ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 3

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## ILMIY JURNAL



# Development of science

## Ilmiy jurnal

*2026/4 VOLUME 3*

*ISSN 3030 -3907*

***Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.***

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:**
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Асадова Раъно Дилмуратовна***
*Тошкент Давлат техника университети доценти*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.



ISSN 3030-3907

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.



ISSN 3030-3907

# QUYOSH SUV CHUCHUTGICH QURILMALARINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI TAHLILI VA TEXNOLOGIK YECHIMLARI

**Ibragimov Umidjon Hikmatullayevich**
*QarDTU, Energetika muhandisligi kafedrasi professori, t.f.d (DSc)*
**Qodirov Jobir Ro‘zimamatovich**
*Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi dotsenti, t.f.f.d.(PhD)*
**Karimova Mahbuba Nutfullayevna**
*Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi dotsenti*
**Mavlonov Ulug‘bek Mirzoqulovich**
*Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi doktoranti*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada quyosh suv chuchutgich (QSCh) qurilmalarining samaradorligini oshirish masalalari tahlil qilingan. Yer yuzasida chuchuk suv tanqisligi ortib borayotgani sababli muqobil texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Tadqiqotda turli modifikatsiyalar, jumladan tashqi kondensatorlar, termoelektrik sovitgichlar, nanosuyuqliklar, vakuum quvurli kollektorlar va PVT tizimlari bilan integratsiyalangan gibrid QSCh qurilmalari ko‘rib chiqilgan. Tahlillar natijasida bunday tizimlar oddiy qurilmalarga nisbatan 100–300% gacha yuqori unumdorlikka ega ekanligi aniqlangan. Shuningdek, bug‘lanish va kondensatsiya jarayonlarini intensivlashtirish orqali qurilma samaradorligini oshirish mumkinligi asoslab berilgan.

**Kalit so‘zlar:** quyosh suv chuchutgich, gibrid tizim, tashqi kondensator, nanosuyuqlik, termoelektrik modul, PVT tizim, suv tanqisligi, energiya samaradorligi

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены методы повышения эффективности солнечных опреснительных установок. В условиях глобального дефицита пресной воды особое значение приобретает внедрение альтернативных технологий водоснабжения. В работе проанализированы различные модификации солнечных опреснителей, включая использование внешних конденсаторов, термоэлектрических охладителей, наножидкостей, вакуумных трубчатых коллекторов и гибридных PVT систем. Результаты исследований показывают, что модернизированные установки обеспечивают увеличение производительности до 100–300% по сравнению с традиционными системами. Также установлено, что интенсификация



ISSN 3030-3907

процессов испарения и конденсации существенно повышает энергетическую эффективность установок.

**Ключевые слова:** солнечный опреснитель, гибридная система, внешний конденсатор, наножидкость, термоэлектрический модуль, PVT система, дефицит воды, энергоэффективность

**Abstract.** This paper analyzes methods for improving the performance of solar desalination systems. Due to the increasing global freshwater scarcity, the development of alternative water treatment technologies is essential. The study investigates various modifications of solar stills, including the integration of external condensers, thermoelectric coolers, nanofluids, evacuated tube collectors, and hybrid photovoltaic-thermal (PVT) systems. The results indicate that advanced hybrid systems can increase productivity by 100–300% compared to conventional designs. Furthermore, enhancing evaporation and condensation processes significantly improves overall system efficiency and freshwater yield, making these systems suitable for remote and water-scarce regions.

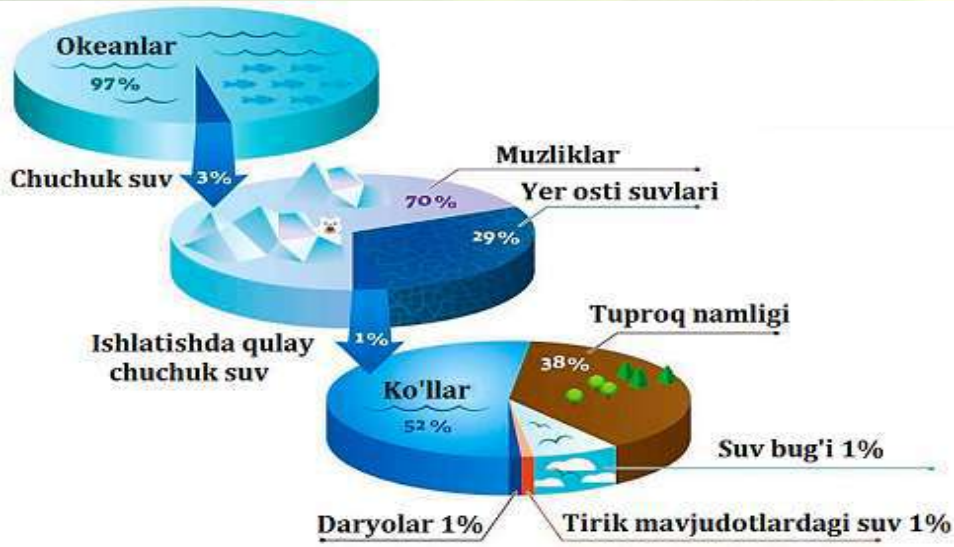
**Keywords:** solar still, hybrid system, external condenser, nanofluid, thermoelectric module, PVT system, water scarcity, energy efficiency

**KIRISH.**

Yer sayyorasi yashil sayyora hisoblanib, buning asosiy sababi, Yer yuzasining taxminan 75% qismi suv bilan qoplangan [1-2]. Bizning sayyoramizdagi suvlarni ikkita asosiy turga ajratish mumkin: dengiz suvi va chuchuk suv. Yer yuzasidagi barcha suvlarni taqsimlanishi 1-rasmda ko‘rsatilgan [3-4]. Yer yuzasida aholi sonini ortishi bilan chuchuk suvga bo‘lgan talab ham ortib bormoqda. Hozirgi kunda taxminan 4 mlrd. insonlar chuchuk suv ta’minotiga ega bo‘lib, 2,3 mlrd. insonlar suv havzalaridan suv iste’mol qilishadi [5]. Biroq 1,8 mlrd. insonlar chuchuk suv ta’minotiga ega emas [6]. Bundan tashqari, iqlim modeli va ijtimoiy-iqtisodiy senariylarning bashoratiga ko‘ra, 2040 yilga borib 167 ta mamlakat jiddiy suv tanqisligiga uchraydi [7]. Hozirgi kunda chuchuk suvning kunlik iste’moli faollik darajasiga, yoshga, sog‘liq va tashqi muhit sharoitiga bog‘liq holda bir kunda 16 $l$ ni tashkil etadi [8-9]. Yuqoridagi tahlillardan ko‘rinib turibdiki, chuchuk suvga bo‘lgan talabni qanoatlantirish uchun sho‘r yoki ifloslangan suvni toza ichimlik suviga aylantirishga zaruriyat tug‘iladi.



ISSN 3030-3907




**1-rasm. Yer yuzasida suvni taqsimlanishi**

Hozirgi kunda chuchuk suv olishning ko‘p usullari mavjud, masalan, bir samarali bug‘latish [10], ko‘p samarali bug‘latish [11], namlantirish-quritish [12, 13], ko‘p pog‘onali bug‘latish [14-15], gibrid tizimlar [16-17] va hokazo. Biroq, ushbu usullarning ko‘pchiligi qiyin va ko‘p miqdorda energiya talab etadi. Quyosh energiyasi yordamida chuchuklantirish usuli yuqoridagi muammolarni hal etish bilan birgalikda texnologiyasi sodda, ekologik toza va tekin energiyadan foydalanuvchi jarayon hisoblanadi. Suv tanqisligi yuqori bo‘lgan qishloq va chekka hududlarda quyosh suv chuchutgichlari (QSCh) ishonchli va barqaror suv manbai hisoblanadi. Biroq, unumdorligini pastligi va qurilma uchun katta yassi yuzalarni zarurligi QSCh qurilmalarini keng qo‘llanilishini chegaralaydi [18].

QSCh qurilmalaridan foydalanish birinchi marta 1551 yilda arab kimyogari tomonidan hujjatlashtirilgan. Keyinchalik QSCh qurilmalari 1589 yilda Della Porta, 1862 yilda Lavoisier va 1869 yilda Mauchotlar tomonidan amaliyotga joriy etilgan [19].1872 yilda shved muhandisi Charles Wilson bir havzali standart texnologiyadan foydalanib, birinchi yirik unumdorlikli QSCh qurilmasini qurgan. Hozirgi kunda kombinatsiyalashgan (gibrid) qurilmalardan keng foydalanilmoqda. Bunda asosiy e’tibor bir nishabli havzali QSCh qurilmalarining unumdorligini oshirishga qaratilgan. Negi va boshqalar [20] tomonidan oddiy havzali QSCh qurilmasining unumdorligini oshirish uchun bir nechta modifikatsiyalar taklif etilgan: 1) fitilsiz; 2) 15° qiyalikli fitilli; 3) 30° qiyalikli fitilli; 4) 45° qiyalikli fitilli; 5) 30° qiyalikli fitilli qoraytirilgan havzali. Tajribalar maqbul iqlim sharoitida mart oyida o‘tkazilgan. Natijalarga ko‘ra 5 modifikatsiya eng yuqori 4,372 $kg/m^2$ unumdorlikka ega bo‘lgan.

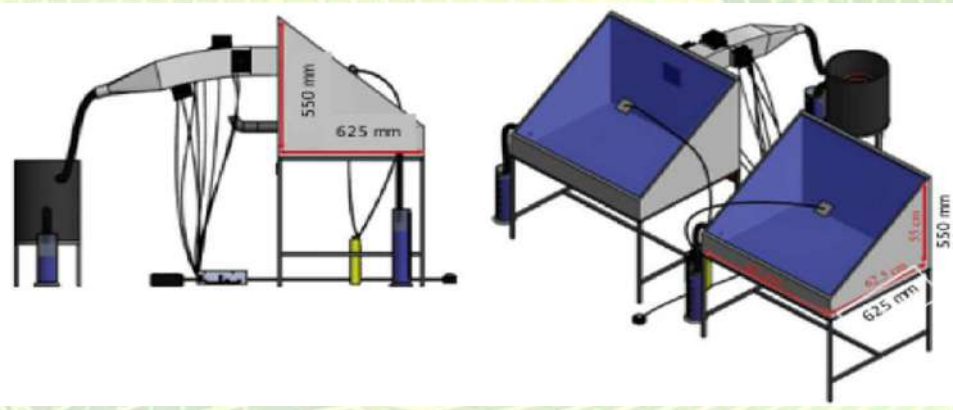
Najjar va boshqalarning [21] tadqiqot ishida kondensatorlardan foydalanishning ta’sirini o‘rganish uchun ko‘p sonli nazariy va tajribaviy tadqiqotlar o‘tkazilgan. Tashqi kondensator va nanosuyuqlikdan foydalanish QSCh



ISSN 3030-3907

qurilmasining samaradorligini 50% gacha oshirgan. Radiatorli ichki kondensatordan foydalanilganda chuchuk suv bo‘yicha kunlik unumdorlik 52% ga ortgan. Tahlil natijalariga ko‘ra, QSCh qurilmasiga kondensatorlarni integratsiya qilish chuchuk suv narxini pasaytiradi va chuchuk suv bo‘yicha unumdorlikni oshiradi deb xulosa qilingan. Tashqi kondensatorlar QSCh qurilmasining tashqarisida joylashtiriladi. Ular bug‘ni samarali sovitish va yig‘ish uchun mo‘ljallangan bo‘lib, chuchuk suv bo‘yicha samaradorlikni sezilarli oshiradi [22]. Abu-Qudais va Othmanlarning [23] tadqiqot ishida tashqi kondensatorlarning nazariy va tajribaviy modellari batafsil ko‘rib chiqilgan bo‘lib, ularning ta’kidlashicha tashqi kondensatorlardan foydalanish QSCh qurilmalarining samaradorligini 47% gacha oshiradi. Tuly va boshqalarning [24] tadqiqot ishida QSCh qurilmasi tashqi qaytargich (quyosh nurlanish oqimi zichligini kuchaytirgich) va tashqi kondensator bilan integratsiya qilingan. Tizim kondensatorda to‘plangan yashirin issiqlikdan tungi vaqtda sho‘r suvni dastlabki qizdirish imkonini beradi. Natijalarga ko‘ra, tizim sutka davomida uzluksiz ishlaganda chuchuk suvni kunlik chiqishi 6-10 $l/m^2$ ni tashkil etgan.

Nehar va boshqalarning [25] tadqiqot ishida QSCh qurilmasining tashqi kondensatori sifatida issiqlik almashinuv qurilmasidan foydalaniladi. Ularning taklif etgan konstruksiyasi kichik ichki ventilyator, alohida kondensator va ajratgichdan tashkil topgan. Ajratgichlar kameralar orasidagi bo‘shliqni optimallashtirish uchun qo‘shilgan bo‘lib, ular qaytaruvchanlik qobiliyatini oshiradi, o‘zgarmas tokda ishlovchi ventilyator esa QSCh qurilmasidagi bug‘ oqimini kamaytirish uchun xizmat qiladi. Natijalarga ko‘ra, modifikatsiyalangan QSCh qurilmasining unumdorligi oddiy qurilmaga nisbatan 39,3% ga yuqori bo‘lgan. Nazari va boshqalar [26] tomonidan QSCh qurilmasining barcha tashqi yuzasida o‘rnatilgan to‘rtta termoelektrik sovitish moduli (TESM) bilan integratsiya qilingan QSCh qurilmasining unumdorligini tadqiqot qilishgan (2-rasm).




**2-rasm. Tashqi kondensatorli va termoelektrik sovitgichli QSCh qurilmasi**



ISSN 3030-3907

TESM bug‘ni kondensatsiyalash uchun salqin bo‘shliqni ta’minlaydi. Suv havzasiga hajmiy ulushi 0,04% va 0,08% bo‘lgan $Cu_2O$ nanosuyuqlik kiritilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, takomillashgan QSCh qurilmasining o‘rtacha unumdorligi 6 $l/m^2$ ni, oddiy qurilmada 3 $l/m^2$ ni tashkil etgan, ya’ni takomillashgan qurilmaning unumdorligi 100% ga ortgan. Parsa va boshqalar [27] uchta qo‘shimcha elementlar bilan integratsiya qilingan QSCh qurilmasining unumdorligini tadqiqot qilishgan. Bunda termoelektrik isitgich, kumushli nanosuyuqlik va tashqi kondensatsion kamerada termoelektrik sovitgichdan foydalanilgan. Natijalarga ko‘ra, gibrid QSCh qurilmasining takomillashganligi 100,5% ni, kunlik unumdorlik 7,76 $l/m^2 \cdot kun$ ni tashkil etgan. Sadeghi va Nazarilar [28] QSCh qurilmasiga issiqlikni uzatish uchun vakuum quvurli kollektor, shuningdek, suv bug‘larini kondensatsiyalash uchun alohida kondensatsiyalovchi kanalli TE modul va $Ag_2Fe_3O_4$ nanosuyuqlikdan foydalanishgan (3-rasm).

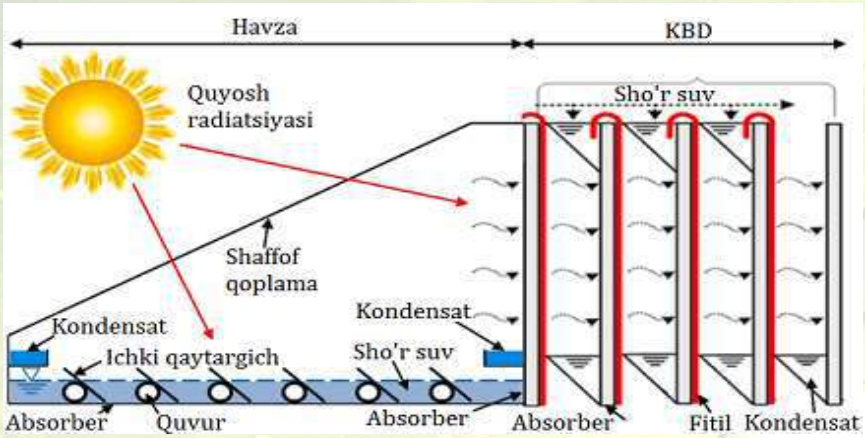


**3-rasm. Vakuum quvurli kollektorli, tashqi kondensatorli va shaffof qoplamasi sovitiladigan QSCh qurilmasi**

Gibrid tizimning kunlik samaradorligi 43,68% ni tashkil etgan. Natijalarga ko‘ra, tizimning unumdorligi 222,18% ga, energiya samaradorligi 117,53% ga va chuchuk suv bo‘yicha unumdorlik 8,86 $l/m^2 \cdot kun$ ga oshgan. Javadi va boshqalar [29] tomonidan QSCh qurilmalari tizimida TESM va tashqi kondensatordan foydalanish masalasi tadqiqot qilingan. Misli qizdirish, termoelektrik qizdirish va quyosh suv kollektorli tizimlarning unumdorligi mos ravishda 7460 $ml/m^2$, 7020 $ml/m^2$ va 6020 $ml/m^2$ ni tashkil etgan. Misli qizdirish tizimining kunlik unumdorligi, energetik, eksergetik va issiqlik samaradorligi eng yuqori bo‘lgan. Yeo va boshqalar [30] bir nishabli havzali QSCh qurilmasiga gibrid ko‘p samarali diffuziyani integratsiya qilishgan. Ular gibrid ko‘p samarali diffuzion qurilma uchun turli issiqlik manbalarini (quyosh issiqlik energiyasi, elektr qizdirgich va chiqib ketuvchi issiqlik) o‘rganishgan (4-rasm). Tadqiqot natijalariga ko‘ra, elektr qizdirgich va chiqib ketuvchi issiqlikdan foydalanilganda, tizimning maksimal unumdorligi 21,65 $kg/m^2 \cdot kun$ ni tashkil etgan.



ISSN 3030-3907




**4-rasm. Gibrid ko‘p samarali diffuzion QSCh qurilmasining sxemasi**

Nakade va boshqalar [31] vakuum quvurli quyosh kollektorini toza parafinli issiqlik akkumulyatori va FO‘M asosidagi QSCh qurilmasi bilan birlashtirgan. Havzadagi suv 54 dan 128°C gacha qizdirilgan. QSCh qurilmasida FO‘Mdan foydalanilganda toza parafinga nisbatan chuchuk suvning chiqishi 60,69% ga va energiya samaradorligi 49,91% ga yuqori bo‘lgan. Al-Harahsheh va boshqalar [32] uchta takomillashgan QSCh qurilmasini tajribaviy tadqiqot qilishgan. Ushbu qurilmalar quyidagicha: suvga botirilgan po‘lat quvurning ichiga FO‘M to‘ldirilgan tashqi quyosh kollektorli, ikki shishali sovitib turiladigan va tashqi quyosh kollektori bilan integratsiya qilingan QSCh qurilmalari. FO‘Mni qo‘shilganligi tashqi quyosh kollektorining unumdorligini 50% ga oshirgan. Tashqi quyosh kollektorini integratsiya qilish QSCh qurilmasining unumdorligini 340% gacha oshirgan. FO‘Mli tashqi quyosh kollektorini QSCh qurilmasiga integratsiya qilish unumdorlikni 400% ga oshirgan. El-Said va boshqalar [33] tomonidan issiq havo oqimli va kondensatsion blok sifatida issiqlik nasosidan foydalaniladigan QSCh qurilmasini tajribaviy tadqiqot qilishgan. Havoning sarfi tizimning unumdorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan, bunda unumdorlik 7,72 $kg/kun$, energiya samaradorlik 33,84% va eksergetik samaradorlik 1,43% ni tashkil etgan.

Singh va boshqalar [34] maydoni 1 $m^2$ bo‘lgan bir nishabli QSCh qurilmasini tadqiqot qilishgan, bunda vakuum quvurli kollektor bevosita havzaga ulangan va tabiiy sirkulyatsiya asosida ishlaydi. Olingan energetik va eksergetik samaradorliklar mos ravishda 5,1...54,5% va 0,15...8,25% oralig‘ida o‘zgargan. Kumar va boshqalar [35] qizdirish jarayonini tezlashtirish uchun majburiy sirkulyatsiya rejimida ishlovchi vakuum quvurli kollektorni havzali QSCh qurilmasiga integratsiya qilishgan. Sirkulyatsiya tezligi 0,06 $m/s$ bo‘lganda suvning chiqishi 3,9 $l/m^2$ ga yetgan, bunda eksergetik va energetik samaradorliklar mos ravishda 2,6% va 33,8% ni tashkil etgan. Bhargva va Yadavlar [36] vakuum quvurli kollektor bilan kombinatsiyalashgan aktiv QSCh qurilmasiga



ISSN 3030-3907

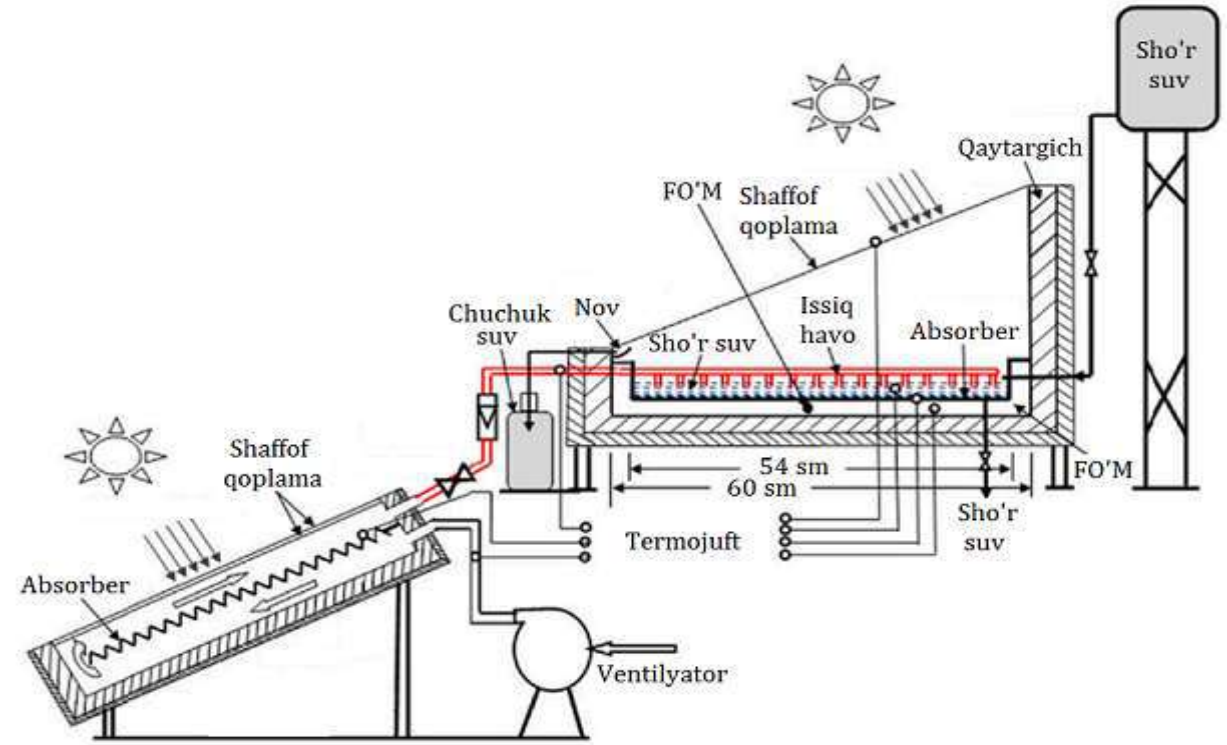
issiqlik almashinuv qurilmasini integratsiya qilishni tadqiqot qilishgan. Misli issiqlik almashinuv qurilmasi va ishlatib bo‘lingan avtomobil moyi bilan modifikatsiyalangan QSCh qurilmasining unumdorligi 7,38 $l/m^2/kun$ ni tashkil etgan va bu qiymat oddiy qurilmaga nisbatan 138,9% ga yuqori bo‘lgan. Nema va Krishnasamylar [37] issiqlik quvuri texnologiyasi va vakuum quvurli kollektor bilan integratsiya qilingan QSCh qurilmasining yangi tizimini taklif etishgan. Chuchuk suvning maksimal chiqishi 3,08 $l/m^2/kun$ ni tashkil etganda, issiqlik FIK 30,25% va eksergetik FIK 3,17% ni tashkil etgan.

Abdullah va boshqalarning [18] tadqiqot ishida QSCh qurilmalarining unumdorligini oshirish uchun turbulentlikni hosil qilishning bir nechta usullarini tadqiqot qilishgan. Ushbu usullar suv havzasida turbulentlikni hosil qilish va bug‘lanish jarayonini jadallashtirish uchun qo‘zg‘almas yuza va suv o‘rtasidagi issiqlik chegaraviy qatlamni buzish uchun xizmat qiladi. Suvning turbulentligini hosil qilish uchun purkash bloki, havo pufakchalari, vibratsiyalovchi ovoz samarasi, aralashtirgich va ultratovushli tuman hosil qilgichlardan foydalaniladi. Natijalarga ko‘ra, purkash moslamasidan foydalanilganda unumdorlik va samaradorlik 5400 $ml/m^2 \cdot kun$ va 56%, havoli pufakchalardan foydalanilganda 5490 $ml/m^2 \cdot kun$ va 21,96%, aralashtirgichdan foydalanilganda 5400 $ml/m^2 \cdot kun$ va 34,96%, ultratovush tuman hosil qilgichdan foydalanilganda 6270 $ml/m^2 \cdot kun$ va 83,87% ni tashkil etgan.

Mohamed va Omaralar [38] QSCh qurilmasi havzasidagi suvning haroratini oshirish uchun QSCh qurilmasiga tashqi kondensator, purkash moslamasi, yassi quyosh suv kollektori va QHKni birlashtirishgan. Ekspluatatsiya sharoitiga bog‘liq holda chuchuk suvning chiqishi 51-148% ga ortgan. QSCh qurilmasiga quyosh suv kollektori biriktirilganda unumdorlik 56% va qaynoq suv purkalganda 82% ga ortgan. Ma’lumki, qaynoq havo pufakchalari suv va havoning ajralish chegarasida to‘qnashish maydonini oshiradi, demak, havo pufakchalarini purkash texnologiyasi QSCh qurilmasining unumdorligini oshiradi. Pandey [39] QSCh qurilmasiga havoni majburiy kirish va shaffof qoplamani sovitish jarayonlarini tadqiqot qilishgan. Natijalarga ko‘ra, chuchuk suv bo‘yicha unumdorlik 33,5...47,5% ga, havo pufakchalaridan foydalanish hisobiga samaradorlik 14% ga ortgan. Kabeel va boshqalar [40] QSCh qurilmasi havzasiga qaynoq havoni purkashning ta’sirini tadqiqot qilishgan (5-rasm).



ISSN 3030-3907

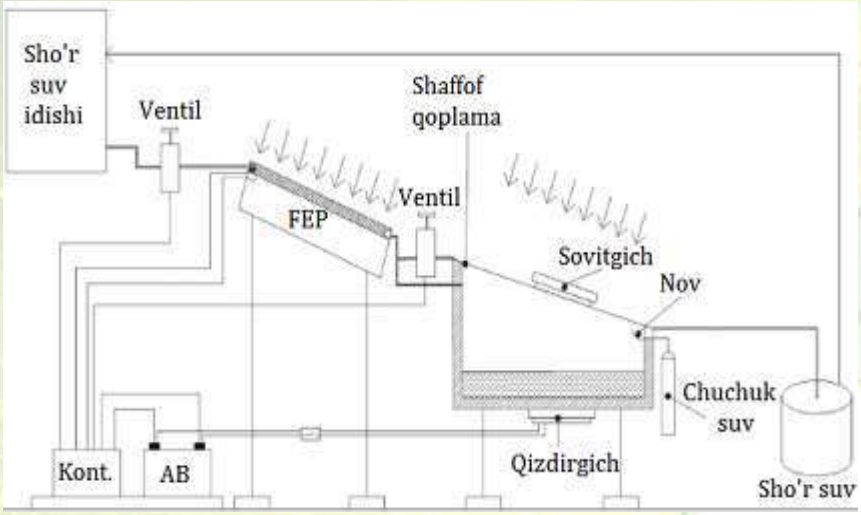



**5-rasm. Gibrid havzali QSCh qurilmasining sxemasi**

Natijalarga ko‘ra, chuchuk suv bo‘yicha unumdorlik 4,5 $l/m^2/kun$ ni tashkil etgan va samaradorlik 108% ga ortgan. Kabeel va Abdelgaiedlar [41] QSCh qurilmasining havzasining ichiga qaynoq havoni purkashni tadqiqot qilishgan. Natijalarga ko‘ra, chuchuk suv bo‘yicha samaradorlik oddiy qurilmaga nisbatan 21,96% ga ortgan va unumdorlik 5490 $ml/m^2/kun$ ni tashkil etgan. FEPdan ajralgan issiqlik energiyasi QSCh qurilmasining ta’minot suvi uchun issiqlik manbai hisoblanadi. FEP orqali o‘tayotgan suvning harorati sezilarli ortadi, buning natijasida havzadagi suvni bug‘lantirish uchun ko‘p miqdordagi energiya talab etilmaydi [42-43], shuningdek, FEPni suv bilan sovitish hisobiga FEPning elektr energiyani ishlab chiqarish samaradorligi 30% gacha ortadi. Pounraj va boshqalar [44] tomonidan aktiv PVT tizim bilan birlashtirilgan gibrid QSCh qurilmasining unumdorligini tadqiqot qilingan (6-rasm).



ISSN 3030-3907




**6-rasm. PVT tizim bilan kombinatsiyalashgan QSCh qurilmasi**

Tizim Peltening ikkita elementlarini birlashtirgan: birinchisi havzani qizdirish uchun, ikkinchisi QSCh qurilmasining qoplamasini sovitish uchun. Sho‘r suv QSCh qurilmasiga kiritishdan oldin qizdiriladi. Havzadagi suvning sathini boshqarish elektrmagnitli klapan bilan nazorat qilinadi. Aktiv QSCh qurilmasida harorat 52% ga yuqori bo‘lgan va chuchuk suv bo‘yicha unumdorlik 8,77 $l/m^2/kun$ ni tashkil etgan. FEPning elektrik quvvati 32% ga oshgan. Manokar va boshqalar [45] QSCh qurilmasining havzasini ichida o‘rnatilgan FEPli QSCh qurilmasining unumdorligini tadqiqot qilishgan. Tadqiqotchilar maydoni 1,665 $m^2$ bo‘lgan QSCh qurilmasini tayyorlashgan (7-rasm). Sho‘r suvning sarfi o‘zgarmas 0,0013 $kg/s$ ta’minlangan. Tajribalar 2017 yilning may va aprel oylarida o‘tkazilgan. Yon tomonlari to‘liq izolyatsiya qilingan QSCh qurilmasining unumdorligi 7,3 $kg$ ni tashkil etgan.

Balachandran va boshqalar [45] PVT tizim bilan integratsiyalashgan bir nishabli QSCh qurilmasini tadqiqot qilishgan. Bunda shaffof qoplamani plyonkali sovitishni ta’minlash uchun sho‘r suvdan foydalanilgan va bakdagi suv dastlabki qizdirilgan. Tizim uchun kompozit izolyatsiya sifatida qishloq xo‘jalik fermalaridan yig‘ilgan va natriy gidroksid eritmasi bilan qayta ishlangan yashil boabob tolalaridan foydalanilgan.



**7-rasm. Havzasida FEP joylashtirilgan QSCh qurilmasi**



ISSN 3030-3907

Havzasidagi suvning sathi 0,5 $sm$ bo‘lganda tizimning unumdorligi 2,253 $l/m^2 \cdot kun$ ni, ushbu vaqtda oddiy izolyatsiyali QSCh qurilmasining unumdorligi 1,655 $l/m^2 \cdot kun$ ni tashkil etgan. Yuqorida keltirilgan adabiyotlar tahlilidan ko‘rinib turibdiki, QSCh qurilmalarining samaradorligini oshirish maqsadida bug‘latish kamerasiga turli tashqi manbalar yordamida qo‘shimcha issiqlikni kiritish, kondensatsiyalanish jadalligini oshirish uchun tashqi kondensator va TESMlaridan foydalanish masalalari ko‘rib chiqilgan bo‘lib, bug‘latish kamerasiga issiq nam havo aralashmasini kiritish, havzaning tubidagi FO‘Mdan foydalanilganda QSCh qurilmalarining samaradorligi va unumdorligini o‘rganish bo‘yicha chuqur ilmiy-tadqiqotlarni o‘tkazishga zaruriyat tug‘iladi. Xususan, QSCh qurilmalarini bevosita QQ qurilmalari, PVT tizim va FEP bilan integratsiyalash asosida gibrid tizimlarni ishlab chiqish yechimini kutayotgan ilmiy-texnik masalalar hisoblanadi. Yuqoridagilarni inobatga olgan holda bir nechta quyosh energetik qurilmalari asosida ishlovchi gibrid tizimlarni ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlar dolzarb hisoblanadi.

**XULOSA.** Mazkur tadqiqot natijalariga k**o‘**ra, quyosh suv chuchutgich qurilmalarining samaradorligini oshirish uchun ularni turli texnologiyalar bilan integratsiyalash muhim ahamiyatga ega. Xususan, tashqi kondensatorlar, termoelektrik modullar, nanosuyuqliklar va quyosh kollektorlaridan foydalanish bu**g‘**lanish va kondensatsiya jarayonlarini jadallashtirib, chuchuk suv olish unumdorligini sezilarli darajada oshiradi. Gibrid tizimlar oddiy qurilmalarga nisbatan ancha yuqori samaradorlikka ega b**o‘**lib, suv tanqisligi mavjud hududlarda barqaror yechim sifatida xizmat qilishi mumkin. Kelgusida ushbu tizimlarni yanada takomillashtirish va amaliyotga keng joriy etish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Al-Kayiem H.H., Mohamed M.M., Gilani S.I. State of the art of hybrid solar stills for desalination. Arab J Sci. Eng., 48(5), 2023. – p. 5709-5755.
2. Hammoodi K.A. et al. A detailed review of the factors impacting pyramid type solar still performance. Alex Eng. J., 66, 2023. – p. 123-154.
3. Hammoodi K.A. et al. Pyramid solar distillers: a comprehensive review of recent techniques. Results Eng. 2023:101157.
4. El-Sebaey M.S. et al. Experimental study with thermal and economical analysis for some modifications on cylindrical sector and double slope, single basin solar still. Case Stud Therm Eng., 49, 2023:103310.
5. Ungureanu N., Vlăduț V., Voicu G. Water scarcity and wastewater reuse in crop irrigation. Sustainability, 12, 2020:9055.



ISSN 3030-3907

6. Sedlak D. Water for All: Global Solutions for a Changing Climate. Yale University Press; 2024.
7. Luo T., Young R., Reig P. Aqueduct projected water stress country rankings. Tech Note, 16, 2015. – p. 1-16.
8. Saleque A.M., Nowshin N., Ivan M.N.A.S., Ahmed S., Tsang Y.H. Natural porous materials for interfacial solar steam generation toward clean water production. Sol Rrl., 6, 2022:2100986.
9. Ahmed S.F., Kumar P.S., Kabir M., Zuhara F.T., Mehjabin A., Tasannum N., Hoang A.T., Kabir Z., Mofiur M. Threats, challenges and sustainable conservation strategies for freshwater biodiversity. Environ Res., 214, 2022:113808.
10. Onishi V.C., Carrero-Parreno A., Reyes-Labarta J.A., Ruiz-Femenia R., SalcedoDíaz R., Fraga E.S., Caballero J.A. Shale gas flowback water desalination: single vs multiple-effect evaporation with vapor recompression cycle and thermal integration, Desalination, 404, 2017. – p. 230-248.
11. Zhou S., Liu X., Zhang K., Shen S. Investigation and optimization for multi-effect evaporation with thermal vapor compression (MEE-TVC) desalination system with various feed preheater arrangements, Desalination, 521, 2022:115379.
12. Khalili B., Kargarsharifabad H., Rahbar N., Abedini Esfahlani A., Jamshidi E. Performance evaluation of a CGS gas heater-powered HDH desalination system using thermosyphon heat pipes: an experimental study with economic and environmental assessment, Int. Commun. Heat Mass Trans, 152, 2024:107300.
13. An M., Zhang K., Song F., Chen X., Sharshir S.W., Kandeal A.W., Kumar Thakur A., Abdullah A.S., Elkadeem M.R., Chi C., Edreis E.M.A., Kabeel A.E., Ma W., Discovering a robust machine learning model for predicting the productivity of a solar-driven humidifiation-dehumidifiation system, Appl. Therm. Eng., 228, 2023:120485.
14. Thoutam P., Ahmadi Sefidashti P., Ahmad F., Abulkhair H., Ahmed I., Alsaiari A., Almatrafi E., Bamaga O., Rezaei Gomari S. Integration of Hydrate-Based Desalination (HBD) Into Multistage Flash (MSF) Desalination as a Precursor: An Alternative Solution to Enhance MSF Performance and Distillate Production, Water, 2023.
15. Tareemi A.A., Sharshir S.W. A state-of-art overview of multi-stage flash desalination and water treatment: principles, challenges, and heat recovery in hybrid systems, Solar Ener., 266, 2023:112157.
16. Hussien A.A., Salem A.A., Sharshir S.W., Nabil T., Sustainable seawater desalination through solar and wind energy integration with automated control: experimental investigation, Sustain. Ener. Technol. Assess. 71, 2024:103990.



ISSN 3030-3907

17. Salem Ahmed M., Aboelmaaref M.M., Zhao J., Li Y., Sharshir S.W., Wahba M.A.I., Mimi Elsaid A. Performance, economic, and statistical analysis assessment for the hybrid solar dish concentrator with turbine, generator, and reverse osmosis desalination unit, Appl. Therm. Eng., 254, 2024:123802.
18. Abdullah A. et al. Methods used to improve solar still performance with generated turbulence for water desalination-detailed review. Results Eng., 2023:101251.
19. Abujazar M.S.S., Fatihah S., Rakmi A.R., Shahrom M.Z. The effects of design parameters on productivity performance of a solar still for seawater desalination: A review. Desalination, 385, 2016. – p. 178-193.
20. Negi A,, Verma P.R., Saxena A., Ranakoti L., Bhandari P., Singh T., Tiwari G.N. Design and performance of black painted Khes wick modified solar still: An experimental and 5E analysis. International Journal of Thermoflids, 20, 2023:100491.
21. Najjar A., Nooman AlMallahi M., Elgendi M. Evaluating the effect of external and internal condensers on the productivity of solar stills: A review. Energy Conversion and Management: X 24, 2024:100763.
22. Kandeal A.W. et al. Thermo-economic performance enhancement of a solar desalination unit using external condenser, nanofluid, and ultrasonic foggers. Sustainable Energy Technol Assess, 52, 2022:102348.
23. Abu-Qudais M., Othman O.N. Experimental study and numerical simulation of a solar still using an external condenser. Energy, 21 (10), 1996. – p. 851-855.
24. Tuly S., Hassan R., Das B.K., Sarker M. Investigating the energetic, exergetic and sustainability aspects of a solar still integrating fins, wick, phase change materials, and external condenser. J Storage Mater, 55, 2022:105462.
25. Nehar L., Rahman T., Tuly S.S., Rahman M.S., Sarker M.R.I., Beg M.R.A. Thermal performance analysis of a solar still with different absorber plates and external copper condenser. Groundw Sustain Dev., 17, 2022:100763
26. Nazari S., Safarzadeh H., Bahiraei M. Experimental and analytical investigations of productivity, energy and exergy efficiency of a single slope solar still enhanced with thermoelectric channel and nanofluid. Renewable Energy 135, 2019. – p. 729-744.
27. Parsa S.M., Rahbar A., Koleini M.H., Aberoumand S., Afrand M., Amidpour M. A renewable energy-driven thermoelectricutilized solar still with external condenser loaded by silver/nanofluid for simultaneously water disinfection and desalination. Desalination 480, 2020:114354.



ISSN 3030-3907

28. Sadeghi G., Nazari S. Retrofitting a thermoelectric-based solar still integrated with an evacuated tube collector utilizing an antibacterial-magnetic hybrid nanofluid. Desalination, 500, 2021:114871.
29. Javadi Yanbolagh D., Mazaheri H., Saraei A., Jafari Mehrabadi S. "Experimental study on the performance of three identical solar stills with different heating methods and external condenser fully powered by photovoltaic: energy, exergy, and economic analysis," Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 2020. – p. 1-21, doi:10.1080/15567036.2020.1817187.
30. Yeo S., Lim B., Lee G., Park C. Experimental study of effects of different heat sources on the performance of the hybrid multiple-effect diffusion solar still. Sol. Energy 193, 2019. – p. 324-334.
31. Nakade A., Aglawe A., More K., Kalbande V.P. Experimental analysis of two stage solar still integrated with thermal storage based solar collector using nano-enhanced phase change materials. Desalination and Water Treatment, 320, 2024:100755.
32. Al-Harahsheh M., Abu-Arabi M., Ahmad M., Mousa H. Self-powered solar desalination using solar still enhanced by external solar collector and phase change material. Appl Therm Eng., 206, 2022:118118.
33. El-Said E.M.S., Dahab M.A., Omara M., Abdelaziz G.B. Solar desalination unit coupled with a novel humidifier. Renew Energy, 180, 2021. – p. 297-312.
34. Singh R.V., Kumar S., Hasan M.M., Khan M.E., Tiwari G.N. Performance of a solar still integrated with evacuated tube collector in natural mode, Desalination, 318, 2013. – p. 25-33.
35. Kumar S., Dubey A., Tiwari G.N. A solar still augmented with an evacuated tube collector in forced mode, Desalination, 347, 2014. – p. 15-24.
36. Bhargva M., Yadav A. Experimental comparative study on a solar still combined with evacuated tubes and a heat exchanger at different water depths, Int. J. Sustain. Eng. 13, 2020. – p. 218-229.
37. Nema G., Krishnasamy K. An active solar desalination system integrated with collective condenser heat pipe solar evacuated tube collector: a thermoeconomic analysis, Environ. Sci. Poll Res., 31, 2024. – p. 10273-10295.
38. Mohamed A., Omara E.Z.M. Enhancing the solar still performance using solar photovoltaic, flat plate collector and hot air, Desalination, 349, 2014. – p. 1-9.
39. Pandey G.C. Effect of dried and forced air bubbling on the partial pressure of water vapor and performance of solar still, Sol. Energy, 33 (1), 1984. – p. 13-18.
40. Kabeel A.E., Abdelgaied M., Mahgoub M. The performance of a modified solar still using hot air injection and PCM, Desalination (2016).



ISSN 3030-3907

41. Kabeel A.E., Abdelgaied M. Performance enhancement of a photovoltaic panel with reflectors and cooling coupled to a solar still with air injection, J. Clean. Prod. 2019.
42. Pounraj P., Winston D.P., Kabeel A.E., Kumar B.P., Manokar A.M., Sathyamurthy R., Christabel S.C. Experimental investigation on Peltier based hybrid PV/T active solar still for enhancing the overall performance. Energy Convers. Manage., 168, 2018. – p. 371-381.
43. Praveen B., Winston D.P., Pounraj P., Manokar A.M., Sathyamurthy R., Kabeel A.E. Experimental investigation on hybrid PV/T active solar still with effective heating and cover cooling method. Desalination, 435, 2018. – p. 140-151.
44. Manokar A.M., Winston D.P., Kabeel A.E., Sathyamurthy R. Sustainable fresh water and power production by integrating PV panel in inclined solar still. J. Clean. Prod., 172, 2018. – p. 2711-2719.
45. Balachandran G.B., David P.W., Vijayakumar A.B.P., Kabeel A.E., Athikesavan M.M., Sathyamurthy R. Enhancement of PV/T-integrated single slope solar desalination still productivity using water film cooling and hybrid composite insulation. Environ. Sci. Pollut. Res., 27(26), 2020. – p. 32179-32190.



ISSN 3030-3907