

WODA W ŚRODOWISKU PRZYRODNICZYM

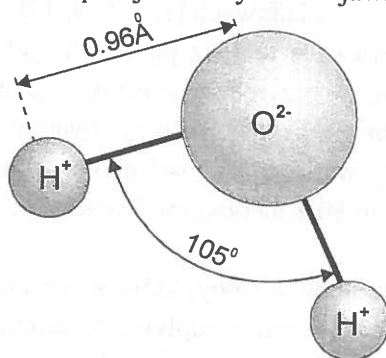
B. Witkowska-Walczak

Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: bwitwał. @demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. Przedstawiono rolę wody w środowisku przyrodniczym. Omówiono jej właściwości oraz wpływ na klimat kuli ziemskiej. Pokazano, że niedostatek wody, zarówno dla bieżących potrzeb człowieka jak i produkcji roślinnej, spowodował, że stała się ona surowcem strategicznym.

Słowa kluczowe: woda, środowisko przyrodnicze, produkcja roślinna.

Woda jest dla każdego czymś zupełnie zwykłym i jak każde zjawisko, z którym spotykamy się codziennie na każdym kroku przestaje zwracać na siebie naszą uwagę. Przyjmujemy jej istnienie i funkcje, jakie spełnia, jako coś oczywistego, samo przez się zrozumiałego. Jej wzór chemiczny (H_2O) i model cząsteczki (Rys. 1) poznajemy jako pierwsze naszego wtajemniczenia w arkanach chemii, a jego prostota doskonale nam pasuje do zwykłości zjawiska [8, 12, 18, 20].



Rys. 1. Model cząsteczki wody.

Fig. 1. Model of water molecule.

Woda jest w rzeczywistości niezwykle ciałem i dzięki osobliwym właściwościom spełnia doniosłą rolę nie tylko w przyrodzie, ale i w życiu człowieka. Woda ma wielką, wynikającą z budowy cząsteczki wody, zdolność do rozpuszczania innych związków. Dzięki temu jest, przy swym rozprzestrzenieniu, najważniejszym rozpuszczalnikiem w przyrodzie i nie występuje w niej w stanie chemicznie czystym. Nienormalna rozszerzalność cieplna wody powoduje, że ma ona najmniejszą objętość w temp. 4°C, a przy wzroście i spadku temperatury jej objętość rośnie. Ze zmianami objętości wiążą się zmiany gęstości wody. Anomalia ta ma daleko idące konsekwencje. Zamrożona woda czyli lód ma mniejszą gęstość niż woda w stanie ciekłym, a właściwość ta umożliwia życie w zamrożonych rzekach i akwenach. Różnice gęstości wody w morzach i oceanach powodują powstawanie prądów morskich, mających ogromne znaczenie dla stosunków klimatycznych i dla procesów organicznych zachodzących w wodzie. Woda ma największą pojemność cieplną (poza ciekłym amoniakiem) ze wszystkich ciał występujących w przyrodzie. Do nagrzania wody potrzeba znaczących ilości energii cieplnej, a dzięki łatwości przemieszczania się może ona przenosić ciepło w inne obszary, przez co jest ważnym regulatorem klimatu na Ziemi. Woda odznacza się wysokim utajonym ciepłem topnienia i parowania. Aby przejść ze stanu ciekłego w stały lub odwrotnie musi pobrać z toczenia lub mu oddać dużo energii cieplnej. Zmniejsza to, np. tempo tajania i gwałtowność wiosennego splotu. Jeszcze większe ilości energii cieplnej zużywane są przy przechodzeniu wody w stan lotny, bowiem ustawicznie zachodzące w przyrodzie procesy parowania i kondensacji wprawiają w ruch olbrzymie jej ilości kształtując w przemożny sposób klimat obszarów lądowych [1, 4, 5, 9, 13].

Znaczenie wody wynika nie tylko z jej osobliwych cech, ale też z jej powszechnego występowania w przyrodzie. Zasoby wodne globu ziemskiego szacowane są na **1,4 mln km³** (Tabela 1), co przy równomiernym jej rozłożeniu na powierzchni Ziemi dałoby warstwę grubości około **3 km**. W ciągłym ruchu jest **0,6 mln km³** wody, z czego 80% na obszarach oceanów, a jedynie 20% na obszarach lądowych [1, 4, 13].

Dla całej powierzchni lądów z wody, która spada część wyparowuje (bezpośrednio lub przez roślinność), a reszta odpływa powierzchniowo lub podziemnie. Porównanie wielkości opadu i parowania umożliwia rozgraniczenie terenów suchych i wilgotnych na kuli ziemskiej. Tam, gdzie jest przewaga opadu nad parowaniem występują obszary wilgotne, a tam, gdzie parowanie przeważa nad opa-

dem – obszary suche. Obszary suche zajmują ponad 1/3 lądów, a wilgotne 2/3 powierzchni (Rys. 2) [19]. W rzeczywistości relacje między opadem atmosferycznym i parowaniem oraz odpływem wody modyfikowane są też innymi czynnikami. Są to:

- orografia czyli ukształtowaniem terenu,
- morfologia terenu,
- budowa podłoża, np. obszary zbudowane z wapieni – zjawiska krasowe,
- pokrywa glebowa,
- pokrywa roślinna,
- działalność człowieka.

Tabela 1. Zasoby wodne Ziemi [1]

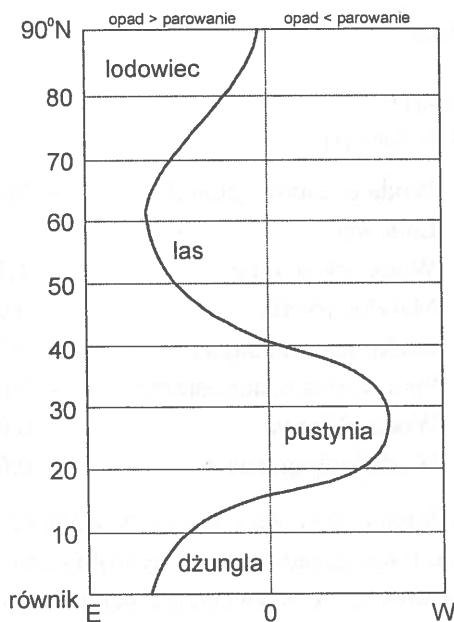
Table 1. Water resources of the Earth [1]

Woda oceanów (słona)	– 96,5%
Lodowce	– 1,74
Wody podziemne	– 1,7
Marzłota trwała	– 0,022
Rzeki, jeziora, bagna	– 0,014
Para wodna w atmosferze	– 0,001
Woda glebowa	– 0,001
Woda biologiczna	– 0,0001

Rozpatrywane zagadnienia dotyczące zasobów wodnych i krążenia wody na Ziemi, jak widać, są nie tylko zagadnieniami hydrologicznymi, ale także klimatycznymi. Należy tu podkreślić, że w związku z ocieplaniem się klimatu na Ziemi, a za tym wzrostem parowania, coraz większe obszary podlegają pustynnieniu, co powoduje ograniczanie obszarów potencjalnie wykorzystywanych rolniczo (Rys. 3) [7, 13, 14].

Zainteresowanie człowieka zagadnieniami związanymi z wodą wynika z faktu, że jest ona dosłownie jak i pośrednio problemem życia i rozwoju jednostek i społeczeństw. Dosłownie, gdyż woda do życia jest niezbędna, ponieważ wszelkie procesy fizjologiczne zachodzą wyłącznie w środowisku wodnym, a woda w każdym organizmie żywym stanowi główny składnik, np. dorosły człowiek zawiera w sobie ok. 62% wody. Rola wody w przemianach organicznych i regulowaniu temperatury ciała jest tak ważna, że bez odświeżania zapasu wody

w organizmie moglibyśmy żyć bardzo krótko, np. na pustyni kilka dni. W naszej umiarkowanej strefie zużywamy dziennie przy umiarkowanej pracy 2–3 l wody. I chociaż wody na Ziemi jest pod dostatkiem i nie powinno jej brakować, to jej zasolenie (woda oceaniczna) lub forma występowania (lodowce lub głębokie wody podziemne), sprawiają, że jest jej dla człowieka stanowczo za mało i dlatego stała się surowcem strategicznym. Z szacunków wynika, że w 1995 roku **500 mln** ludzi na Ziemi cierpiało z powodu braku świeżej wody, w 2000 roku było ich już **1,5 – 2 mld**, a w 2025 roku około **5 mld** ludzi dotknie brak wody [11, 21].

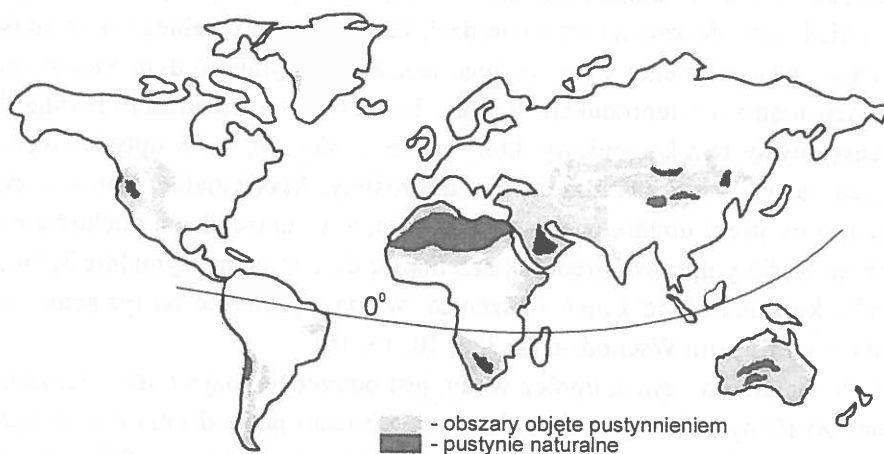


Rys. 2. Rozkład obszarów wilgotnych i suchych wzdłuż południka na półkuli północnej [19].

Fig. 2. Distribution of wet and dry areas according meridian on the north hemisphere of the Earth [19].

W Europie dotkliwie odczuwa się braki wody w Belgii, Anglii i Polsce. Jest to powodem do oszczędzania wody. Jako przykład można podać Lublin, gdzie zużycie wody w latach 1990–2000 zmniejszyło się o 50%. Największe braki wody występują w krajach rozwijających się, co spowodowane jest przede wszystkim niewłaściwą gospodarką zasobami. Zdaniem ekspertów obecny stan technologii umożliwia zmniejszenie marnotrawstwa świeżej wody nawet o 90%.

Życie ludzkie jest najściślej związane z wodą, a przejawia się to nie tylko w osadnictwie, sposobie życia, organizacji społeczeństw, ale też w historii, bo historia wielu państw to historia walki z wodą i o wodę, np. Holandia, Egipt, Izrael. Współczesna cywilizacja, mimo osiągnięć technicznych, nie opanowała żywiołu wodnego. Nadal powodzie są przyczyną nieobliczalnych strat, a wielkie klęski suszy zdarzają się i dzisiaj. Zależność współczesnych społeczeństw od wody – wbrew pozorom – jest jeszcze większa niż społeczeństw dawnych. Wynika to z olbrzymiego zapotrzebowania na wodę w dzisiejszej cywilizacji. Nawet na potrzeby domowe zużywa się dziś znacznie więcej wody, np. mieszkaniec prymitywnej wsi zadowalała się, jak niegdyś, 10–20 l wody dziennie, podczas gdy mieszkaniec zelektryfikowanej wsi amerykańskiej zużywa dziennie 300 l wody [17,19].



Rys. 3. Pustynie naturalne i obszary objęte pustyńnieniem na Ziemi [14].

Fig. 3. Natural deserts and deserting areas on the Earth [14].

Znaczenie wody dla człowieka nie ogranicza się do jej bezpośredniego użycia, tj. picia. Woda niezbędna i niezastąpiona jest do utrzymania czystości, jako siła energetyczna i niezbędny surowiec w przemyśle, woda przejmuje ścieki zarówno komunalne jak i przemysłowe, umożliwia komunikację oraz stwarza korzystne warunki dla wypoczynku i rekreacji, a przede wszystkim jest potrzebna do produkcji żywności czyli w rolnictwie.

Rolnictwo ma największy udział w światowym zużyciu, gdyż pochłania 65–70% użytkowanej wody. Woda jest bowiem jednym z najważniejszych czynników ograniczających produkcję żywności. Wiele regionów świata,

ograniczających produkcję żywności. Wiele regionów świata, zwłaszcza Afryka Północna, Bliski Wschód, subkontynent Indyjski, ogromne obszary Ameryki Północnej i Południowej cierpią na permanentny niedobór wody [1, 17, 19].

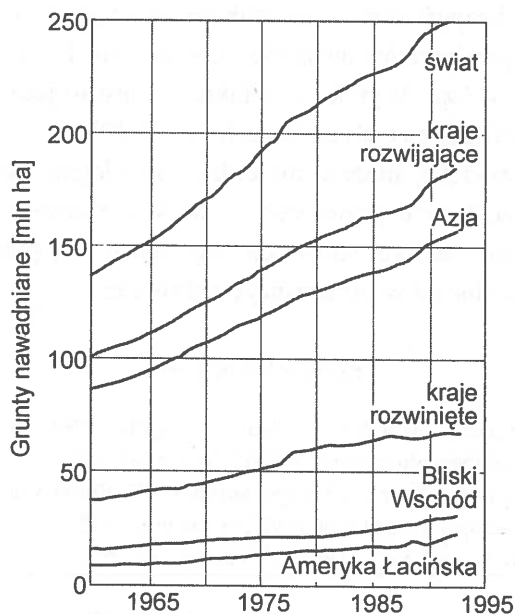
Rola wody w produkcji żywności wynika z fizjologii rośliny, która jest ważnym elementem w krążeniu wody w układzie gleba-roślina-atmosfera. Woda jest zarówno składnikiem pokarmowym rośliny, jak i środowiskiem, w którym zachodzą procesy fizjologiczne. Woda stabilizuje też temperaturę rośliny. Bez wody nie byłaby możliwa fotosynteza, zjawisko, w którym energia słoneczna jest wykorzystywana do tworzenia biomasy. Woda jest głównym składnikiem komórek roślin, a jej zawartość zmienia się w granicach od 60% – drzewa, 75% – trawy, do 95% – pomidory. W ziarnach jest jej od 12 do 20%. Rośliny nie reagują biernie na niedostatek wody. W długim okresie ewolucji zaadoptowały się w różny sposób do jej niedoboru. Można nawet stwierdzić, że rozwój ich przebiega w warunkach ciągłego stresu wodnego, a stopień jego nasilenia decyduje o dynamice wzrostu, produkcji biomasy i reprodukcji. Rośliny broniąc się przed stresem budują duży ekstensywny system korzeniowy, który może zmniejszyć się w optymalnych warunkach nawet o 50% bez uszczerbku dla rośliny, Maksymalny pionowy zasięg korzeni traw strefy umiarkowanej wynosi 5 m, a w subtropikach dochodzi nawet do 15 m. Rośliny uprawne średnio korzenia się do 2 m, a maksymalnie 3,7 m, np. głęboko korzenia się jęczmień i pszenica twarda, uprawiane od tysiącleci przez rolników na Bliskim Wschodzie [2, 3, 6, 10, 15, 16].

Człowiekowi do życia, oprócz wody, jest potrzebne pożywienie. Odżywia się on bardzo różnym biologicznie pokarmem zarówno pochodzenia roślinnego jak i zwierzęcego. Rośliny dostarczają bezpośrednio lub pośrednio 95% żywności konsumowanej przez człowieka. Z 350 tys. gatunków roślin jadalne organy można pozyskać z ok. 10%, a tylko 300 gatunków można traktować jako rośliny uprawne, z których 150 ma znaczenie komercyjne, a 24 odgrywa rolę globalną. Jedynie 9 roślin: pszenica, ryż, kukurydza, jęczmień, sorgo/proso, ziemniaki, bataty, trzcina cukrowa oraz soja pokrywają 75% zapotrzebowania energetycznego ludności świata. A pszenica, ryż i kukurydza dostarczają 60% energii i 50% białka [2, 3, 19].

Porównując zasięgi upraw tych 9 najważniejszych dla człowieka roślin można stwierdzić, zadziwiającą zgodność z obszarami, które podlegają pustynnieniu na kuli ziemskiej. Nic też dziwnego, że i w tym przypadku woda odgrywa doniosłą rolę, gdyż jest podstawowym środkiem do przekształcania mało urodzajnych

obszarów w pola uprawne. Dlatego też od lat obserwujemy wzrost powierzchni gruntów nawadnianych (Rys.4) [19].

Pomimo tego, że nawadnianie wymaga wysokich kosztów infrastruktury, zmniejszają się zasoby wodne i wzrasta cena energii, znaczenie nawadniania w produkcji żywności jest olbrzymie. Szacuje się, że w skali globu nawadniana powierzchnia produkuje 33% żywności, a np. na Bliskim Wschodzie 35% jej dostarcza aż 70% produktów rolnych.



Rys. 4. Powierzchnia gruntów nawadnianych na Ziemi [19].

Fig. 4. Surface of irrigated areas of the Earth [19].

Samo nawadnianie wszakże nie podnosi plonów, lecz stwarza warunki do produkcji roślin, zwiększenia nawożenia mineralnego, stosowania wysokoplennych odmian o krótszym okresie wegetacji, zmniejsza wahania plonów wynikające z pogody oraz umożliwia w wielu rejonach na prowadzenie dwóch upraw w skali roku. Nawadnianie nie jest prostym zabiegiem agrotechnicznym i wymaga wielkich nakładów na infrastrukturę. Składa się na nią wiele czynników, z których najważniejsze to:

- zasoby wodne regionu,

- systemy gromadzenia wody (tamy, zbiorniki retencyjne, itp.),
- systemy nawadniania (zalewowy, bruzdowy, deszczowanie, itp.),
- żyzność gleby, poziom nawożenia organicznego i mineralnego,
- przygotowanie gleby do nawadniania (drenaż),
- dobór roślin.

Niezależnie od wyboru systemu nawadniania, należy podkreślić, że koszty infrastruktury są bardzo wysokie (w skali globu zużywa się na nie około 10% energii zainwestowanej bezpośrednio w produkcję rolniczą), pomimo tego ciągle obserwujemy wzrost powierzchni obszarów nawadnianych, szczególnie w krajach rozwijających się i w Azji. Wynika to z faktu, że jest to jedyna droga do zwiększenia produkcji rolniczej na tych obszarach [1, 14, 19].

Reasumując powyższe, można stwierdzić, że slogan **WODA ŹRÓDŁEM ŻYCIA** jest ze wszech miar prawdziwy, a właściwe gospodarowanie i ochrona zasobów wody, która stała się surowcem strategicznym, powinno stać się nadrzędnym celem działalności współczesnego człowieka.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z.:** Hydrologia ogólna. PWN, Warszawa, 1999.
2. **Carlson P.(Red.):** Biologia plonowania. PWRiL, Warszawa, 1985.
3. **Dziężyc J.(Red.):** Potrzeby wodne roślin uprawnych. PWN, Warszawa, 1989.
4. **Eagelson P.S.:** Hydrologia dynamiczna. PWN, Warszawa, 1978.
5. **Gutry-Korycka M., Soczyńska U. (Red.):** Modelowanie obiegu wody. Wyd. UW, Warszawa, 1990.
6. **Kędziora A.:** Podstawy agrometeorologii. PWRiL, Poznań, 1995.
7. **Kowalik P.:** Obieg wody w ekosystemach lądowych. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, 9, 1995.
8. **Kraszewski A., Soncini-Sessa R.:** Woda. Wyd. CLUP, Mediolan, 1984.
9. **Lityniecki I.:** O przewidywaniu zjawisk przyrody. Wiedza Powszechna, Warszawa, 1989.
10. **Lvovic M.I.:** Wodnyj bałans i poczwennyj pokrow. Poczov. 9, 43–67, 1965.
11. **Mikulski Z.:** Gospodarka wodna. PWN, Warszawa, 1998.
12. **Overman M.:** Woda. PWN, Warszawa, 1977.
13. **Ozga-Zielińska M., Brzeziński J.:** Hydrologia stosowana. PWN, Warszawa, 1997.
14. **Schonwiese C.D.:** Klimat i człowiek. Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa, 1997.
15. **Slatyer R.O.:** Plant-water relationships. Academic Press, London-New York, 1967.
16. **Strebeyko P.:** Woda i światło w życiu rośliny. PWN, Warszawa, 1956.
17. **Tuszek A.:** Spragniona ziemia. Wiedza Powszechna, Warszawa, 1985.
18. **Ward R.C.:** Principles of hydrology. Academic Press, London, 1967.
19. **Wielka Encyklopedia Geografii Świata.** Wyd. Kurpisz, Poznań, 2000.

20. Wilgat T.: O wodzie i jej geograficznym badaniu. Czas. Geogr., XXXII, 183–205, 1961.
21. Wilgat T.: Podstawowe problemy gospodarki wodnej. Czas. Geogr., XLV, 197–217, 1974.

WATER IN THE NATURAL ENVIRONMENT

B. Witkowska-Walczak

Institute of Agrophysics PAS, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27, Poland

Summary. The role of water in the natural environment was showed. The properties of water and its influence on the climate of Earth were presented. It was stated that insufficiency of water as well as for current needs of people and plant production is the reason that water becomes strategy raw material in the world.

Keywords: water, natural environment, plant production.