



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 574.1:63(477)

© 2017

*О.О. Іващенко,*

*академік НААН,  
доктор сільсько-  
господарських наук*

*Інститут  
біоенергетичних культур  
і цукрових буряків НААН*

*О.О. Іващенко,*

*доктор сільсько-  
господарських наук*

*Інститут  
захисту рослин НААН*

## **АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ВОДИ**

**Мета.** Оцінити можливості альтернативного способу отримання якісної води з атмосфери.

**Методи.** Аналітичні, розрахункові.

**Результати.** Частка прісної води на планеті становить лише 2,5% від загальної її кількості.

Прісна вода переважно зосереджена в льодовиках. У кругообігу перебуває близько 0,1% її обсягу. Майже 86% усього обсягу води, що надходить в атмосферу планети, це вода з океанів і морів. Відповідно 73,5 тис. км<sup>3</sup> становлять об'єми випаровування за рік з поверхні суші. З них майже близько 36 тис. км<sup>3</sup> — це об'єми води, що надійшла в повітря в результаті процесів терморегуляції рослин — транспірації. Більшість регіонів країни отримують воду з атмосфери в результаті адвекції (перенесення) водяної пари з просторів океанів і морів та поверхні прісних водойм в глибину континенту і випадання її у формі дощу або снігу. **Висновки.** Енергетичні витрати на отримання води можуть бути зменшені в кілька разів за умови використання системи теплообмінників з низькою температурою субстрату (холодної води, гірських порід та ін.), що ефективно поглинає тепло з повітря і тепло фазового переходу пари в рідину.

**Ключові слова:** вода, повітря, конденсація, енергія.

**Актуальність проблеми.** Значення води як обов'язкового компонента життя загальновідоме. Не менш важливими є цінність і незамінність її. Нагадаємо деякі з властивостей води — речовини, яка в рідкому агрегатному стані є прозорою текучою рідиною без запаху і смаку. Просторова модель молекули води має V-подібну форму і є диполем [1]. Вода — універсальний розчинник і немає жодної речовини, яка б зовсім не розчинялася у воді [2].

Вода — це активний реагент великої кількості хімічних і біохімічних реакцій. Вона виконує важливу транспортну функцію — перенесення розчинених речовин у живих організмах [3].

Завдяки високій теплоємності вода є ефективним терморегулятором у природі і в організмах, від клітин до складних біологічних систем [4].

Сама природа води і її властивості унікальні. Вода не має аналогів серед інших речовин,

що є на нашій планеті. За нагрівання вода у формі рідини розширюється і зменшує питому щільність. В умовах охолодження (лише до 4°C) вода зменшує свій об'єм і підвищує питому щільність. Наступне охолодження призводить до розширення води. Вже за температури 0° С вода переходить у кристалічний твердий стан і має позитивну плавучість [5]. Лід на поверхні водойм у природі є тепловим ізолятором, захищає товщу рідкої води від охолодження та замерзання і забезпечує виживання водних організмів у зимовий період.

У тканинах рослин, що активно здійснюють ростові процеси, уміст води традиційно перевищує 80% від їх маси [6, 7]. Багато води і в організмі людини. У тканинах головного мозку частка води перевищує 80%. Вода покриває понад 2/3 поверхні нашої планети, проте це переважно солоня вода [8].

Частка прісної води на планеті — лише 2,5% від загальної її кількості. Прісна вода в основному зосереджена в льодовиках Антарктиди, о. Гренландія та інших полярних островів, у річках і озерах [9].

За рівнем забезпечення прісною водою, як і за рівнем заліснення території, Україна займає останнє місце в Європі [10].

Тенденції змін клімату за останні 30 років призводять до посилення рівня його континентальності та ускладнюють ситуацію забезпечення регіонів водою.

Унаслідок кругообігу велика частка води постійно перебуває в атмосфері планети. У результаті випаровування з поверхні океанів, річок, озер і суші в атмосферу кожного року потрапляє близько 525 тис. км<sup>3</sup> води [11]. Майже 86% усього обсягу води, що надходить в атмосферу планети, — це вода з океанів і морів. Відповідно 73,5 тис. км<sup>3</sup> становлять об'єми випаровування з поверхні суші. З них майже близько 36 тис. км<sup>3</sup> — це об'єми води, що надійшла в повітря в результаті процесів терморегуляції рослин — транспірації.

У формі пари в повітрі постійно перебуває близько 14 тис. км<sup>3</sup> води [12]. Над кожним квадратним метром поверхні в приземному шарі атмосфери (тропосфера, до 10 км висоти) за температури 20°C і відносної вологості повітря 30 та 70% у формі газу (пари) перебуває близько 52 та 121 л води відповідно, тобто за умов її повної конденсації на поверхню землі це становило б шар води висотою 52 та 121 мм.

Подібні розрахунки є відносними, оскільки

з підвищенням на кожні 1000 м температура повітря знижується в середньому на 6,7°C, і змінюється здатність повітря утримувати вологу [13]. Запаси води в атмосфері здатні істотно коливатися. Відповідно випадання частини наявної в тропосфері вологи у формі дощу, снігу або граду змінюється в значному діапазоні.

Постійне надходження сонячної променевої енергії і трансформація її частини після поглинання непрозорою поверхнею в теплову (інфрачервоне випромінювання) забезпечує кругообіг води, у тому числі і в атмосфері. На випаровування води витрачається майже 20% усієї енергії Сонця, що надходить до планети у формі променів і поглинається непрозорою поверхнею. Інша частина сонячних променів відбивається поверхнею знову в простір і розсіюється [14]. Лише невелика частка променевої енергії (0,5–1,5%) може бути використана зеленими рослинами на потреби фотосинтезу.

Поглинена і трансформована в теплову енергія світла забезпечує формування відповідного температурного режиму регіону і безпосередньо впливає на обсяги споживання води рослинами, формування вітру, випаровування та транспірацію вологи поверхнею ґрунту і рослинами [15–17]. Тобто саме енергетичний (тепловий) режим регіону визначає величину атмосферного тиску, силу вітру, рівень відносної вологості повітря і ймовірність випадання опадів [18].

Практика ведення господарської діяльності, зокрема в аграрній сфері, свідчить про істотний вплив людини на енергетичний баланс (альbedo) регіону і режим природного зволоження орних земель.

З наростанням ступеня розораності території, знищення площі лісових насаджень, деградації річок і водойм збільшується частка поглинання падаючого потоку променевої енергії Сонця, і знижується частка його відбивання [19, 20].

Загальна сума тепла в регіоні збільшується, відповідно зростає і обсяг випаровування та транспірації, потреба рослин у доступній для них прісній воді стає більшою. У водному балансі регіонів наростає напруження. Регіони країни для нормального функціонування природи та економіки потребують дедалі більших обсягів якісної прісної води для потреб населення і зрощення посівів [21]. У середньому для забезпечення 1 жителя планети водою згідно із

сучасними витратами потрібно майже 8000 м<sup>3</sup> прісної води на рік.

Як традиційно в зоні Степу, так і на Поліссі, де волога в минулі часи була в достатній кількості, нині зростає частота і тривалість посухи [22]. Проблеми максимального накопичення, збереження і раціонального використання води стають актуальними практично на всій території країни.

**Мета досліджень** — оцінити можливості альтернативного способу отримання якісної води з атмосфери.

**Результати досліджень.** Підходи до розв'язання такої комплексної проблеми можуть бути різними. Не зупиняючись на можливостях і перспективах розвитку зрошення, нагадаємо й про інші способи впливу на водний баланс регіонів. До них належать регулювання (передусім зменшення) швидкості приземного шару повітря, формування сприятливого для посівів сільськогосподарських культур мікроклімату, створення водойм, відродження малих річок, формування достатніх площ лісових насаджень, особливо в зоні Степу і Лісостепу та ін. Усі вони є актуальними і заслуговують на глибоку наукову розробку та реалізацію на практиці в регіонах.

Розглянемо можливості нетрадиційного способу отримання прісної води, особливо для регіонів, де немає потужних та екологічно здорових водних артерій і прокладати водоводи або канали дорого і неперспективно.

Більшість регіонів країни отримують воду з атмосфери в результаті адвекції (перенесення) водяної пари з просторів океанів і морів та поверхні прісних водойм у глибину континенту і випадання її у формі дощу або снігу.

У приземному шарі атмосфери до висоти 5–10 км завжди є вода і вітер. За температури 20°C в 1 м<sup>3</sup> повітря за відносної вологості 30% може бути води у формі пари 5,2 г, за відносної вологості 70% — 12,1 г.

Якщо таке повітря охолодити на 10°C, то відповідно «точка роси» (конденсація частини пари в рідину) дає змогу отримати з 1 м<sup>3</sup> повітря відповідно 2,4 та 5,5 г рідкої води.

Приземний шар повітря майже ніколи не буває нерухомим. Для більшості регіонів традиційна середня швидкість вітру — 3–6 м/с. До висоти 1 м над площею в 1 м<sup>2</sup> переміщується 180–360 м<sup>3</sup> повітря за 1 хв, за 1 год — 10800–21600 м<sup>3</sup> повітря, за 10 год — 108000–216000 м<sup>3</sup>.

Над площею 1 м<sup>2</sup> поверхні суші до висоти 1 м з повітрям буде перенесено за відносної вологості 30% впродовж 1 год 56,2 л води, за відносної вологості 70% — 112,3 л. З них унаслідок охолодження на 10°C в конденсат (рідину) за відносної вологості повітря 30% перетвориться 25,9 л за 1 год, за відносної вологості 70% — 118,8 л за 1 год.

Протягом 10-ти год над поверхнею 1 м<sup>2</sup> до висоти 1 м можна конденсувати за відносної вологості повітря 30% і охолодження його на 10°C до 0,26 т води, за відносної вологості 70% — 1,19 т води. Якщо такі об'єми перевести у міліметри, то на 1 м<sup>2</sup> поверхні висота шару води становитиме відповідно 260 і 1119 мм.

Як зазначалося, для розрахунків було використано реальні показники відносної вологості повітря і висоту шару повітря 1 м над площею поверхні 1 м<sup>2</sup>.

З наведених розрахунків правомірно стверджувати, що над поверхнею суші в повітрі постійно відбувається адвекція (переміщення) великих обсягів води у формі пари, і конденсація, навіть дуже незначної її частини в рідину, може мати не лише теоретичну, а й практичну перспективу.

Проте наявність води в повітрі потребує оцінки величини енергетичних затрат на здійснення процесу конденсації такого об'єму води, який наведено в розрахунках.

З огляду на те, що густина повітря у 770 разів менша порівняно з водою, у розрахунку братимемо до уваги лише теплоємність води.

Для охолодження 1 г води на 1°C слід затратити 1 кал енергії (фрігорію), для охолодження 1 г води на 10°C потрібно 10 кал (фрігорій) енергії. Для охолодження 562 л наявної в повітрі води за відносної вологості 30% і переведення її до рівня відносної вологості 100% (точка роси) слід витратити 562 ккал(фрігорій). А для охолодження 1123 л води за відносної вологості повітря 70% потрібно 11230 ккал (фрігорій) енергії. У результаті охолодження повітря на 10°C у рідкий стан переходить відповідно 0,26 та 1,19 т води.

Одночасно внаслідок фазового переходу газу води (пари) в рідину відповідно до другого закону термодинаміки і закону Клаузіуса — Клапейрона виділяється прихована теплова енергія (екзотермічний процес). На кожний 1 г конденсованої з пари (газу) води виділяється 2257 Дж енергії або 539 кал тепла.

За конденсації 0,26 т рідини буде виділено 140140 ккал тепла, а за конденсації 1,19 т

рідини — 641410 ккал.

Виділена в результаті фазового переходу газу (пари) в рідину теплова енергія має бути компенсована відповідним охолодженням. Тому сумарні витрати енергії на конденсацію і фазовий перехід води в об'ємі 0,26 т рідини становитимуть  $140140+562=140702$  ккал (фрігорій) енергії.

Для отримання конденсату води в об'ємі 1,19 т сумарні витрати енергії дорівнюватимуть  $641410+11230=652640$  ккал(фрігорій) енергії.

На отримання 1 м<sup>3</sup> рідкої води (або 1 т) з атмосферного повітря слід витратити 548437 ккал енергії, що еквівалентно енергетичній цінності 53,2 кг дизельного палива.

Затрати енергії можуть бути істотно меншими за використання для охолодження атмосферного повітря рідкою водою з низькою температурою. Це можуть бути глибинні води з морів або водосховищ, свердловин. У теплообмінниках охолоджене повітря конденсує частину наявної в ньому вологи і повертається в атмосферу. Відносно підігріта солона вода повертається в море, а отриманий прісний конденсат із повітря практично використовують.

Атмосферний конденсат є екологічно достатньо чистою водою. Така вода після відповідної підготовки і балансування вмісту солей може бути готовою для використання населенням.

Отримана вода може бути застосована й для зниження рівня солоності наявної води з водою розведенням її до концентрації 1–1,5<sup>00</sup> і наступного використання для зрошення посівів овочевих культур, виноградників, садів та ін.

Атмосферний конденсат — це вода, позбавлена органічних домішок. Вона може добре

зберігатися у відповідних резервуарах: цистернах, водосховищах до часу її використання.

Відповідно собівартість отриманого 1 м<sup>3</sup> води (рідини), практично позбавленої солей, складатиметься із затрат енергії на охолодження повітря + затрати на роботу системи повітряних вентиляторів.

Розрахунки підтверджують, що такий нестандартний спосіб отримання якісної води може бути цілком реальним. Отримувати воду з повітря можна весь рік, проте найраціональніше — в осінній період і першу половину весни. Саме в такі пори року за порівняно теплої погоди повітря здатне утримувати досить багато водяної пари і мати високий рівень відносної вологості.

У зимовий період температура повітря порівняно низька, і навіть за високого рівня відносної вологості обсяг конденсованої рідини не може бути значним.

У літні місяці висока температура повітря дає змогу утримувати відносно великі запаси водяної пари, проте рівні відносної вологості повітря традиційно низькі, і тому реальні обсяги конденсату води значними будуть лише за дощової погоди.

Питання отримання води з повітря пов'язане насамперед з наявністю достатньої кількості відносно недорогої енергії. Найперспективнішим її джерелом може бути передусім енергія Сонця. У регіонах з найбільшим дефіцитом води є достатня кількість такої енергії. Її потрібно лише зібрати і раціонально застосувати на користь людині і природі. Формування потужних сонячних електростанцій на фотоелементах може забезпечити південні регіони енергією і необхідними обсягами прісної води високої якості.

## Висновки

*Вода як обов'язковий компонент життя унікальний і незамінний. Її не може бути альтернативи, і тому забезпечення якісної прісної водою всього живого є дуже актуальною проблемою, що потребує досліджень і конструктивного практичного розв'язання.*

*Приземний шар повітря, навіть за низького рівня відносної вологості (30%), над площею 1 м<sup>2</sup> і висотою 1 м над поверхню ґрунту за 1 год переміщує у формі пари 56,2–112,3 л води (швидкість вітру 3 та 6 м/с відповідно).*

*Для отримання 1 м<sup>3</sup> води (1 т рідини) конденсацією її з атмосферного повітря потрібно витратити близько 548437 ккал енергії, що еквівалентно енергетичній цінності 53,2 кг дизельного палива.*

*Енергетичні затрати на отримання води можуть бути зменшені в кілька разів за умови використання системи теплообмінників із низькою температурою субстрату (холодної води, гірських порід та ін.), що ефективно поглинає тепло з повітря і тепло фазового переходу пари в рідину.*

## Бібліографія

1. *Lehninger A.L.* Principles of biochemistry The Johns Hopkins University Worth Publishers Inc/A.L. Lehninger. — 1982. — 1056 p.
2. *Большая энциклопедия растений.* — М.: Олма, Медиа-Групп, 2007. — 623 с.
3. *Дювиньон П.* Биосфера и место в ней человека/П. Дювиньон, М. Танг. — М.: Прогресс, 1968. — 363 с.
4. *Камшилов М.М.* Биотический круговорот/М.М. Камшилов. — М.: Наука, 1970. — 410 с.
5. *Вальтер И.* История Земли и жизни/И. Вальтер. — СПб.: Изд. П.П. Сойкина, 1911. — 537 с.
6. *Lennarz W.J.* The Biochemistry of Glicoproteins and Proteoglycans, Plenum/W.J. Lennarz. — New York, 1980.
7. *Dixon H.H.* Osmatic pressures in plants V. Seasonal variations in the concentration of the coll sap of some decidans and evergreen trees. Scient. Proceed royal Dublin soc/H.H. Dixon, W.R.G. Atkins. — 1915. — № 14. — P. 455–461.
8. *Лесная энциклопедия.* — М.: Советская энциклопедия, 1985. — Т. 1. — 563 с.
9. *Dick D.A.* Water, Butterworths, Washington/D.A. Dick, T. Cell. — 1966. — 364 с.
10. *Eisenberg D.* The Structure and Properties of Water/D. Eisenberg, W. Kausmann. —Oxford: University Press, Fair Lawn, N.J., 1969.
11. *Yamada K.M.* Fibronectins, Abhesive Glicoproteins of Cell Surface and Blood. Nature/K.M. Yamada, K. Olben. — 1978. — P. 179–184.
12. *Клімат України;* за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. — К.: Вид. Раєвського, 2003. — 332 с.
13. *Мала гірнича енциклопедія* у 3-х томах; за ред. В.С. Білецького. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. — 1560 с.
14. *Solomon A.K.* The State of Water in Red Cells, Science Am/A.K. Solomon. — 1971. — P. 88–96.
15. *Брант А.В.* Оптические параметры растительных организмов/А.В. Брант, С.В. Тагеева. — М.: Наука, 1997. — 300 с.
16. *Дадыкин В.П.* О зависимости оптических свойств листьев растений от удобрения почвы/В.П. Дадыкин, В.П. Беденко, Ю.Л. Давыдова//ДАН СССР. — 1989. — Т. 128, № 6. — С. 1305–1309.
17. *Злобин Ю.А.* Коэффициенты спектрального отражения древесных и травянистых растений/Ю.А. Злобин, И.Б. Сухой//Журнал общей биологии. — 1998. — Т. XL.VII, № 4. — С. 520–528.
18. *Вода для людей — вода для жизни.* Доклад ООН о состоянии водных ресурсов мира. — М.: Прогресс, 2003. — 67 с.
19. *Хільчевський В.К.* Основи гідрохімії/В.К. Хільчевський, В.І. Осадчий, С.М. Курило. — К.: Ніка-Центр. 2012. — 312 с.
20. *Бойко П.І.* Сівозміни у землеробстві України/П.І. Бойко. — К.: Аграр. наука, 2002. — 260 с.
21. *Бурда Р.І.* Моніторинг фітобіоти сеgetальних екосистем/Р.І. Бурда, В.П. Патика//Вісн. аграр. науки. — 2002. — № 6. — С. 59–63.
22. *Данилов-Динильян В.Н.* Глобальные проблемы дефицита пресной воды/В.Н. Данилов-Динильян//Век глобализации. — 2008. — № 1. — С. 45–56.

Надійшла 19.01.2017.