 \approx 0,53$$

demak, passiv choradan keyin qolgan talabning $\sim 53\%$ ini quyosh energiyasi hisobiga qoplash mumkin.

Qolgan qismi (gaz/qozon):

$$Q_{gaz} = Q_{pas} - Q_{quyosh} \approx 11,6 \text{ MW} \cdot \text{soat}$$

Yuqoridagi hisob kitoblarga ko'ra birlamchi energiya va CO₂ tejami

Gaz qozoni samaradorligi $\eta_{qozon} \approx 0,9$ da bazaviy holat (qoplama yo'q, quyosh yo'q) uchun:

$$E_{p0} = \eta_{qozon} \cdot Q_0 \approx 0,957,6 \approx 64 \text{ MW} \cdot \text{soat} \text{ бirlamчи энергия.}$$

Gibrid (passiv + aktiv (quyosh kollektorlari va issiqlik nasoslari asosida)) holati:

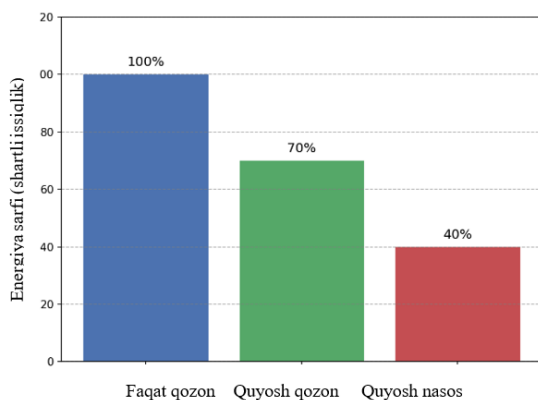
$E_p = \eta_{qozon} \cdot Q_0 \approx 0,911,6 \approx 12,9 \text{ MW} \cdot \text{soat}$ tashkil qiladi va birlamchi energiya tejami

$\Delta E_p \approx 4 - 12,9 \approx 51 \text{ MW} \cdot \text{soat/mavsum}$ tashkil qiladi bu esa, 78 – 80% atrofida birlamchi energiya tejiladi. Agar 1 m^3 tabiiy gaz $\approx 10 \text{ kW} \cdot \text{soat}$ hisobga olinsa, u holda

$\Delta V_{gaz} \approx 1051000 \approx 5100 \text{ m}^3/\text{mavsum}$. Shu bilan birga 1 m^3 gazdan $\approx 2 \text{ kg CO}_2$ chiqishi hisobga olinsa, bitta o'rtacha maktab basseynida CO₂ chiqarilishini kamaytirish potentsiali $\Delta m \cdot \text{CO}_2 \approx 5100 \cdot 2 \approx 10 \text{ t} \cdot \text{CO}_2/\text{mavsum}$ da tashkil qiladi.

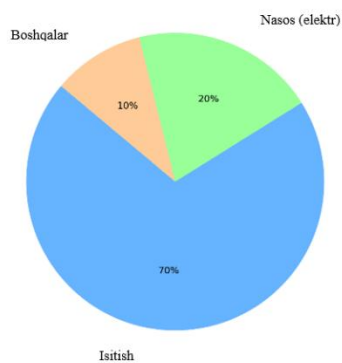
Olingan hisobiy natijalar suzish basseynlarida suvni isitish tizimiga keng ko'lamda quyosh energiyasiga integratsiya qilishning iqlimiy va ekologik jihatdan maqsadli ekanligini tasdiqlaydi (1–2 rasm).

Ta'kidlash lozimki, bog'cha uchun kichik basseynlarda raqamlar masshtabi kichik bo'ladi, lekin foiz jihatdan tejash darajasi o'xshash (70 – 80%) hamda passiv va aktiv quyosh isitishni birgalikda qo'llash natijasida bir mavsumda birlamchi energiya sarfini 70 – 80% gacha kamaytirish, tabiiy gaz iste'molini bir necha ming m^3 ga, CO₂ chiqarilishini esa 10 tonna atrofida qisqartirish mumkinligini ko'rsatdi (3-rasm).

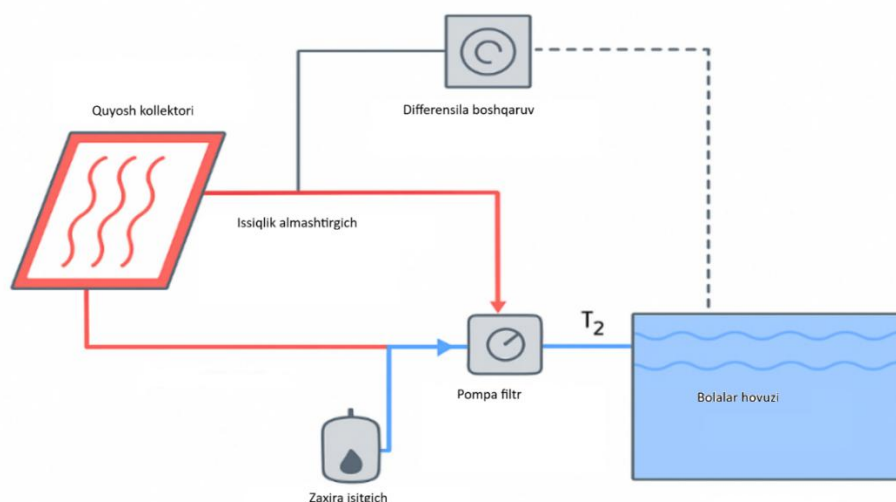


1-rasm. Suzish basseynlari uchun energiya sarfi taqsimoti turli ssenariyalarda.

Fig 1. Energy consumption for swimming pools distribution in different scenarios



2-rasm. CO₂ emissiyasining chiqishi
Fig 2. Output of SO₂ emissions



3-rasm. Bolalar basseyni uchun gibrid quyosh issitish tizimining sxemasi.
Fig 3. Diagram of a hybrid solar heating system for a children's pool.

4. Xulosa va takliflar (Conclusions and suggestions)

O'zbekiston iqlim sharoiti quyosh energiyasidan samarali foydalanish uchun qulay asos yaratadi. Yuqoridagi tahlil asosida quyidagi xulosa va tavsiyalarni bayon etamiz:

- **Material tanlash va konstruksiya.** Basseyn qurilishida issiqlikni uzoq saqlovchi, energiya samarador materiallarga ustunlik berish kerak. Masalan, fiberglass basseynlar suvni iliqqligini yaxshi ushlaydi va isitish xarajatlarini sezilarli kamaytiradi [4]. Beton basseyn qurilsa, uning devor-tubiga izolyatsiya qatlami qo'shish tavsiya etiladi. Bolalar muassasalarida xavfsizlik uchun silliq PVC yoki shishaplastik basseynlar maqsadga muvofiq – bu yuzalar jarohat xavfini va bakteriya yig'ilishini kamaytiradi.

- **Quyosh issiqlik tizimini integratsiya qilish.** Mavjud isitish tizimlariga quyosh kollektorlarini ulash orqali gidrid sxema yaratish eng samarali yo'ldir. Quyosh kollektorlari kunduzgi suvni bepul (quyosh energiyasi) isitib bersa, kechki va quyoshsiz paytlarda rezervdagi qozon yoki issiqlik nasosi avtomatik tarzda yoqilib, suv haroratini talab etilgan darajada ushlab turadi. Bunda intellektual boshqaruv tizimi havo prognoziga va suv datchiklari ko'rsatkichlariga ko'ra uskunalarni samarali tarzda navbatlashtirishi lozim. Yurtimizda o'tkazilgan tadqiqotlarga ko'ra, bunday integratsiya qilingan tizimlar yoqilg'i sarfini sezilarli darajada iqtisod qilishga imkon beradi (bir m² kollektor yiliga yuz kilogrammlab yoqilg'i tejaydi) [11].

- **Havo almashinuvi va namlik nazorati.** Yopiq basseyn binosida ASHRAE talablar va shu kabi me'yorlarga amal qilib, ventilyatsiya tizimini to'g'ri tashkil etish darkor. Havo haroratini suvdan biroz yuqori qilish, nam havoni quritgichlar orqali qayta aylantirish, chiqindi havodan issiqlikni rekuperatsiya qilish kabi choralar energiya samaradorligini oshiradi. Masalan, havo haroratini 2 °C yuqori qilganning o'zi bug'lanishni sezilarli qisqartiradi va suvni sovib ketishining oldini oladi [9]. Shuningdek, havo aylanishi uchun sarflanuvchi energiyani tejash maqsadida aqlli ventilyatsiya (taxminiy odamlar soni va havo sifatiga qarab avtomat o'zgaruvchi) joriy etish taklif etiladi.

- **Issiqlikni saqlash va izolyatsiya.** Basseynlar uchun energiya samaradorligini oshirishning oddiy, biroq ta'sirchan yo'li – bug'lanish va issiqlikning tashqariga o'tishini cheklash. Ochiq basseynlarni foydalanilmayotgan paytda maxsus quyosh nurini o'tkazuvchi qoplama bilan yopib qo'yish kerak (bu suvning sovishini 30 – 40% gacha kamaytiradi) [16]. Yopiq basseynlarda esa suv yuzasidan bug'lanib chiqqan nam havoni qayta sovutib, kondensatsiyalash orqali suvni qayta aylantirish texnologiyalari qo'llanilishi mumkin. Bundan tashqari, basseyn atrofi va tepaga qo'shimcha issiqlik izolyatsiya paneli o'rnatish, devor va yer ostiga yuqori R-qiymatli (issiqlikka qarshiligi yuqori) materiallar qoplash taklif etiladi.

- **Me'yoriy integratsiya va nazorat.** Loyihalashda xalqaro va mahalliy me'yoriy hujjatlar talablarini integratsiya qilish zarur. Masalan, FINA va milliy standartlarga muvofiq chuqurlik va uskuna xavfsizlik talablariga rioya qilish, EN 15288 standartlariga muvofiq basseyn yuzasining tayyorlanishi va material tanlash, ASHRAE ko'rsatmalariga muvofiq HVAC (isitish, ventilyatsiya, konditsionerlash) tizimlarini loyihalash – bularning barchasi birgalikda yaxlit samarador tizim yaratishga xizmat qiladi. Albatta, har bir basseyn majmuasi uchun yakka tartibda energoaudit o'tkazib, eng ko'p energiya sarflanuvchi nuqtalarni aniqlash va shu nuqtalarda texnologik yaxshilash ishlarini amalga oshirish ham tavsiya etiladi.



Shunday qilib, O'zbekiston sharoitida quyosh energiyasi basseyn suvini isitish uchun katta salohiyatga egadir [19]. Yuqorida bayon etilgan tadqiqot va tahlillar shuni ko'rsatadiki, to'g'ri material tanlash, zamonaviy quyosh issiqlik tizimlarini joriy etish, havo almashishni nazorat qilish hamda izolatsiya choralari qo'llash orqali basseynlarning energiya samaradorligini keskin oshirish mumkin. Bu esa uzoq muddatda iqtisodiy tejamkorlikka, atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini kamaytirishga va eng muhimi – foydalanuvchilar uchun qulay va barqaror issiq suv muhitini yaratishga xizmat qiladi.

АДАБИЁТ

1. Tashkent Times. (2024). Tashkent MPs back rise in hot water and heating price: Households pay only 18% of real cost, the rest subsidized by city budget. Retrieved from Tashkent Times website. <https://tashkenttimes.uz/national/15887-tashkent-mps-back-rise-in-hot-water-and-heating-price?utm>.
2. Euronews. (2022, December 21). *Uzbekistan makes strides towards a greener future through solar energy*. Retrieved from Euronews website. <https://www.euronews.com/business/2022/12/21/uzbekistan-makes-strides-towards-a-greener-future-through-solar-energy?utm>.
3. К. Р. Аллаев. Современная энергетика и перспективы ее развития / Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi, Монография. Ташкент 2021. 952 страници.
4. Schiller Pools. (2025). Does a fiberglass pool keep water warmer than a concrete pool? Retrieved from Schiller Pools website. <https://schillerpools.com/heat-retention-fiberglass-vs-concrete/?utm>.
5. Tencom Ltd. (n.d.). Cost Breakdown: Is Fiberglass Pultrusion Worth the Investment? Retrieved from Tencom Ltd. website. <https://www.tencom.com/blog/cost-breakdown-is-fiberglass-pultrusion-worth-the-investment?utm>.
6. How Long Do Vinyl Liner Pools Last? — <https://www.riverpoolsandspas.com/blog/how-long-vinyl-liner-pools-last>.
7. ecoFINISH Coatings. (2023, December 22). How long does ecoFINISH last? <https://ecofinishcoatings.com/2023/12/22/how-long-does-ecofinish-last>.
8. Sport England. (2011). Swimming Pools: Design Guidance Note (Rev. 003). Sport England. <https://sportengland-production-files.s3.eu-west-2.amazonaws.com/s3fs-public/swimming-pools-design-2011-rev3.pdf>.
9. Mississippi Valley ASHRAE. (2023, January). Indoor Pools: HVAC Overview (Indoor Pools Temp & Humidity). https://mississippivalleyashrae.org/docs/ASHRAE-Pool-Dehum-2023_%20January.pdf?utm_source=chatgpt.com.
10. Filipović, P., et al. (2023). Evaluation of a novel polymer solar collector using experimental and simulation methods. *Applied Energy*, 337, 120778. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544223019527?utm_source=chatgpt.com.
11. Anarbaev, A. I. (2024). Повышение эффективности теплоснабжения зданий в системах с тепловыми насосами и солнечными установками (докторская диссертация). Институт Проблем Энергетики АН РУз. <https://ru.scribd.com/presentation/832609498/Анарбаев-5-09-24>.
12. ASHRAE. (2013). ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (Table 6-1). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. https://ierga.com/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/ASHRAE62.12013.pdf?utm_source=chatgpt.com.
13. ASHRAE Mississippi Valley Chapter. (2023, January). Indoor Pools: HVAC Overview (Indoor Pools Temp & Humidity). https://www.mississippivalleyashrae.org/docs/ASHRAE-Pool-Dehum-2023_%20January.pdf?utm_source=chatgpt.com.
14. Мирзабаев А. М., Матчанов Н.А., Вохидов А.У., З.Дж.Арзиев. Энергоэффективность в проектировании открытых бассейнов: солнечные системы подогрева воды. Каршинский инженерно-экономический институт, журнал «Инновационные технологии» Том 56, №4, 2024. Стр. 21-31.
15. Gómez-Guillén, J. J., et al. (2024). Water and Energy Sustainability of Swimming Pools. *Water*, 16(8), 1158. https://www.mdpi.com/2073-4441/16/8/1158?utm_source=chatgpt.com.
16. Wang, B., et al. (2023). Study on the Evaporation Suppression Efficiency and Economic Feasibility of Reservoir Covers. *Water*, 15(6), 1047. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/6/1047>.
17. Álvaro de la Puente-Gil, Miguel de Simón-Martín, Alberto González-Martínez, Ana-María Díez-Suárez and Jorge-Juan Blanes-Peiró. The Internet of Things for the Intelligent Management of the Heating of a Swimming Pool by Means of Smart Sensors / Energy Resources' Smart Management (ERESMA) Research Group, Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas, Universidad de León, 24071 León, Spain. *Sensors* 2023, 23(5), 2533; <https://doi.org/10.3390/s23052533>.
18. Матчанов Н.А., Арзиев З.Д.. Инновационные системы подогрева воды в бассейнах / ин-



форматика ва энергия муаммолари, 2024 йил, стр-78-91.

19. Аvezов Р.Р., Аvezова Н.Р., Матчанов Н.А., Сулейманов Ш.И., Абдукадилова Р.Д.. История развития и состояние использования солнечной энергии в Узбекистане. Гелиотехника, 2012, №1, с.17-23.

REFERENCES

1. Tashkent Times. (2024). Tashkent MPs back rise in hot water and heating price: Households pay only 18% of real cost, the rest subsidized by city budget. Retrieved from Tashkent Times website. <https://tashkenttimes.uz/national/15887-tashkent-mps-back-rise-in-hot-water-and-heating-price?utm>.
2. Euronews. (2022, December 21). Uzbekistan makes strides towards a greener future through solar energy. Retrieved from Euronews website. <https://www.euronews.com/business/2022/12/21/uzbekistan-makes-strides-towards-a-greener-future-through-solar-energy?utm>.
3. Allayev, K. R. (2021). Modern Energy and Prospects for its Development. Tashkent: Fan va Texnologiyalar Publishing House. 952 p.
4. Schiller Pools. (2025). Does a fiberglass pool keep water warmer than a concrete pool? Retrieved from Schiller Pools website. <https://schillerpools.com/heat-retention-fiberglass-vs-concrete/?utm>.
5. Tencom Ltd. (n.d.). Cost Breakdown: Is Fiberglass Pultrusion Worth the Investment? Retrieved from Tencom Ltd. website. <https://www.tencom.com/blog/cost-breakdown-is-fiberglass-pultrusion-worth-the-investment?utm>.
6. How Long Do Vinyl Liner Pools Last? — <https://www.riverpoolsandspas.com/blog/how-long-vinyl-liner-pools-last>.
7. ecoFINISH Coatings. (2023, December 22). How long does ecoFINISH last? <https://ecofinishcoatings.com/2023/12/22/how-long-does-ecofinish-last>.
8. Sport England. (2011). Swimming Pools: Design Guidance Note (Rev. 003). Sport England. <https://sportengland-production-files.s3.eu-west-2.amazonaws.com/s3fs-public/swimming-pools-design-2011-rev3.pdf>.
9. Mississippi Valley ASHRAE. (2023, January). Indoor Pools: HVAC Overview (Indoor Pools Temp & Humidity). https://mississippivalleyashrae.org/docs/ASHRAE-Pool-Dehum-2023_%20January.pdf?utm_source=chatgpt.com.
10. Filipović, P., et al. (2023). Evaluation of a novel polymer solar collector using experimental and simulation methods. Applied Energy, 337, 120778. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544223019527?utm_source=chatgpt.com.
11. Anarbaev, A. I. (2024). Improving the Efficiency of Building Heat Supply in Systems with Heat Pumps and Solar Installations (Doctoral dissertation). Institute of Energy Problems, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. <https://ru.scribd.com/presentation/832609498/Анарбаев-5-09-24>.
12. ASHRAE. (2013). ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (Table 6-1). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. https://ierga.com/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/ASHRAE62.12013.pdf?utm_source=chatgpt.com.
13. ASHRAE Mississippi Valley Chapter. (2023, January). Indoor Pools: HVAC Overview (Indoor Pools Temp & Humidity). https://www.mississippivalleyashrae.org/docs/ASHRAE-Pool-Dehum-2023_%20January.pdf?utm_source=chatgpt.com.
14. Mirzabaev, A. M., Matchanov, N. A., Vokhidov, A. U., & Arziev, Z. J. (2024). Energy Efficiency in the Design of Outdoor Swimming Pools: Solar Water Heating Systems. Innovative Technologies, 56(4), 21–31. Karshi Engineering and Economics Institute.
15. Gómez-Guillén, J.J., et al. (2024). Water and Energy Sustainability of Swimming Pools. Water, 16(8), 1158. https://www.mdpi.com/2073-4441/16/8/1158?utm_source=chatgpt.com.
16. Wang, B., et al. (2023). Study on the Evaporation Suppression Efficiency and Economic Feasibility of Reservoir Covers. Water, 15(6), 1047. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/6/1047>.
17. Álvaro de la Puente-Gil, Miguel de Simón-Martín, Alberto González-Martínez, Ana-María Díez-Suárez and Jorge-Juan Blanes-Peiró. The Internet of Things for the Intelligent Management of the Heating of a Swimming Pool by Means of Smart Sensors / Energy Resources' Smart Management (ERESMA) Research Group, Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas, Universidad de León, 24071 León, Spain. *Sensors* **2023**, 23(5), 2533; <https://doi.org/10.3390/s23052533>.
18. Matchanov, N. A., & Arziev, Z. D. (2024). Innovative Water Heating Systems in Swimming Pools. Informatics and Energy Problems, pp. 78–91.
19. Avezov, R. R., Avezova, N. R., Matchanov, N. A., Suleymanov, Sh. I., & Abdukadirova, R. D. (2012). History and Current State of Solar Energy Utilization in Uzbekistan. Heliotechnics, (1), 17–23