

UO‘K 523.2

BUG‘LANISH TEZLIGINI OSHIRISH ORQALI QUYOSH SUV CHUCHUTGICH QURILMALARINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH**Mirzayorova Sevara Ubaydullayevna**- doktorant (PhD),e-mail: mirzayorovasevara@gmail.com**Ibragimov Umidjon Xikmatullayevich** – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent,e-mail: ibragimov_u@rambler.ru**Rahimov Nurbek Zokirovich** – doktorant (PhD), e-mail: rahimov1570@gmail.com

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti

Annotatsiya. Hozirgi vaqtda sho‘r suvdan chuchuk suv olishda quyosh suv chuchutgich qurilmalari keng qo‘llaniladi. Quyosh suv chuchutgichlari qadim zamonlardan buyon qo‘llanilsada, ularga ta‘sir etuvchi omillarning ko‘pligi sababli, ushbu qurilmalarning unumdorligini oshirish bo‘yicha tadqiqot ishlari hozirgi kunda ham jadal olib borilmoqda. Ushbu tadqiqot ishida quyosh suv chuchutgich qurilmasining bug‘latish kameradagi bug‘lanish jarayonlarini oshirish orqali qurilmaning samaradorligini oshirish bo‘yicha olib borilgan tadqiqot ishlarining tahlili va qiyosiy ma‘lumotlari keltirilgan. Shuningdek bug‘lanish tezligini oshirishning bir nechta usullari taklif etilgan va ularning har birini quyosh suv chuchutgichining unumdorligiga ta‘siri natijalari keltirilgan. Ushbu tadqiqot ishida keltirilgan tahliliy ma‘lumotlardan yuqori unumdorlikka ega quyosh suv chuchutgichlarini loyihalash va ishlab chiqishda foydalanish mumkin.

Kalit so‘zlar: sho‘r suv, chuchuk suv, quyosh suv chuchutgich, bug‘lanish tezligi, unumdorlik, suv sathi, bug‘latish kamerasi.

УДК 523.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ**Мирзаярова Севара Убайдуллаевна** –докторант (PhD),e-mail: mirzayorovasevara@gmail.com**Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич** – доктор философии по техническим наукам,доцент, e-mail: ibragimov_u@rambler.ru**Рахимов Нурбек Зокиров** –докторант (PhD), e-mail: rahimov1570@gmail.com

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация. В настоящее время солнечные опреснители широко используются для опреснения соленой воды. Хотя солнечные опреснители использовались с древних времен, из-за большого количества факторов, влияющих на них, исследовательские работы по повышению производительности этих устройств интенсивно ведутся и сегодня. В данной научной работе представлены анализ и сравнительные данные проведенных научно-исследовательских работ по повышению эффективности устройства за счет увеличения процессов испарения в испарительной камере солнечного опреснителя. Также предложено несколько способов увеличения скорости испарения и представлены результаты влияния каждого из них на производительность солнечного опреснителя. Аналитические данные, представленные в этой исследовательской работе, могут быть использованы при проектировании и разработке высокоэффективных солнечных опреснительных установок.

Ключевые слова: соленая вода, пресная вода, солнечный опреснитель, скорость испарения, производительность, уровень воды, испарительная камера.

UDC 523.2

EXPANSION THE EFFICIENCY OF SOLAR DESALINATORS BY INCREASING THE EVAPORATION RATE**Mirzayorova Sevara Ubaydullayevna** – Doctoral student (PhD),e-mail: mirzayorovasevara@gmail.com**Ibragimov Umidjon Xikmatullayevich** – Doctor of Philosophy in technical Sciences, docent,e-mail: ibragimov_u@rambler.ru**Rahimov Nurbek Zokirovich** – Doctoral student (PhD), e-mail: rahimov1570@gmail.com

Karshi Engineering-Economics Institute

Abstract. *At present, solar desalination plants are widely used for salt water desalination. Although solar distillers have been used since ancient times, due to the large number of factors that affect them, research work to improve the performance of these devices is still intensively carried out today. This scientific paper presents an analysis and comparative data of the conducted research works to improve the efficiency of the device by increasing the evaporation processes in the evaporation chamber of a solar desalination plant. Also, several ways to increase the evaporation rate are proposed and the results of the influence of each of them on the performance of a solar desalter are presented. The analytical data presented in this research paper can be used in the design and development of high-efficiency solar desalination plants.*

Key words: *salt water, fresh water, solar water purifier, evaporation rate, productivity, water level, evaporation chamber.*

Kirish

Suv-insoniyat, hayvonot va o‘simlik dunyosi uchun eng zarur manba hisoblanadi. Yer sharining 71% qismi suv bilan qoplangan bo‘lsada, uning 97% qismi sho‘r suv, ya‘ni iste‘molga yaroqsiz suv hisoblanadi. Shuningdek, yer usti va yer osti suvlarini uzluksiz ravishda ifloslanib borishi, ichimlik suvi tanqisligini yanada oshirmoqda. Yuqoridagi muammolarni hal etishda sho‘r suvni chuchuklashtirish ichimlik suvi resursini oshirishning muhim yo‘nalishi hisoblanadi.

Sho‘r suvni chuchuklashtirish texnologiyasi sanoat miqyosida 1950-yillardan boshlandi [1]. Biroq sho‘r suvni chuchuklashtirishda energiya iste‘molini yuqoriligi, issiqxona gazlari tashlanmalarini ortishi, ko‘p miqdorda oqova suvlarni hosil bo‘lishi va chuchuk suv narxining qimmatligi chuchuklantirish texnologiyasini sanoatda keng joriy etishni chegaralaydi [2]. Ushbu cheklovlarni hal etishda qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish eng samarali usul hisoblanadi. Qayta tiklanadigan energiya manbalarining ichida quyosh energiyasi ekologik toza, har joyda mavjud, foydalanishda qulay, xavfsiz va barqaror hisoblanib, yuqoridagi muammolarni ko‘p tomonlama hal etish imkonini beradi. Quyosh suv chuchutgich (QSCh) – sho‘r suvni chuchuk suvga aylantirib beruvchi quyosh qurilmasi bo‘lib, uchta jarayonni o‘z ichiga oladi: quyosh energiyasini yutilishi, sho‘r suvni bug‘lanishi va chuchuk suvni kondensatsiyalanishi. QSCh qurilmalari asosan quyosh energiyasidan ta‘minlanadi va quyosh energiyasi miqdori ko‘p hamda elektr energiyasi tanqis bo‘lgan hududlarda keng qo‘llaniladi. QSCh qurilmalari nafaqat suvdagi 90% gacha organik va noorganik moddalarni samarali bartaraf etadi, balki suvni bakteriyalardan ham tozalaydi [3]. Quyosh energiyasining teklinligi va ekspluatatsiya xarajatlarini kamligi hisobiga QSCh qurilmalari boshqa chuchuklantirish texnologiyalariga qaraganda iqtisodiy afzal hisoblanadi. Eramizdan avvalgi to‘rtinchi asrda Aristotel sho‘r suvni dastlab qaynatib, so‘ngra sovitib ichimlik suvi olishni ko‘rsatib bergan. Gretsiyalik dengiz suzuvchilari sho‘r suvni qaynatib chuchuk suv olishgan. 1551 yilning oxirida arab kimyogari va 1742-yilda Nikolo Geydj QSCh qurilmalarini taklif etishgan [4].

QSCh qurilmalarining unumdorligini oshirish bo‘yicha taqdim etilgan tadqiqot ishlarida unumdorlikni oshirish uchun ko‘plab usullar va konstruksiyalar taklif etilgan. Masalan, Kabeel va boshqalar [5] faqatgina gorizontal va vertikal quvurchali QSCh qurilmalarining konstruksiyasini takomillashtirish usullarini ko‘rib chiqishgan hamda quvurchali QSCh qurilmalari uchun chuchuk

suvning umumiy narxi 0,0061 dan 0,2 AQSh dollari oralig'ida o'zgarishini ta'kidlashgan. Jobrane va boshqalar [6] faqatgina QSCh qurilmalarining turli geometrik konstruksiyalarini, fitillarning qizdirish tizimini ko'rib chiqishgan. Arunkumer va boshqalar [7] faqatgina unumdorligi 5 l/m²/kundan yuqori bo'lgan QSCh qurilmalarini ko'rib chiqishgan va ularni tasniflagan. Shuningdek issiqlik uzatish mexanizmlari ham muhokama qilingan. Kumar va boshqalar [8] qiya QSCh qurilmalarining turli konstruksiyalarini tahlil qilishgan va aktiv qiya QSCh qurilmalari va gibril qiya QSCh qurilmalari eng yuqori unumdorlikka ega degan xulosaga kelishgan. Ko'rinib turibdiki, mavjud tadqiqot ishlarida QSCh qurilmalarining unumdorligiga ta'sir etuvchi omillar, QSCh qurilmalarini qiyosiy tahlili, QSCh qurilmalarining unumdorligini oshirishning aniq usullari to'g'risida ma'lumotlar yetarlicha keltirilmagan. Ushbu maqolada passiv QSCh qurilmalarining unumdorligiga ta'sir etuvchi omillar va ular bo'yicha amalga oshirilgan tadqiqot ishlari tahlili, QSCh qurilmalarining unumdorligiga ta'sir etuvchi bug'lanish tezligini oshirishning to'rtta usuli va ularni qiyosiy tahlili hamda unumdorlikni oshirish usullarining afzallik va kamchiliklari keltirilgan.

Uslub va materiallar

QSCh qurilmasining ishlash prinsipi suvni tabiatda tabiiy aylanishiga o'xshash bo'lib, bug'lanish va kondensatsiyalanishni o'z ichiga oladi. QSCh qurilmalari quyosh energiyasini yutadi va sho'r suvni bug'lantiradi. Bug' sovuq yuzada kondensatsiyalanadi. Keyin og'irlik kuchi ta'siri ostida suv oqimini hosil qiladi. Ushbu jarayonda tuz va mikroorganizmlar sho'r suvda qoladi, chuchuk suv esa qurilmadan maxsus idishga yig'ib olinadi. QSCh qurilmalari kam miqdorda chuchuk suv olishda va quyosh nurlanishi miqdori katta bo'lgan hududlarda raqobatbardosh bo'lib, ularni ishlatish osonligi va narxini arzonligi bilan afzal hisoblanadi. QSCh qurilmalarining konstruksiyalari va tuzilishi turlicha bo'lganligi sababli, ularning kunlik unumdorliklari ham turlicha (1-jadval).

1-jadval

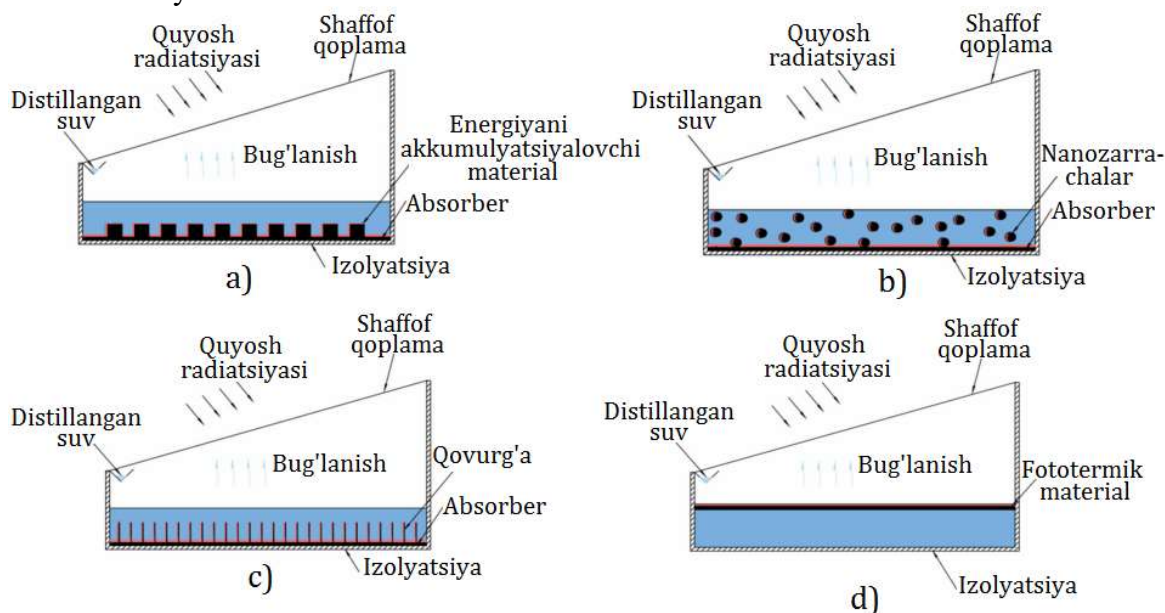
Konstruksiyalari turlicha bo'lgan QSCh qurilmalarining unumdorligi va afzalliklari

QSCh turlari	Unumdorligi	Bir nishabli, bir havzali QSCh qurilmasiga nisbatan afzalliklari
Bir nishabli, bir havzali QSCh	3,2 kg/m ² /kun	-
Piramidali QSCh	3,51 kg/m ² /kun	Yon devorga tushayotgan soyani bartaraf etadi, kondensatsiyalanish yuzasi ortadi
Yarim sferik QSCh	4,23 kg/m ² /kun	Yon devorga tushayotgan soyani bartaraf etadi, kondensatsiyalanish yuzasi ortadi
Ikki nishabli, ikki havzali QSCh	4,75 kg/m ² /kun	Yuqori havza ko'p nurlanishni yutadi va issiqlikni akkumulyatsiyalaydi, quyi havzadagi yashirin issiqlik yuqori havzaga yutiladi va suvni bug'lantiradi
Konussimon QSCh	3,38 kg/m ² /kun	Yon devorga tushayotgan soyani bartaraf etadi
Pog'onali QSCh	4,35 kg/m ² /kun	Suvdan qoplamagacha bo'lgan masofa va konveksiya kamayadi, soya minimallasadi va suv qatlami juda ingichkalashadi
Quvurchali QSCh	3,83 kg/m ² /kun	Yon devorga tushayotgan soyani bartaraf etadi

1-jadvaldan shunday xulosa qilish mumkinki, barcha passiv QSCh qurilmalarining unumdorligi kichik. Demak, QSCh qurilmalarining unumdorligi iqlim sharoitiga, qurilmaning ish rejimiga va konstruktiv parametrlariga sezilarli bog'liq. Iqlim sharoitlari, ya'ni quyosh radiatsiyasi, shamol tezligi va atrof-muhit haroratini nazorat qilib bo'lmaydi, shuning uchun ekspluatatsiya sharoiti va loyihalashni optimallashtirish orqali unumdorlikni optimallashtirish zarur, chunki kunlik unumdorlik ancha past. QSCh qurilmalarida chuchuk suv olishni bug'lanish va kondensatsiyalanish jarayonlariga ajratish mumkin. Ko'pgina tadqiqotlarda QSCh qurilmalarida bug'lanish tezligini oshirish hisobiga kunlik unumdorlikni oshirish mumkinligini ta'kidlangan.

Natijalar va munozara

QSCh qurilmalarida bug' olishning ikkita usuli mavjud. Ulardan birinchisi barcha suvni qizdirish yo'li bilan bug' ishlab chiqarish, ikkinchisi fazalarni ajralish chegarasida bug'lanish yo'li bilan bug' ishlab chiqarish. Barcha suvni qizdirish yo'li bilan bug' hosil bo'lishini oshirishning quyidagi usullari mavjud: issiqlikni akkumulyatsiyalovchi materiallardan foydalanish, nanozarrachalarni qo'shish, absorber plastinasining tuzilishini o'zgartirish va foto-issiqlik materiallardan foydalanish. 1-rasmda ko'rsatilgandek, fazalararo bug'lanish quyosh energiyasini havo-suv chegarasida konsentratsiyalaydi va bug'lanish yuzasidagi kam miqdordagi suvni qizdiradi. Fazalararo bug'lanishda issiqlik yo'qotilishi barcha suvni qizdirish usuliga nisbatan kam bo'ladi. QSCh qurilmalarida fazalararo bug'lanish tezligini oshirishning asosiy yo'li foto-issiqlik materiallaridan foydalanish hisoblanadi.



1-rasm. QSCh qurilmasining unumdorligini oshirish usullari:

a-issiqlikni akkumulyatsiyalovchi materiallardan foydalanish; b-nanozarrachalarni qo'shish; c-absorber plastinasi yuzasida qovurg'alarni hosil qilish; d-foto-issiqlik materiallaridan foydalanish.

Issiqlikni akkumulyatsiyalovchi materiallardan foydalanish. QSCh qurilmalarining ishlash samaradorligini oshirish uchun ko'pgina tadqiqotchilar issiqlikni akkumulyatsiyalovchi materiallardan (IAM) foydalanishni taklif etishgan. IAMlar ma'lum miqdordagi issiqlikni o'zida akkumulyatsiyalaydi va ushbu issiqlikni quyosh radiatsiyasi past bo'lganda yoki kechki vaqtda suvga uzatadi, natijada QSCh qurilmasining unumdorligi sezilarli ortadi. IAMlar ikkita kategoriyaga bo'linadi: oshkora IAMlari (qum, tosh, yog'och ko'miri va hokazo) va yashirin IAMlari (fazani o'zgartiruvchi materiallar (FO'M)-parafin, yog'li kislota, noorganik tuzlar, tuz aralashmalari va hokazo). Oshkora IAMlar IAMlarning haroratlarini o'zgarishiga asoslangan. Ekzotermik jarayon o'zgarimas haroratni ta'minlay olmaydi, shuning uchun atrof-muhit bilan haroratlar farqi yuzaga keladi, natijada issiqlik yo'qotiladi va issiqlik uzoq vaqt davomida saqlanmaydi. Yashirin IAMlar, ya'ni FO'Mlar fizik holatini o'zgartirish jarayonida ko'p miqdordagi yashirin issiqlikni yutadi yoki ajratadi. Shuningdek, material holatini o'zgarishi va yashirin issiqlikni ajralishi haroratni o'zgartirmasligi mumkin. Yashirin IAM sifatida FO'Mlardan foydalanish QSCh qurilmalarining umumiy unumdorligini oshirmasligi ham mumkin [9]. Radhvan [10] tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda FO'M bo'lmagan pog'onali QSCh qurilmasida unumdorlik $4,9 \text{ l/m}^2/\text{kun}$, FO'M bo'lgan pog'onali QSCh qurilmasida unumdorlik $4,6 \text{ l/m}^2/\text{kun}$ ni tashkil etgan. QSCh qurilmalarining unumdorligini oshirish uchun ko'pgina tadqiqotchilar IAMlarni qo'shishni taklif etishgan. 2-jadvalda IAMlar qo'shilgan QSCh qurilmalarining bir nechta namunalarini keltirilgan.

2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, turli IAMlar qo'shilganda QSCh qurilmalari ham turlicha unumdorlikka ega bo'ladi. Natijalarga ko'ra, chuchuk suv bo'yicha unumdorlik 0,48-273 % ni tashkil

etadi. Ularning ichida gubkali kub oʻrnatilgan QSCh qurilmasining unumdorligi eng yuqori va 273 % ga yetadi. Biroq shoʻr suvdagi tuz va quyqa gubkaga yigʻiladi, bu kapillyarlikni kamayishiga olib keladi. Ushbu omillar chuchuk suvning sifatiga ham taʼsir koʻrsatadi [11]. Demak, amaliyotda IAMlar uchun materillarni tanlashda koʻpgina omillarni inobatga olish zarur.

Nanozarrachalarni qoʻshish. Nanosuyuqlik bir jinsli boʻlib, issiqlik oʻtkazuvchanligi yuqori boʻlgan barqaror suspenziya hisoblanadi. U bazaviy suyuqlikka nanometr oʻlchamli qattiq zarrachalarni qoʻshish orqali tayyorlanadi. Nanozarrachalar belgilangan toʻlqin uzunligidagi yutilgan, sochilgan va qaytgan quyosh nurlarini yutilishini kuchaytiradi. Nanozarrachalar suv bilan aralashganligi hisobiga issiqlik oʻtkazuvchanlik va konvektiv issiqlik uzatish yaxshilanadi, natijada bugʻlanish tezligi ortadi. Modi va boshqalar [12] nanozarrachali QSCh qurilmalarining unumdorligi, nanozarrachasizga qaraganda yuqori ekanligi aniqlashgan, biroq nanozarracha (Al₂O₃) konsentratsiyasi 0,01 % dan 0,2 % gacha ortganda unumdorlik kamayib borgan. 2008-yilda Yu va boshqalar [13] tomonidan oʻtkazilgan tadqiqotlarga koʻra, nanosuyuqlikda issiqlik uzatishni ortishi 15-40 % atrofida ekanligi aniqlangan. Bir nechta tadqiqotchilar QSCh qurilmalaridagi suvda zarrachalarni muallaq turishi uchun nanozarrachalarni qoʻshishgan, natijada QSCh qurilmalarining unumdorligi ortgan. 3-jadvalda suvga nanozarrachalar qoʻshilgandan keyin QSCh qurilmalarining unumdorligini oʻzgarishi koʻrsatilgan.

2-jadval

IAMlar oʻrnatilgan QSCh qurilmalarining xarakteristikasi

Issiqlikni akkumulyatsiyalovchi materillalar	QSCh qurilmasi turi	Unumdorlik, l/m ² /kun	Unumdorlikni ortishi, %
Yogʻ och koʻmir	Ikki nishabli ikki havzali	4,5	125
	Toʻgʻri burchakli QSCh	1,46	15
Qum	Bir nishabli bir havzali	3	75
Qora granit shagʻal	Vakuum quvurli kollektorli ikki nishabli QSCh	8	65
	Bir nishabli bir havzali	3,9	18
Parafin mumi	Absorber plastinasi V-simon shaklli bir nishabli bir havzali	3,761	12
	Quyosh havo kollektorli bir nishabli bir havzali	9,36	108
Fitil	Bir nishabli bir havzali	2,47	273

3-jadval

Nanozarra qoʻshilgan QSChning unumdorligi

Nanozar- racha	QSCh qurilmasi turi	Nanozarrachani qoʻshishgacha unumdorlik, l/m ² /kun	Nanozarrachani qoʻshgandan keyingi unumdorlik, l/m ² /kun	Unumdor- likni ortishi, %
CuO	Bir nishabli bir havzali QSCh	2,814 (5 sm)	3,445	22,4
		2,35 (10 sm)	3,058	30
Al ₂ O ₃	Ikki nishabli QSCh	1,2225	0,04% 2,665	8,99
			0,08% 2,691	10,06
			0,12% 2,744	12,23
Al ₂ O ₃ ZnO TiO ₂	Bir nishabli bir havzali QSCh	0,655	0,935	29,95
			0,75	12,67
			0,805	18,63
Al ₂ O ₃ CuO Cu ₂ O	Ikki nishabli QSCh Bir nishabli QSCh	0,989 1,014 2,9	1,252	26,60
			1,585	56,31
			4	54,54
Al ₂ O ₃ - CuO	Ikki nishabli QSCh	qish 4,392 yoz 2,553	5,5239	27,2
			3,1079	21,7

Biroq nanosuyuqlikdagi nanozarralarning katta yuzaviy energiyasi, dispersiya barqarorligining yomonligi va yengil aglomeratsiya termik qarshilikni ortishiga va issiqlik almashinuv jarayonida issiqlikni sezilarli yo'qolishiga olib keladi [14]. Shuning uchun yaxshi dispersion va issiqlik o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan yangi nanosuyuqliklardan foydalanish zarur.

Absorber plastinasining tuzilishini o'zgartirish. Ko'pgina an'anaviy QSCh qurilmalarida quyosh nurlanishini yutuvchi ichki yuza sifatida absorber plastinasidan foydalaniladi. Quyosh energiyasini samarali yutish uchun qurilmaning ichki yuzasi qora rangda bo'yaladi. Tadqiqotchilar chuchuk suv bo'yicha unumdorlikni oshirish uchun quyosh nurlanishi yutilishini oshirishning turli usullarini taklif etishgan, jumladan suzgich va osma doskalarni o'rnatish. QSCh qurilmalarining unumdorligini qovurg'alarni qo'shish hisobiga oshirish mumkin, ya'ni qovurg'a qabul qilgan issiqlikni suvga uzatadi.

Hansen va boshqalar [15] turli shakldagi, ya'ni yassi ariqchali va qovurg'ali absorber plastinalarini tadqiqot qilishgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, qovurg'ali absorber plastina tizimning samaradorligini oshirgan, masalan qiya QSCh qurilmalariga qaraganda samaradorlik 25,75 % ga oshgan. Shuningdek, unumdorlikka turli o'rnatmalar va turli miqdordagi suzgichlar ham ta'sir ko'rsatishi mumkin. Yaxlit qovurg'a bilan taqqoslaganda aylana va kvadrat ko'ndalang kesimli ichi bo'sh qovurg'alar nafaqat panellarning sifatini pasaytiradi, balki yuza maydonini kattaligi hisobiga quyosh nurlanishini yutilishi va plastinadan suvga uzatilayotgan issiqlik ortadi, natijada unumdorlik ham sezilarli ortadi. Suzgichlarning turli shakllari, soni, qalinligi va materiallarini unumdorlikka ta'siri 4-jadvalda umumlashtirilgan.

4-jadval

Turli qovurg'ali QSCh qurilmalarining unumdorligi

Qovurg'a turi	QSCh qurilmasi turi	Unumdorlik, l/m ² /kun	Unumdorlikni ortishi, %
Balandligi 4 sm va qalinligi 1 mm bo'lgan suzgich	Bir nishabli bir havzali	5,377	Unumdorlik qovurg'a balandligini ortishi, qalinligi va sonini kamayishi bilan ortadi
Alyuminiy qovurg'a Shtifli qovurg'a	Bir nishabli bir havzali	2,64	11,36 14,53
G'ovak qovurg'a	Bir nishabli bir havzali	7,5	Fevralda 56 Mayda 23
To'g'riburchakli qovurg'a	Bir nishabli bir havzali	2,91	45,5
Qovurg'a turli materiallardan tayyorlangan	Bir nishabli bir havzali	5,065	Qovurg'a materiali unumdorlikka ta'sir etmaydi

El-Sebaai va boshqalar [16] tadqiqot ishida bir havzali, bir nishabli, qo'zg'aluvchi suzgichli QSCh qurilmasi tadqiqot qilingan. Bunda havza yuqori va quyi qismlarga ajratilgan bo'lib, yutilgan quyosh energiyasi yuqori va quyi qismlarga uzatiladi. Natijalarga ko'ra kunlik unumdorlik an'anaviy QSCh qurilmalariga qaraganda 20 % ga yuqori bo'ladi. Nafey va boshqalar [17] teshikchasining diametri 0,5 mm bo'lgan teshikchali alyuminiy plastinali QSCh qurilmasini nazariy va tajribaviy tadqiqot qilishgan. Ularning xulosasiga ko'ra haqiqiy tajribaviy natijalar nazariy model bilan mos kelgan va qora teshikchali plastinali QSCh qurilmasining unumdorligi 15 % ga ortgan. Panchal va boshqalar [18] QSCh qurilmasining unumdorligini oshirish uchun qora xromli bo'yoqqa MnO₂ nanozarrachasini qo'shgan. Nanozarrachali qora bo'yoq bilan qoplangan QSCh qurilmasining unumdorligi oddiy qora buyoq bilan qoplangan QSCh qurilmasiga nisbatan 19,5 % ga oshgan. Kunlik unumdorlik 3,2 l/kun ga yetgan. Natijalardan ko'rinadiki, nanozarrachalarni qo'shish issiqlik uzatish tezligini oshiradi. QSCh qurilmalarida qo'zg'aluvchi to'siq yoki qovurg'ani o'rnatish issiqlik uzatish maydonini oshiradi va suvning harorati ortadi. Biroq suzgichlar soyasini ortishi quyosh radiatsiyasining bir qismini yo'qotilishiga olib keladi, hattoki suzgichga yutilgan quyosh radiatsiyasi miqdori suzgich soyasi hisobiga yo'qotilgan quyosh radiatsiyasi miqdoriga teng bo'lishi mumkin. Bunday hollarda unumdorlikni sezilarli ortishi kuzatilmaydi [19].

Foto issiqlik materiallardan foydalanish. An'anaviy QSCh qurilmalarining tubida qora panelli qatlam joylashtirilgan bo'lib, u quyosh energiyasini yutadi va uni issiqlik energiyasiga o'zgartiradi. Suv havzasini to'liq qizdirilishi bilan bog'liq jiddiy issiqlik yo'qotilishi, QSCh qurilmasining samaradorligini pastligi muammosi bilan bog'liq. Foto-issiqlik materiallari (FIM) nafaqat absorbsiyani oshiradi, balki bug'lanish samaradorligini ham oshiradi, natijada chuchuk suv bo'yicha unumdorlik ham ortadi. Ushbu FIMlarining bir qismi quyosh fotoelektr qurilmalarida foydalaniladi, jumladan uglerod asosli materiallar, plazmali metal materillar, yarim o'tkazgich materiallar, polimerli organik materiallar va hokazo. Ushbu materiallar QSCh qurilmalarida ham keng qo'llaniladi, buning asosiy sababi shundaki, ular quyosh energiyasini maksimal darajada yutadi, o'zgartirish samaradorligi yuqori va issiqlik o'tkazuvchanligi past.

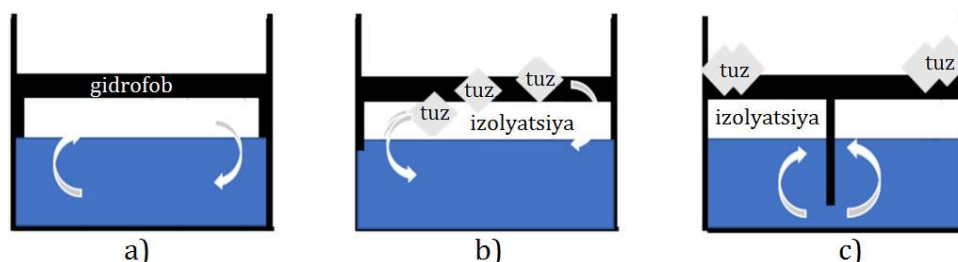
Xu Y. va boshqalar [20] supergidrofilli foto-issiqlik plyonkasini tayyorlashdi va uni sellyuloza tolasidan tayyorlangan qog'oz bilan birlashtirishdi. Hosil bo'lgan qoplama pena bilan birlashtirildi va dengizda bemalol suza oldi. Tajriba tadqiqotlari shuni ko'rsatadiki, supergidrofilli foto-issiqlik plyonkada sho'r suvdan to'planib qolgan tuz yana suvda erishi mumkin ekan. Xu Y. va boshqalar [21] foto-issiqlik materialini tayyorlash uchun qalam va qog'ozdan foydalangan. Yozuv qalami 4 H kuch bilan sinalganda 2-3 H kuch eng yaxshi tanlov bo'lib, ushbu materialda quyosh energiyasini yutish tezligi juda yuqori. Ma'lumki, plastina quyosh nurlarini bir qismini qaytaradi, shuni hisobiga FIMni 90° ga bukish tavsiya etiladi, masalan V-simon shaklga keltirish. 1-rasmda ko'rsatilgandek, bunday FIM penoplastga surtilsa, keyin u an'anaviy QSCh qurilmasida joylashtirilsa, plastinali FIMdan bug'lanish unumdorligi 1,101 kg/m²/kun ga yetadi. Wu D. va boshqalar [22] penonikel va nikel oksidining nanotuzilishi asosida FIMni tayyorlashdi. Ushbu FIMni o'zgartirish samaradorligi 95% ni, suvni bug'lanish samaradorligi 1,41 kg/m²/soat ni tashkil etdi, shuningdek material suvni bug'lanish tezligi bo'yicha yuqori barqarorlikka egaligi ta'kidlangan. Xu J. va boshqalar [23] yozuv qog'ozi asosidagi o'zi suzar QSCh qurilmasini ishlab chiqishgan bo'lib, u nafaqat chuchuk suv olish imkonini beradi, balki tuzni yig'ib qoladi. Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, quyosh radiatsiyasi miqdori 900-1700 Vt/m² bo'lganda bug'lanish samaradorligi 80% ga yetadi.

QSCh qurilmalarida bug' unumdorligini oshirish uchun juda ko'p FIMlardan foydalaniladi, ulardan ayrimlari 5-jadvalda ko'rsatilgan. Ushbu usul materialdan bug'lanish tezligini yaxshilaydi va tuz yig'ilib qolish muammosini oson bartaraf etadi. FIMda tuzni to'planib qolishi hisobiga quyosh radiatsiyasini yutilishi yomonlashadi va tuz bug'ni hosil bo'lishiga to'sqinlik qiladi. Tuzni to'planishi muammosini yechish uchun tadqiqotchilar o'zlarining muammolarini uchta kategoriyaga ajratishgan: 1) gidrofob yuzalarning tuzulishi; 2) gidrofil yuzalarni loyihalash yoki suv uzatishni tezlashtirish; 3) suv uzatishni o'zgartirish. Ushbu uchta usullarning prinsiplari 2-rasmda ko'rsatilgan.

5-jadval

FIMlardan foydalanuvchi QSCh qurilmalarining unumdorligi

FIM	QSCh qurilmasi turi	Suvni bug'lanish tezligi, kg/m ² /soat	Unumdorlik, l/m ² /kun	Tuz miqdori
Paxta-CuS aerogel	Bir nishabli bir hovuzli QSCh	1,03	-	yo'q
rGo/MoS ₂ gibrid aerogel		0,90	2	yo'q
MCNTs va PDMS mumi	Piramidali QSCh	1,30	-	yo'q
Kichik o'lchamli GO varaqlari	Bir nishabli bir hovuzli QSCh	1,73	9,52	-
Al-Ti-O kompozit membranasi		1,24	4	-
Qog'oz asosli rGO kompozit membranasi		1,778	-	Tuzlarni qayta eritish mumkin
Cu ₂ SnSe ₃ ikki qavatli membrana		1,657	-	Tuz kristallanmaydi
Qora oltin shimgich		1,24	7,6	yo'q
RGO/paxta mato	Ikki nishabli bir hovuzli QSCh	1,47 kg/m ² /soat	4 l/m ² /kun	Tuzlar kanallarda tez eriydi



2-rasm. Tuzni to‘planish muammosini yechishga doir:

a-gidrofob yuzalarning tuzilishi; b-gidrofil yuzaning konstruksiyasi yoki suvni tezlashtirib uzatish; v-suv uzatilishini o‘zgartirish

Zamonaviy laboratoriya FIMlarida bug‘lanish tezligi yuqori bo‘lib, amaliyotda qo‘llanilganda shaffof qoplama plyonkasining yorug‘ligini yo‘qolishi va atrof-muhitga issiqlik yo‘qotilishini yuqoriligi hisobiga, chuchuk suv bo‘yicha unumdorlik samaradorligi bug‘lanish samaradorligiga qaraganda past. Buni sho‘r suvni bug‘lanish tezligini, olingan chuchuk suvning aniq miqdori bilan taqqoslash orqali ko‘rish mumkin (2-rasm).

Ushbu to‘rtta usul QSCh qurilmalarining unumdorligini oshirishi mumkin, biroq bir nechta kamchiliklarga ega. 6-jadvalda ushbu to‘rtta usulning afzallik va kamchiliklari ko‘rsatilgan.

6-jadval

To‘rtta usullarning afzallik va kamchiliklari

Usullar	Afzallaik	Kamchilik
IAMlaridan foydalanish	issiqlik miqdorini saqlaydi va undan kechasi yoki past quyosh nurlanishida foydalaniladi	sho‘r suvdagi tuz va zang gubkalarda to‘planib, kapillyarlikni kamaytiradi
Nanozarrachalarni qo‘shish	yutilgan, tarqalgan va qaytgan ma’lum to‘lqin uzunliklaridagi yorug‘likning yutilishini kuchaytiradi	ba’zi FO‘Mlari suv sifatiga ta’sir qilishi mumkin
Absorber plastinasini tuzilishini o‘zgartirish	issiqlik uzatish yuzasi maydonini oshiradi	soyani ortib borishi quyosh radiatsiyasining yo‘qolishiga olib keladi
FIMlaridan foydalanish	past issiqlik o‘tkazuvchilikda yutilgan quyosh energiyasini yuqori samaradorga aylantiradi	ba’zi materiallarning narxi o‘ta yuqori

Xulosa

QSCh qurilmalarining bug‘latish kamerasida bug‘lanish tezligini oshirish bo‘yicha olib borilgan adabiyotlar tahlili asosida quyidagi xulosalar qilindi:

Konstruksiyalari turlicha bo‘lgan QSCh qurilmalarining unumdorligi va afzalliklari bir nishabli bir havzali QSCh qurilmalariga nisbatan taqqoslandi. Taqqoslash natijalariga ko‘ra ikki nishabli ikki havzali va pog‘onali QSCh qurilmalarining unumdorligi yuqori ekanligi aniqlandi.

Bug‘lanish tezligini oshirish uchun turli IAMlarni qo‘llanilgan bo‘lib, natijalarga ko‘ra fitil, parafin mumi va yog‘och ko‘miri IAM sifatida qo‘llanilganda QSCh qurilmasining unumdorligi o‘rtacha 108 % dan 273 % gacha ortishi asoslandi.

Sho‘r suv tarkibiga nanozarrachalar qo‘shilganda bug‘lanish tezligi ortishi aniqlandi va natijalarga ko‘ra Al₂O₃ va CuO nanozarrachalaridan foydalanish QSCh unumdorligini o‘rtacha 22 % dan 57 % gacha oshirishi ko‘rsatildi.

QSCh qurilmasining havzasida turli materiallardan tayyorlangan qovurg‘alardan foydalanish bir nishabli QSCh qurilmalarining unumdorligini o‘rtacha 23 % dan 56 % gacha ortishiga olib keladi, biroq qovurg‘alarni o‘rnatishda soyalik darajasini kamaytirish zarur.

QSCh qurilmalarining bug‘latish kameralarida FIMlar sifatida GO varag‘i va qora oltin shimgichdan foydalanilganda maksimal 9,52 l/m²/kun unumdorlikka erishish mumkin.

Adabiyotlar

[1] Zhu Z., Peng D., Wang H. Seawater desalination in China: An overview. *Water Reuse Desalination* 2019, 9, 115-132.
 [2] Liu J., Chen S., Wang H., Chen X. Calculation of Carbon Footprints for Water Diversion

- and Desalination Projects. *Energy Procedia* 2015, 75, 2483-2494.
- [3] Asadi R.Z., Suja F., Ruslan M.H., Jalil N.A. The application of a solar still in domestic and industrial wastewater treatment. *Sol. Energy* 2013, 93, 63-71.
- [4] Tiwari G., Singh H., Tripathi R. Present status of solar distillation. *Sol. Energy* 2003, 75.
- [5] Kabeel A., Harby K., Abdelgaied M., Eisa A. A comprehensive review of tubular solar still designs, performance, and economic analysis. *Clean. Prod.* 2020, 246, 119030.
- [6] Kabeel A., Harby K., Abdelgaied M., Eisa A. A comprehensive review of tubular solar still designs, performance, and economic analysis. *Clean. Prod.* 2020, 246, 119030.
- [7] Jobrane M., Kopmeier A., Kahn A., Cauchie H.M., Kharroubi A., Penny C. Internal and external improvements of wick type solar stills in different configurations for drinking water production-A review. *Groundw. Sustain. Dev.* 2021, 12, 100519.
- [8] Arunkumar T., Raj K., Winfred Rufuss D.D., Denkenberger D., Tingting G., Xuan L., Velraj R. A review of efficient high productivity solar stills. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019, 101, 197-220.
- [9] Kumar H.A., Venkateswaran H., Kabeel A.E., Chamkha A., Athikesavan M.M., Sathyamurthy R., Kasi K. Recent advancements, technologies, and developments in inclined solar still-A comprehensive review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021, 28, 35346-35375.
- [10] Mousa H., Naser J., Gujarathi A.M., Al-Sawafi S. Experimental study and analysis of solar still desalination using phase change materials. *Energy Storage* 2019, 26, 100959.
- [11] Radhwan A.M. Transient performance of a stepped solar still with built-in latent heat thermal energy storage. *Desalination* 2004, 171, 61-76.
- [12] Samuel D.H., Nagarajan P.K., Sathyamurthy R., El-Agouz S.A., Kannan E. Improving the yield of fresh water in conventional solar still using low cost energy storage material. *Energy Convers. Manag.* 2016, 112, 125-134.
- [13] Modi K.V., Shukla D., Ankoliya D.B. A Comparative Performance Study of Double Basin Single Slope Solar Still With and Without Using Nanoparticles. *Sol. Energy Eng.* 2018, 141,
- [14] Yu W., France D.M., Routbort J.L., Choi S.U.S. Review and Comparison of Nanofluid Thermal Conductivity and Heat Transfer Enhancements. *Heat Transfer. Eng.* 2008, 29, 432-460.
- [15] Pordanjani A.H., Aghakhani S., Afrand M., Mahmoudi B., Mahian O., Wongwises S. An updated review on application of nanofluids in heat exchangers for saving energy. *Energy Convers. Manag.* 2019, 198, 111886.
- [16] Hansen R.S., Murugavel K.K. Enhancement of integrated solar still using different new absorber configurations: An experimental approach. *Desalination* 2017, 422, 59-67.
- [17] El-Sebaei A.A., Aboul-Enein S., El-Bialy E. Single basin solar still with baffle suspended absorber. *Energy Convers. Manag.* 2000, 41, 661-675.
- Nafey A., Abdelkader M., Abdelmotalip A., Mabrouk A. Enhancement of solar still productivity using floating perforated blackplate. *Energy Convers. Manag.* 2002, 43, 937-946.
- [18] Panchal H., Nurdiyanto H., Sadasivuni K.K., Hishan S.S., Essa F.A., Khalid M., Dharaskar S., Shanmugan S. Experimental investigation on the yield of solar still using manganese oxide nanoparticles coated absorber. *Case Stud. Therm. Eng.* 2021, 25, 100905.
- [19] Bataineh K.M., Abbas M.A. Performance analysis of solar still integrated with internal reflectors and fins. *Sol. Energy* 2020, 205, 22-36.
- [20] Xu Y., Liu D., Xiang H., Ren S., Zhu Z., Liu D., Xu H., Cui F., Wang W. Easily scaled-up photo-thermal membrane with structure-dependent auto-cleaning feature for high-efficient solar desalination. *Membr. Sci.* 2019, 586, 222-230.
- [21] Xu Y., Ma J., Liu D., Xu H., Cui F., Wang W. Origami system for efficient solar driven distillation in emergency water supply. *Chem. Eng.* 2019, 356, 869-876.
- [22] Wu D., Qu D., Jiang W., Chen G., An L., Zhuang C., Sun Z. Self-floating nanostructured Ni-NiOx/Ni foam for solar thermal water evaporation. *Mater. Chem. A* 2019, 7, 8485-8490.
- [23] Xu J., Wang Z., Chang C., Fu B., Tao P., Song C., Shang W., Deng T. Solar-driven interfacial desalination for simultaneous fresh-water and salt generation. *Desalination* 2020, 484.