

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

2026-YIL

OKTABR / 10-SON, I-QISM



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google
Scholar

ISSN
INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, oktabr.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afarovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellash
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

LEARNING TRAJECTORIES OF INCLUSIVE LEARNERS IN AN INTENSIVE PEER-TO-PEER LEARNING ENVIRONMENT: POOL-TO-MAIN-TRACK TRANSITION AND PERSISTENCE	9
Ibrojimova Nodira	
DON MAHSULOTLARI KORXONALARIDA RESURSLARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI BAHOLASH VA TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI	14
Aipova Iroda Ikramovna	
BOSHQARUV HISOBOTI SIFATINI BAHOLASH, ICHKI NAZORAT VA AUDIT MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....	18
Eshniyazova Yulduz Yuldashbayevna	
KONTREYLER TASHISHLARINI TASHKIL ETISHDA YUK OQIMLARINI TRANSPORT TARMOG'I BO'YICHA TAQSIMLASH.....	22
Yakupbayev Xamid, Myxamedova Ziyoda, Boboyev Diyor	
QUYOSH ENERGIYASI ASOSIDAGI NAMLANTIRISH-BUG'LANTIRISH USULIDAGI CHUCHUKLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARI: TIZIM VA KOMPONENT DARAJASIDAGI INNOVATSIYALARNING TAHLILIIY SHARHI.	28
G'afurova Marjona Tolib qizi	

QUYOSH ENERGIYASI ASOSIDAGI NAMLANTIRISH–BUG`LANTIRISH USULIDAGI CHUCHUKLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARI: TIZIM VA KOMPONENT DARAJASIDAGI INNOVATSIYALARNING TAHLILIIY SHARHI



G'afurova Marjona Tolib qizi

Buxoro viloyati Buxoro shahar 41-maktab fizika fani o'qituvchisi

Email: marjonagafurova901@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada quyosh energiyasi asosida ishlaydigan namlantirish–bug`lantirish usulidagi chuchuklashtirish texnologiyalarining zamonaviy holati va rivojlanish yo'nalishlari tahlil qilingan. Tadqiqotning maqsadi tizim konfiguratsiyalari va alohida komponentlar darajasidagi innovatsion yechimlarni qiyosiy baholash hamda ularning samaradorligini aniqlashdan iborat. Mavjud ilmiy tadqiqotlar asosida teskari osmos, termal chuchuklashtirish va quyosh energiyasiga asoslangan namlantirish–bug`lantirish tizimlarining imkoniyatlari qiyoslangan. Quyosh tizimlarining 60–85 °C haroratda ishlashi, membrana talab qilmasligi va sutkasiga 5–100 m³ suv ishlab chiqarishga mosligi ko'rsatib berilgan. Shuningdek, namlagich, namsizlantirgich, to'ldirgich materiallari, fazaviy o'tish materiallari va gibridd tizimlarning samaradorligi tahlil qilingan. Natijalar quyosh energiyasi asosidagi namlantirish–bug`lantirish texnologiyalarining energiya samaradorligi va barqaror suv ta'minotini oshirishdagi istiqbollarini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: chuchuklashtirish; namlantirish–bug`lantirish; quyosh energiyasi; erishilgan chiqish nisbati; to'ldirgich material; fazaviy o'tish material; gibridd tizimlar; barqarorlik.

Аннотация: В статье проанализированы современное состояние и направления развития технологий опреснения воды методом увлажнения–испарения, работающих на основе солнечной энергии. Цель исследования заключается в сравнительной оценке инновационных решений на уровне конфигураций систем и отдельных компонентов, а также в определении их эффективности. На основе существующих научных исследований сопоставлены возможности систем обратного осмоса, термического опреснения и систем увлажнения–испарения, основанных на солнечной энергии. Показано, что солнечные системы способны работать при температуре 60–85 °C, не требуют использования мембран и подходят для производства 5–100 м³ воды в сутки. Также проанализирована эффективность увлажнителей, осушителей, материалов наполнителей, фазопереходных материалов и гибридных систем. Результаты показывают перспективность технологий увлажнения–испарения на основе солнечной энергии в повышении энергоэффективности и обеспечении устойчивого водоснабжения.

Ключевые слова: опреснение; увлажнение–осушение; солнечная энергия; коэффициент полученного выхода; насадочный материал; материал с фазовым переходом; гибридные системы; устойчивость.

Abstract: This article analyzes the current state and development trends of solar energy-based humidification–dehumidification desalination technologies. The aim of the study is to comparatively evaluate innovative solutions at the system configuration and individual component levels and determine their efficiency. Based on existing scientific studies, the capabilities of reverse osmosis, thermal desalination, and solar energy-based humidification–dehumidification systems are compared. It is shown that solar-powered systems can operate at temperatures of 60–85 °C, do not require membranes, and are suitable for producing 5–100 m³ of water per day. The efficiency of humidifiers, dehumidifiers, packing materials, phase-change materials, and hybrid systems is also analyzed. The results demonstrate the potential of solar energy-based humidification–dehumidification technologies to improve energy efficiency and ensure sustainable water supply.

Keywords: desalination; humidification–dehumidification; solar energy; gained output ratio; packing material; phase change material; hybrid systems; sustainability.



KIRISH

Chuchuk suv resurslaridan samarali foydalanish XXI asrda barqaror rivojlanishning muhim yo'nalishlaridan biridir. Sanoatlashuv, urbanizatsiya va resurslardan foydalanish jarayonlarining takomillashuvi suv resurslarini boshqarish va ulardan samarali foydalanish imkoniyatlarini global miqyosda kengaytirmoqda [1]. Agrawal va boshqalar sharhiga ko'ra, suv resurslaridan samarali foydalanish masalasi taxminan 66 mamlakat aholisining uchdan ikki qismidan ko'prog'i uchun muhim ahamiyatga ega. Suv resurslaridan foydalanish ehtiyoji yuqori bo'lgan shahar aholisi 2000-yilgacha taxminan 500 mln kishi bo'lgan, 2050-yilga borib 1,9 mlrd kishiga yetishi kutiladi [2]. Yer suvining taxminan 97 foizi sho'r. Dengiz suvining sho'rliqi 30 000–45 000 mg/L bo'lgani holda, Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ichimlik suvi uchun 500–1000 mg/L chegarasini belgilagan [2]. Ushbu ko'rsatkichlar chuchuklashtirish texnologiyasini muqobil suv manbai sifatida rivojlantirish va undan samarali foydalanish imkoniyatlarini ko'rsatadi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI.

Quyosh energiyasi asosida chuchuklashtirish, xususan, namlantirish–bug'lantirish (HDH) texnologiyalari bo'yicha tadqiqotlar asosan tizim konfiguratsiyasi, namlagich va namsizlantirgich konstruksiyasi, issiqlik energiyasini saqlash hamda gibrid tizimlarni takomillashtirish yo'nalishlarida olib borilgan. Santosh va boshqalar HDH tizimlarida namlagich va namsizlantirgichlarning konstruktiv hamda ekspluatatsion xususiyatlarini tahlil qilgan [1]. Agrawal va boshqalar esa quyosh HDH texnologiyalarini tizim va komponent darajasida umumlashtirib, turli konfiguratsiyalar va innovatsion yechimlarning samaradorligini qiyoslagan [2]. Eke va boshqalar hamda Jones va boshqalar chuchuklashtirish texnologiyalarining global rivojlanishi, energiya talabi va sho'r oqavalarni boshqarish masalalarini tadqiq etgan [3–4].

Kasaeian va boshqalar quyosh HDH tizimlarining ishlash mexanizmlari va samaradorligini tanqidiy tahlil qilgan bo'lsa, Narayan va boshqalar mazkur texnologiyaning kichik miqyosdagi markazlashtirilgan suv ta'minotidagi imkoniyatlarini ko'rsatgan [5–6]. Garg va boshqalar arzon to'ldirilgan qatlamli namlagich va issiqlik almashtirgichdan foydalanish samaradorligini eksperimental o'rgangan, Mahmoudi va boshqalar esa HDH tizimlarida samaradorlikni oshirish usullarini umumlashtirgan [8–9].

Keyingi tadqiqotlarda HDH texnologiyasini boshqa chuchuklashtirish usullari bilan birlashtirishga ham katta e'tibor qaratilgan. Sonkar va boshqalar adsorbsion va HDH tizimlarining gibrid variantlarini, Hassan va boshqalar esa energiya samaradorligi yuqori bo'lgan gibrid tizimlarni tahlil qilgan [10–11]. Abdullah va boshqalar HDH va teskari osmosni quyosh energiyasi bilan integratsiyalash orqali energiya sarfi va suv tannarxini kamaytirish imkoniyatlarini tadqiq etgan [12].

Komponent darajasidagi tadqiqotlarda pufakchali kolonna, purkash minorasi, to'ldirgich materiallar va turli namsizlantirgich konstruksiyalarining samaradorligi o'rganilgan [13–22]. Shuningdek, fazaviy o'tish materiallari va issiqlik energiyasini saqlash texnologiyalaridan foydalanish quyosh nurlanishi mavjud bo'lmagan davrda tizimning uzluksiz ishlashini ta'minlash imkoniyati sifatida qaralgan [23–25].

So'nggi tadqiqotlarda HDH tizimlarining ekologik, iqtisodiy va raqamli jihatlari ham kengaymoqda. Miladi va boshqalar hayotiy sikl tahlili orqali ekologik samaradorlikni, Rajesh va boshqalar texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni, An va boshqalar esa mashinaviy o'qitish yordamida tizim unumdorligini bashorat qilish imkoniyatlarini o'rgangan [26–28].

Umuman olganda, mavjud adabiyotlarda HDH tizimlarining alohida komponentlari va turli konfiguratsiyalari bo'yicha muhim natijalar shakllangan. Biroq tizim konfiguratsiyasi, komponent innovatsiyalari, issiqlik energiyasini saqlash, gibrid texnologiyalar, iqtisodiy va ekologik samaradorlikni yagona mezonlar asosida kompleks qiyoslash masalasi yetarlicha umumlashtirilmagan. Shu jihatdan mazkur tadqiqot mavjud ilmiy natijalarni tizim va komponent darajasida birgalikda tahlil qilishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqot tahliliy sharh (analitik obzor) xarakteriga ega bo'lib, sifat va miqdoriy ma'lumotlarni birgalikda umumlashtiruvchi tizimli yondashuvga asoslangan. Tadqiqotning maqsadi quyosh energiyasi bilan ishlaydigan namlantirish–bug'lantirish tizimlari bo'yicha mavjud eksperimental va nazariy natijalarni yagona mezonlar asosida qiyoslash, ularning kuchli va zaif tomonlarini aniqlash hamda bilim bo'shliqlarini belgilashdir. Tadqiqot quyidagilar amalga oshirilgan: tizim konfiguratsiyalari (ochiq va yopiq havo hamda suv sikllari) eng yuqori erishilgan chiqish nisbati va unumdorlikni beradi, namlagich turi (purkash balandligi, namlash materiali), bevosita va bilvosita kontaktli bug'lantirgichlarning afzalliklari va cheklovlari, fazaviy o'tish materiali va issiqlik energiyasini saqlash quyosh bo'lmagan vaqtda qay darajada bartaraf etilishi ko'rilgan.

TAHLIL VA NATIJALAR

Hozirda dunyoda 16 876 ga yaqin chuchuklashtirish zavodi ishlaydi. 2020-yil boshida o'rnatilgan quvvat taxminan 97,2 mln m³/sutkani tashkil etgan, 2010–2019-yillarda esa yiliga o'rtacha 7 foizga o'sgan [2, 3]. Quvvatning 60–65 foizini teskari osmos, ya'ni sho'r suvni yuqori bosim ostida yarim o'tkazgich membrana orqali o'tkazish usuli egallaydi. Termal usullarning ham chuchuklashtirish jarayonlarida o'ziga xos amaliy imkoniyatlari mavjud. Ular ko'p bosqichli chaqnash bug'latish distillyatsiyasi, ya'ni qizdirilgan sho'r suv ketma-ket pasaytiriladigan bosim bosqichlarida birdaniga bug'lanishi, hamda ko'p effektli distillyatsiya, ya'ni bir effektning bug' izzig'ligi keyingisini isitishi usullaridir. Xomashyo manbalari orasida dengiz suvi (taxminan 59 foiz) va sho'r yer osti suvi (taxminan 23 foiz) ustun turadi [2, 4]. Mavjud texnologiyalar energiya samaradorligini oshirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish va sho'r oqavalarni samarali boshqarish yo'nalishlarida takomillashtirilmoqda. Teskari osmos texnologiyasida membranalarni samarali boshqarish, yuqori bosim tizimlarini optimallashtirish va avtonom sharoitlarda qo'llash imkoniyatlarini kengaytirish bo'yicha yangi yechimlar rivojlanmoqda [2, 3]. Karbonat anhidrid gazlarining havoga chiqishini kamaytirish siyosati kuchayayotgan bir paytda chuchuklashtirishning quyosh kabi qayta tiklanuvchi manbalar bilan integratsiyalashuvi uning barqaror rivojlanish imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Quyosh energiyasi bilan ishlaydigan usullar orasida quyosh distillyatorlari sodda tuzilishga ega bo'lib, ularning kondensatsiya jarayonlarini takomillashtirish orqali unumdorlikni oshirish imkoniyatlari mavjud [2]. Kichik va o'rta miqyosdagi, uzluksiz bo'lmagan suv ta'minoti sharoitida, ya'ni qishloq va yarim qurg'oqchil hududlarda, namlantirish–bug'lantirish usuli keng qo'llaniladi. Bu usulda sho'r suv isitilgan havoga bug'lantiriladi (namlagich), so'ng nam havo sovitilib, undagi bug' kondensatsiyalanadi va chuchuk suv olinadi (namsizlantirgich). Usul tabiiy gidrologik siklni taqlid qiladi, past ish haroratlarida (60–85 °C) va past potentsialli issiqlik bilan ishlaydi, modulli va turli quyosh kollektorlari bilan oson birlashadi [5–6]. Sutkasiga 1–10 m³ quvvatli kichik qurilmalarda solishtirma termal va elektr sarfi mos ravishda 260–300 va 3–6 kWh/m³ oralig'ida qayd etilgan [7]. Garg va boshqalar bu usul sutkasiga 5–100 m³ oralig'ida eng mos ekanini ko'rsatgan. Ularning arzon to'ldirilgan qatlamli namlagich va qovurg'ali quvvurli issiqlik almashtirgichli tizimi sutkasiga taxminan 125,5 L unumdorlikka, 4,0 dollar/m³ keltirilgan suv tannarxiga va 1500 dollardan kam kapital xarajatga ega bo'lgan [8–9].

Ushbu tadqiqotda sohaning hozirgi holatini aniq ko'rsatadi va men ularning xulosasiga qo'shilaman: alohida komponentni takomillashtirish tizim samaradorligini yanada oshirish imkoniyatini beradi. Shu bilan birga, har bir sharh mavzuning muayyan jihatlarini yoritgan. Shuning uchun ularning natijalarini bir jadvalda qiyoslash ushbu maqolaning asosiy hissasi bo'la oladi.

Sonkar va boshqalar adsorbsion chuchuklashtirish bilan namlantirish–bug'lantirishning quyosh gibriz tizimlarini tahlil qilib, adsorbsion chuchuklashtirishda suvni qaytarib olish koeffitsiyenti 80 foizdan yuqori ekanini va gibriz tizimlarda suv tannarxi 1,4–2,24 dollar/m³ ekanini ko'rsatdi [10]. Hassan va boshqalar quyosh tizimlarida erishilgan chiqish nisbati 0,87–5,2, termodinamik kuchaytirilgan tizimlarda 7,4 gacha, quyosh yordamidagi gibriz tizimlarda esa suvning keltirilgan tannarxi 0,12 dollar/m³ gacha pasayishini keltirdi [11]. Shu bilan birga, mavjud sharhlarning aksariyati bu yo'nalish rivojini turli jihatlar asosida yoritadi. Tizim konfiguratsiyalari, komponent darajasidagi yangiliklar, issiqlik energiyasini saqlash, ishlash ko'rsatkichlari va barqarorlik jihatlarining yaxlit qiyosiy baholashi ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlarni yanada boyitish imkonini beradi. Fazaviy o'tish materiali va issiqlik energiyasini saqlashni quyosh tizimlariga integratsiyalash bo'yicha tizimli umumlashtirish ushbu yo'nalishning ilmiy-amaliy imkoniyatlarini yanada kengaytiradi [2].

Ochiq siklda 1 kg suvning bug'lanishi 10 kg dengiz suvini 60 °C ga sovitishi mumkin. Bunda hajmning 5–20 foizi chuchuk suvga aylanadi, issiqlikdan foydalanish samaradorligini oshirish esa tizim imkoniyatlarini yanada kengaytiradi. Yopiq siklli tizimlar kamroq energiya sarfi bilan ko'proq chuchuk suv beradi [2]. Havo yopiq, suv ochiq siklda ishlovchi Qohiradagi qurilmada eng yuqori unumdorlik 17,04 kg/sutka, eng yuqori erishilgan chiqish nisbati 1,79 va suv tannarxi taxminan 0,017 dollar/L bo'lgan, bunda qurilmaning ishlashi ish parametrlarini maqbul boshqarish orqali samaradorlikni yanada oshirish imkonini beradi [12]. Suv yopiq, havo ochiq siklda ishlovchi tizimda yuqori suv haroratida unumdorlik oshgan va sovituvchi suv sarfining kamayishi samarali bo'lgan [13]. Suv yopiq siklining muhim jihati namlagichdan chiqayotgan suvning sovish jarayonini samarali tashkil etish imkoniyatidir. Biroq yuqori samarali namlagich bilan suv harorati tashqi havoning ho'l termometr haroratiga yaqinlashib, yopiq suv sikli ochiq siklni ham ortda qoldirishi mumkin (1-jadval) [2].

1-jadval. Quyosh HDH tizimlarining asosiy natijalari¹

Yo'nalish	Eng yaxshi natija	Havola	Asosiy xulosa
Tizim konfiguratsiyasi (havo yopiq, suv ochiq sikl)	Unumdorlik 17,04 kg/sutka, erishilgan chiqish nisbati 1,79, tannarx taxminan 0,017 dollar/L	[12]	Yopiq sikl kamroq energiya sarflab ko'proq suv beradi, lekin ish parametrlariga sezgir
Purkash minorasi	Namlash samaradorligi 55 foiz	[16]	Tuzilishi sodda, samaradorligi nisbatan past
Pufakchali kolonna	Unumdorlik 8,22 kg/soat; namlik nisbati 0,188 kg/kg	[15], [14]	Issiqlik va massa almashinuvi yuqori, havo oldindan isitilganda yanada samarali
Pufakchali kolonna va qo'sh maqsadli quyosh kollektori	Erishilgan chiqish nisbati 3,3, unumdorlik 23,92 L/m ² , tannarx 0,019 dollar/L	[13]	Pufakchali tizimlar ichida eng yaxshi natija
To'ldirilgan qatlam (mayda g'ovakli ko'pik)	Erishilgan chiqish nisbati 4,23	[17]	Solishtirma sirti katta, yaxshi namlanuvchi tuzilmali materiallar ustun
To'ldirilgan qatlam (sellyuloza, chuqurchali)	22 kg/sutka; 5 mm gofra balandligi eng samarali	[19], [18]	Sellyuloza va chuqurchali to'ldirgichlar ishonchli natija beradi
Namsizlantirgich (issiqlik nasosi, bevosita kontaktli)	Erishilgan chiqish nisbati 4,17, unumdorlik 89,27 L/soat, tannarx 0,016 dollar/L	[20]	Eng yuqori ko'rsatkich issiqlik nasosi bilan bog'langan tizimda
Namsizlantirgich (sho'r oqavani qayta aylantirish)	Qaytarib olish koeffitsiyenti 66 dan 86 foizgacha, erishilgan chiqish nisbati 0,65 dan 0,45 gacha	[21]	Qaytarib olish oshadi, lekin issiqlik yuki ortib, samaradorlik pasayadi
Namsizlantirgich (V-shaklli to'siqli)	Unumdorlik 60 foizga oshgan	[22]	Geometrik takomillashtirish kondensatsiyani kuchaytiradi
Fazaviy o'tish materiali va issiqlik energiyasini saqlash	Unumdorlik taxminan 84 foizgacha oshgan; kechasi 0,89 kWh issiqlik	[23], [24], [25]	Uzluksiz ishlash va haroratni barqarorlashtirishda foydali, lekin erishilgan chiqish nisbatiga ta'siri cheklangan
Gibrid tizim (namlantirish–bug'lantirish va teskari osmos)	Erishilgan chiqish nisbati 11,15; solishtirma energiya sarfi 1,1 dan 0,63 kWh/m ³ gacha; tannarx 0,63 dollar/m ³	[12]	Tavsiya etilgan kamida 8 qiymatdan oshgan yagona yondashuv
Quyosh tizimlari (sharhlar bo'yicha umumiy oraliq)	Erishilgan chiqish nisbati 0,87–5,2 (7,4 gacha), keltirilgan tannarx 0,12 dollar/m ³ gacha	[11]	Ko'pchilik quyosh tizimlari tijoriy darajadan past
Hayotiy sikl va barqarorlik	Fotoelektrik energiyaga o'tishda CO ₂ chiqindisi 92 foizga kamaygan; energiya qaytarilish muddati 1,9 yil	[26], [27]	Atrof-muhit foydasi aniq, lekin ayrim zaharlilik toifalarida ta'sir yomonlashgan
Arzon avtonom tizim	Unumdorlik taxminan 125,5 L/sutka, tannarx 4,0 dollar/m ³ , kapital xarajat 1500 dollardan kam	[8]	Chekka hududlar uchun amaliy, ammo suv tannarxi yuqori
Sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv	Unumdorlik ochiq kunda 25 foiz, bulutli kunda 49 foiz oshgan; energiya sarfi 58 foiz kamaygan	[7], [28]	Bashorat aniqligi yuqori (determinatsiya koeffitsiyenti 0,93–0,977), real vaqtdagi boshqaruvga o'tish boshlangan

XULOSA VA TAKLIFLAR

1. Quyosh bilan ishlaydigan tizimlar mos va samaradorlikni yanada oshirish imkoniyatiga ega. Bu tizimlar quyosh issiqligi (60–85 °C) bilan ishlaydi, membrana kerak emas va kuniga 5–100 m³ suv kerak bo'lgan chekka joylar uchun mos keladi. Ularning issiqlikdan foydalanish ko'rsatkichi (erishilgan chiqish nisbati) odatda 0,87–5,2 atrofida bo'lib, ushbu ko'rsatkich tizimlarning issiqlik energiyasidan foydalanish imkoniyatlarini ifodalaydi.

1 Manba: Muallif ishlanmasi.

Bu ko'rsatkich bir birlik issiqlikdan necha marta foydalanilganini bildiradi. Katta zavodlar bilan raqobatlashish uchun kamida 8 bo'lishi ushbu tizimlarning samaradorligini yanada rivojlantirish imkoniyatini ko'rsatadi.

2. Namlagichda mayda g'ovakli ko'pik, selluloza va chuqurchali materiallar yuqori samaradorlikni namoyon etgan, bunda issiqlikdan foydalanish ko'rsatkichi 4,23 ga yetgan. Havo pufakchalari orqali o'tadigan kolonna quyosh havo isitgichi bilan birga 3,3 ko'rsatkichni va 1 litr suv uchun 0,019 dollar tannarxni bergan. Namsizlantirgichda issiqlik nasosi bilan ishlaydigan tizim yuqori natijani ko'rsatgan: ko'rsatkich 4,17, 1 litr suv tannarxi 0,016 dollar ekanligi aniqlangan.

3. Namlantirish–bug'lantirish tizimini teskari osmos bilan birlashtirganda issiqlikdan foydalanish ko'rsatkichi 11,15 ga yetgan, ya'ni 8 dan ancha yuqori. Shu tizimda 1 m³ suv olish uchun sarflangan elektr energiya 1,1 dan 0,63 kWh gacha kamaygan, bu taxminan 43 foiz tejash imkonini beradi. Issiqlikni saqlovchi materiallar (parafin) kechasi ham ishlashga yordam bergan va suv miqdorini taxminan 84 foiz oshirganligi aniqlangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Santosh R., Lee H.-S., Kim Y.-D. A comprehensive review on humidifiers and dehumidifiers in solar and low-grade waste heat powered humidification–dehumidification desalination systems. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 347, 131300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131300>
2. Agrawal R., Irfan I., Kumar R., Mushtaq K. Performance of solar humidification–dehumidification desalination technologies for sustainable water and energy systems: Review of innovations at system and component levels. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2026, 307, 114632. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2026.114632>
3. Eke J., Yusuf A., Giwa A., Sodi A. The global status of desalination: an assessment of current desalination technologies, plants and capacity. *Desalination*, 2020, 495, 114633. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114633>
4. Jones E., Qadir M., van Vliet M.T.H., Smakhtin V., Kang S.M. The state of desalination and brine production: a global outlook. *Science of the Total Environment*, 2019, 657, 1343–1356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.076>
5. Kasaeian A., Babaei S., Jahanpanah M., Sarrafha H., Alsagri A.S., Ghaffarian S., va boshq. Solar humidification–dehumidification desalination systems: a critical review. *Energy Conversion and Management*, 2019, 201, 112129. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112129>
6. Narayan G.P., Sharqawy M.H., Summers E.K., Lienhard J.H., Zubair S.M., Antar M.A. The potential of solar-driven humidification–dehumidification desalination for small-scale decentralized water production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, 14, 1187–1201. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.014>
7. Moumouh J., Tahiri M., Salouhi M., Balli L. Theoretical and experimental study of a solar desalination unit based on humidification–dehumidification of air. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2016, 41, 20818–20822. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.09.026>
8. Garg K., Beniwal R., Das S.K., Tyagi H. Experimental investigation of a low-cost humidification-dehumidification desalination cycle using packed-bed humidifier and finned-tube heat exchanger. *Thermal Science and Engineering Progress*, 2023, 41, 101858.
9. Mahmoudi A., Valipour M.S., Rashidi S. Performance enhancement techniques in humidification–dehumidification desalination systems: a detailed review. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2025, 150, 8413–8442.
10. Sonkar M., Kanathala Y., Naik B.K. Recent developments in solar-driven adsorption and humidification-dehumidification based hybrid desalination system: A state-of-the-art review. *Solar Compass*, 2025, 15, 100125. <https://doi.org/10.1016/j.solcom.2025.100125>
11. Hassan O.H., Abdelrehim O., Salem M.S., Shaaban W., Hegazi A.A. Sustainable thermodynamic innovations and energy-efficient hybrid designs in humidification–dehumidification desalination: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2026, 238, 117074. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2026.117074>
12. Abdullah A.S., Aljaghtham M., Kandeal A.W., Sharshir M. Techno-economic investigation of an entirely solar-powered hybrid humidification–dehumidification/reverse osmosis desalination plant for moderate water demand under various operating conditions. *Results in Engineering*, 2024, 24, 103200.
13. Rajaseenivasan T., Shanmugam R.K., Hareesh V.M., Srihar K. Combined operation of bubble column humidification–dehumidification desalination system using solar collectors. *Energy*, 2016, 116, 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.110>
14. Srihar K., Rajaseenivasan T. Performance analysis on a solar bubble column humidification–dehumidification desalination system. *Process Safety and Environmental Protection*, 2017, 105, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.10.013>
15. El-Agouz S.A. A new process of desalination by air passing through seawater based on humidification–dehumidification process. *Energy*, 2010, 35, 5108–5114. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.08.017>
16. Deng Z., Chen H., Wang S., Shen Y., Cheng W.L. Comprehensive experimental investigation on the performance of a direct spray tower for water evaporation. *Thermal Science and Engineering Progress*, 2025, 58, 103762.
17. Abdel Dayem A.M., AlZahrani A. Psychrometric study and performance investigation of an efficient evaporative solar humidification–dehumidification water desalination system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*,



2022, 52, 102030. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102030>

18. Kabeel A.E., Hamed M.H., Omara Z.M., Sharshir S.W. Experimental study of a solar humidification–dehumidification technique by natural and forced air circulation. *Energy*, 2014, 68, 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.082>

19. Hamed M.H., Kabeel A.E., Omara Z.M., Sharshir S.W. Mathematical and experimental investigation of a solar humidification–dehumidification desalination unit. *Desalination*, 2015, 358, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.12.012>

20. He W., Yang H., Han D. Thermodynamic investigation and optimization of a heat pump coupled open-air, open-water humidification dehumidification desalination system with a direct contact dehumidifier. *Desalination*, 2019, 469, 114101.

21. Dehghani S., Date A., Akbarzadeh A. An experimental study of brine recirculation in humidification–dehumidification desalination of seawater. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2019, 14, 100463. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100463>

22. Thanaiah K., Gumtapure V., Tadesse G.M. Experimental analysis on humidification–dehumidification desalination system using different packing materials with baffle plates. *Thermal Science and Engineering Progress*, 2021, 22, 100831. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.100831>

23. Wang N., Wang D., Dong J., Wang H., Wang R., Shao L., va boshq. Performance assessment of phase change material-based solar energy assisted desiccant air conditioning system combined with a humidification–dehumidification desalination unit. *Desalination*, 2020, 496, 114705. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114705>

24. Vijayakumar V., Manu N.S., Vasudevan M.C., Kiran M.V., Rejeesh C.R. Phase change materials for improved performance and continuous output in stepped solar stills equipped with humidification–dehumidification. *Materials Today: Proceedings*, 2021, 47, 5064–5068.

25. Zhang L.X., Jiang Y.Z., Zhang X.J. Study on active and passive integration humidification–dehumidification solar desalination. *KnE Materials Science*, 2018, 4, 201–208.

26. Miladi R., Abdallah S.B., Khalij M., Frikha N., Gabsi S., Kheiri A. Assessing the environmental performance of a solar still humidification–dehumidification system: a comparative life cycle study. *Energy Conversion and Management: X*, 2026, 101661.

27. Rajesh S., Chiranjeevi C., Shaik S., Vigneshwaran P., Hussain F., Saleel C.A., Afzal A. Techno-economic analysis of a hybrid thermal desalination system integrated with a photovoltaic-thermal collector. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2025, 71, 106155.

28. An M., Zhang K., Song F., Chen X., Sharshir S.W., Kandeal A.W., Thakur A.K., va boshq. Discovering a robust machine learning model for predicting the productivity of a solar-driven humidification-dehumidification system. *Applied Thermal Engineering*, 2023, 228, 120485.

muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 10

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100