HAVODAN DISTIRLANGAN SUV OLISH TEXNOLOGIYASI

Kulmirzayeva Gulrabo
Samarqand davlat arxitektura - qurilsh universiteti v.b.dotsent
Email:gkulmirzayeva@mail.ru
Tel:+998937250094

Annotatsiya. Havo namligidan foydalanibsuv olish texnologiyalari bugungi kunda global suv tanqisligi muammolarini hal qilishda istiqbolli yo‘nalishlardan biridir. Bu maqola havo namligini kondensatsiyalash, adsorbsion - desorbsion jarayonlari, fognets, gel va zeolit materiallar kabi ilg‘or materiallar yordamida tomchilardan yig‘iladigan suv olish metodlarini tadqiq qiladi. Shuningdek, har bir usulning afzalliklari, cheklovlari va energiyaga bo‘lgan ehtiyoji hamda iqtisodiy samaradorligi muhokama qilinadi. Mavzu bo‘yicha so‘nggi ilmiy yangiliklar va “continuous” (uzluksiz) suv yig‘ishni ta’minlash yo‘llari ham ko‘rib chiqiladi, shuningdek, ushbu texnologiyaning istiqbollari va cheklovlari xulosada bayon etiladi.

Kalit so‘zi: atmosferadan suv yig‘ish, kondensatsiya, adsorbent materiallar(zeolit, gel, MOF), fognets/fog collection, uzluksiz mass transfer, iqtisodiy tahlil, energiya samaradorligi, suv tansiqligi.

Abstract. Water harvesting technologies using air humidity are one of the promising directions in solving the problems of global water scarcity today. This article reviews methods of water harvesting from droplets using advanced materials such as condensation of air humidity, adsorption-desorption processes, fognets, gels and zeolite materials. The advantages, limitations, energy requirements and economic efficiency of each method are also discussed. The latest scientific news on the topic and ways to ensure “continuous” water harvesting are also reviewed, and the prospects and limitations of this technology are outlined in the conclusion.

Keywords: atmospheric water harvesting, condensation, adsorbent materials (zeolite, gel, MOF), fognets/fog collection, continuous mass transfer, economic analysis, energy efficiency, water tightness.

Аннотация. Технологии сбора воды из влажности воздуха являются одним из перспективных направлений решения проблем глобального дефицита воды в настоящее время. В статье рассматриваются методы сбора воды из капель с использованием современных материалов, таких как конденсация влажности воздуха, адсорбционно - десорбционные процессы, туманные сети, гели и цеолитовые материалы. Обсуждаются преимущества, ограничения, энергозатраты и экономическая эффективность каждого метода. Также рассматриваются последние научные новости по теме и способы обеспечения «непрерывного» сбора воды. В заключении излагаются перспективы и ограничения данной технологии.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: сбор атмосферной воды, конденсация, адсорбирующие материалы (цеолит, гель, MOF), туманные сети/сбор тумана, непрерывный массоперенос, экономический анализ, энергоэффективность, водонепроницаемость.

Kirish.

XXI asrda resurslarining tanqisligi dunyo miqyosida eng dolzarb ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Insoniyatning ichimlik suvi manbalari kamayib borayotgani sababli alternativ suv manbalarini qidirish zaruriyati paydo bo‘ldi. Atmosferaning har bir kub metrida o‘rtacha 10 -20 grammdan ortiq suv bug‘I mavjud. Bu esa global miqyosda taxminan 12900 km(kub) hajmdagi potensial ichimlik suvini anglatadi. Atmosferadan suv yig‘ish texnologiyasi - bu havo tarkibidagi namlikni sovutish yoki adsorbsion jarayonlar orqali kondensatsiyalash va undan toza suv olishga asoslangan tizimdir. Bugungi kunda bu texnologiyalar ikki asosiy yo‘nalishda rivojlanmoqda:

1) **Faol (aktiv) tizimlar** - elektr energiyasi yordamida havo sovutilib, suv bug‘lari kondensatsiyalanadi;

2) Passiv tizimlar - tabiiy sovutish, sirt harorati va namlik farqiga asoslanadi.

Tomchilarning hosil bo‘lish mexanizmi. Havodagi suv bug‘lari sirt harorati atrof - muhitning shudring nuqtasidan past bo‘lganda kondensatsiyalanadi. Natijada suv molekulalari sirtga yopishib, **tomchi (droplet)** hosil qiladi. Tomchi o‘sish bosqichlari:

1. Nukleatsiya bosqichi - bug‘ molekulalari sirtga yopishadi;

2. O‘sish bosqichi - tomchi radiusi ortadi;

3. Koalesensiya (birikish) - kichik tomchilar birikib yirik tomchi hosil qiladi;

4. Ajralish - tomchi og‘irlik kuchi ta’sirida sirtdan sirpanadi.

Bu jarayonning samaradorligi sirtning fizik xususiyatlariga bog‘liq:

- **Gidrofob sirt -** tomchilarni tez sirpantiradi;
- **Gidrofil sirt** esa tomchini ushlab turadi, ammo ko‘p suv yig‘ilishini ta’minlaydi. Shu sababli aralash sirtlar eng samarali hisoblanadi.

Texnologik yondoshuvlar va tushunchalar. 1) Kondensatsiya asosida suv olish; 2) Adsorbsion - desorbsion yondoshuvlari; 3) Fog net va tomchilardan tushirish usullari; 4) Passiv va aktiv tizimlar farqi.

1) Bu usulda havo sovutilib, undagi suv bug‘lari kondensatsiyalanadi. Sovutish mexanizmi kompressor yoki issiqlik almashtirgich orqali amalga oshadi. Bunday tizimlarning ishlab chiqarish quvvati 5 -500 litr/ kun oralig‘ida bo‘ladi. Masalan, **Watergen** kompaniyasi ishlab chiqargan AWG generatorlari harorat +15 …+40 °C, nisbiy namlik 40 - 80% bo‘lgan sharoitda samarali ishlaydi.

ISSN 3030-3907

2) Bu usulda **zeolit, gel, MOF** yoki **CaCl** singari materiallar havodagi namlikni yutadi. Keyinchalik u issiqlik berilganda suv sifatida ajraladi. Afzalligi - kechasi namlik yutiladi, kunduzi quyosh energiyasi yordamida suv ajraladi. Shu sababli bu energiya tejamkor texnologiyadir. Zamonaviy **MT - SAWH** (Mass Transfer - Solar Assisted Water Harvesting) tizimlari 1㎡ sirt uchun 2 - 5 litr / kun samaradorlikka ega.

3) Bu usul tabiiy va bulutlardan suv yig‘ishga asoslangan. Maxsus **mesh** (to‘rli sirt) tuzilmalarida havodagi tomchilar tutib olinadi. Bir kvadrat metr to‘r kuniga 3 -15 litr suv yig‘a oladi.

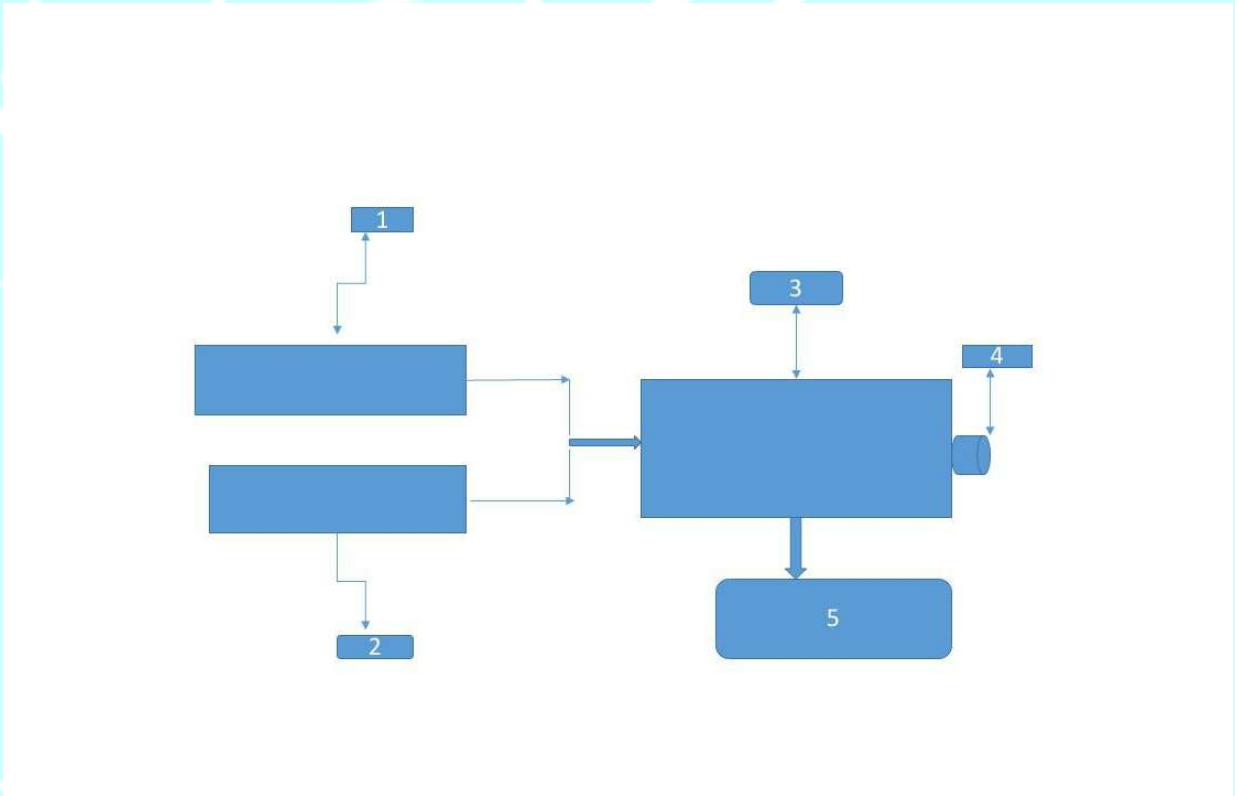
Materiallar va konstruktsiya. Zeolitlar - yuqori g‘ovaklikka ega, suv molekulalarini tez yutadi;

MOF (Metal - Organic Framework) - nano - g‘ovakli struktura, yuqori sig‘imli adsorbent;

Gel va gidrogel - past haroratda suvni yutadi, quyosh energiyasida tez ajratadi;

Bioinspiratsiyali sirtlar - o‘rganilgan tabiat namunalariga asoslanadi (lotus bargi, o‘rgimchak to‘ri).

MIT (2025) tadqiqotchilar **origami - gidakli gidrogel** yordamida deraza hajmidagi qurilma bilan havodan ichimlik suvini olishga muvaffaq bo‘lishdi.



1. Issiq havo oqimi yuboruvchi qurilma
2. Sovuq havo oqimini yuboruvchi qurilma
3. Tutash muhut hosil qiluvchi qurilma
4. Ortiqcha bosimni chiqarib yuboruvchi rele

ISSN 3030-3907

5. Qurilma hosil bo‘lgan disterlangan suvni to‘plovchi bak.

Distirlangan suv 3 -qurilmada hosil bo‘ladi. 1,2 qurilmalarni elektr quvvatiga qarab 220 voltda, 1 soatda 8 l dan 12 l gacha distirlangan suv olish mumkin. Olingan suvimizni tarkibi tabiiy yomg‘ir suvi bilan bir xil. Bu suvlarni cho‘l zonalarida qishloq xo‘jaligi uchun ishlatish mumkin. Zavod va fabrikalarda texnik suv sifatida ishlatish mumkin.

Bu texnik qurilma va ixtiro uchun evropatent olingan.

Operatsion parametrlar. Namlik, havo harorati,shtorm sharoitlari; kondensator harorati va sovutish; havo oqimi va fan tizimlari; sikllar va regeneratsiya rejimlari.

Sovutish asosidagi tizimlar ko‘p energiya sarflaydi (0,3 - 0,6 kWh/ litr). Ammo quyosh energiyasi bilan ishlovchi adsorbsion tizimlar bu sarfni 10 - 15 baravar kamaytiradi. Ekonomik hisoblar shuni ko‘rsatadiki, 1 litr suvning o‘rtacha tannarxi:

- desalinatsiya texnologiyasida ≈0,03 $;
- AWG tizimida ≈ 0,05 - 0,10 $.

Lekin AWGning afzalligi - mobil, iqlimga moslashuvchan va ekologik toza ekanligidadir.

Atrof - muhitga ta’siri. Bu texnologiya chiqindisiz, kimyoviy reagentlarsiz ishlaydi. Havodan olingan suv tozaligi jihatidan distirlangan suvga yaqin, lekin keyingi bosqichda **minerallash** zarur. Shu bilan birga, qurilmaning ishlashi iqlimga (harorat, namlik) kuchli bog‘liq: sahro sharoitida samaradorlik past, tropik zonalarda esa yuqori bo‘ladi.

Samaradorlik va cheklovlar. Suv ishlab chiqarish darajasi (L/ ㎡/kun); energiya sarfi; materiallarning chidamliligi, degradatsiyasi; iqlim sharoitlaridan kelib chiqqan cheklovlar.

Xulosa. Atmosferadan suv olish texnologiyalari insoniyatning ichimlik suvi ta’minotida yangi davrni boshlab berdi. Kondensatsiya, tomchilardan yig‘ish va adsorbsion - desorbsion jarayonlarning kombinatsiyasi energiya tejamkor, ekologik toza va barqaror tizim yaratish imkonini bermoqda. Kelajakda bu texnologiyalar quyidagi yo‘nalishlarda rivojlanadi:

1. Yangi yuqori sig‘imli MOF materiallar ishlab chiqish;
2. Quyosh energiyasi bilan integratsiyalangan **avtonom tizimlar;**
3. **Mass - transfer optimallashtirish** orqali uzluksiz suv yig‘ish;
4. Kichik masstabli qurilmalarni ijtimoiy sektor (qishloq, armiya, favqulodda holarlar) global yechimlardan biri sifatida qaralmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Ahrestani Z. et al. An overview of atmospheric water harvesting methods, therole of materials, and challenges. - PMC, 2023

ISSN 3030-3907

2. Zhou, X. et al.Atmospheric Water Harvesting: A Review of Material and Structural Designs. - ACSMaterials Letters, 2020
3. Gayoso,N.et al. Techno -Economic Analysis of Atmospheric Water Harvesting. - ACS Publications, 2024
4. Chu, W. et al.Advancements in Atmospheric Water Harvesting: Toward Continuous Operation through Mass Transfer Optimization. - Nature Communications Engineering, 2024
5. Liu, X. et al. Water Harvesting from Air: Passive Approaches and Challenges. - ACS Materials Letters, 2022.
6. Window-sized device taps the air for safe drinking water. - MIT News, 2025.
7. Gao, Y. et al. High-yield atmospheric water capture via bioinspired material segregation.- arXiv preprint, 2023.
8. Mukhopadhyay, A. et al. Droplet morphology-based wettability tuning and fog harvesting mesh. - arXiv preprint, 2024.
9. Atmospheric Water Generator (AWG). -Wikipedia, 2025.
10. Fog collection technology overview. -WaterAid Report, 2024.

ISSN 3030-3907