Fiedosiejew, Iwan A.

Rozwój wiedzy o hydrosferze Ziemi

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 22/4, 735-744

1977

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MUZEUM HISTORII POLSKI

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Iwan A. Fiedosiejew
(ZSRR — Moskwa)

ROZWÓJ WIEDZY O HYDROSFERZE ZIEMI

Gruntowna znajomość hydrosfery, czyli obszaru rozprzestrzenienia się wody na kuli ziemskiej ma doniosłe znaczenie poznawcze i praktyczne ponieważ wiadomo, że bez wody nie ma życia a biosfera składa się głównie z wody [1].

Pojęcie „hydrosfera" wprowadził do literatury w 1875 r. E. Suess. Rozwinął on w formie naukowej syntezy obserwacje — utrwalone dzięki podróżom morskim dookoła świata — a odnotowujące fakt istnienia jednej powłoki wodnej Ziemi. Hydrograf francuski Charles Pierre Fleurieu Claret nazwał w 1798 r. tę powłokę „oceanem światowym". Pod koniec XIX w. pojęcie hydrosfery weszło również do rosyjskiego piśmiennictwa naukowego.

W szerszym zakresie termin hydrosfera użyty został przez angielskiego oceanografa J. Murray'a, który w swej pracy *Oceany* wyodrębnił i nazwał geosferami następujące koncentryczne sfery: atmosfera, hydrosfera, biosfera, litosfera, tektosfera i centrosfera. Według Murray'a (1923) hydrosfera złożona jest „przeważnie z wód oceanu, ale w jej skład wchodzą też jeziora i rzeki. Część tych wód może występować w stanie stałym i lotnym w postaci lodu, śniegu, gradu i atmosferycznej pary wodnej. Woda przenika głęboko również w skorupę ziemską, gdzie dokonuje hydratacji minerałów, a poza tym stanowi znaczną część biosfery" [2]. W tym samym okresie J. D. Łukaszewicz pod pojęciem „hydrosfera" rozumiał „ocean światowy".

Zagadnieniom sfer Ziemi poświęcał wiele uwagi W. I. Wiernadski. Utożsamiając, jak i Łukaszewicz, „hydrosferę z oceanem światowym, jednocześnie wielokrotnie podkreślał jej nieoddzielność od innych sfer. Zakładając, że wszystkie wody planety stanowią całość, rozwijał on pojęcie jednej wodnej powłoki Ziemi złożonej z pięciu warstw: płynnej, lotnej, stałej, włoskowatej i jonowej. Był przekonany, że dolna granica ciekłej powłoki wodnej przebiega na głębokości dziesięciu kilometrów w oceanie, a pod powierzchnią lądu na głębokości od 6 do 8 km (być może nawet do 13,5). Górną granicę hydrosfery wyznacza on na wysokości od 15—20 km.

Wiernadski ponadto twierdził, że para wodna jest „jedyną formą występowania wody — charakterystyczną dla całej skorupy ziemskiej" [3]. Za dolną granicę występowania pary wodnej Wiernadski przyjmował warstwę skorupy ziemskiej na głębokości 60 km, gdzie „woda oraz inne substancje znajdują się w stanie nieodpowiadającym pojęciom

---

[1] *Biosfiera.* Moskwa 1972 s. 125.
[2] J. Murray. Cyt. wg. ros. wyd. *Okiean.* Odessa 1928 s. 135.
[3] W. I. Wiernadskij: *Izbrannyje soczinienija.* T. IV. Moskwa 1960 cz. 2. s. 38.

ciał stałych, płynnych i gazowych"[4]. Nie rozpatrując szerzej zagadnienia fazowych stanów wody na większych głębokościach, a także powiązania jej z minerałami, należy zaznaczyć, że obecnie wielu badaczy lansuje pogląd o dominacji ciekłej wody w całej grubości skorupy ziemskiej.

W. I. Wiernadski mniej dokładnie określał górną granicę rozprzestrzenienia pary wodnej. Zakładając możliwość jej przenikania do rozrzedzonej atmosfery, a stamtąd w przestrzeń kosmiczną (jak również z niej) pisał co następuje: „Woda znajduje się prawdopodobnie poza granicami troposfery, występuje w stratosferze i bardzo możliwe, że wznosi się w obszar jonosfery. Tak zwane obłoki srebrzyste na wysokości powyżej 80 km stanowią przypuszczalnie skupienia wody, być może nawet w stanie ciekłym. Znane są naprawdę tylko wody troposfery"[5]. Ale w innej jego pracy czytamy: „W stratosferze nie ma prawdopodobnie pary wodnej"[6].

Problem wysokości przenikania pary wodnej do stratosfery jest kontrowersyjny. Wielu badaczy sądzi, że stratosfera powyżej 15 km jest „sucha". D. Bates — opierając się na danych angielskiej służby meteorologicznej, z których wynika, że ilość pary wodnej w jednostce objętości na wysokości 14 km stanowi zaledwie kilka milionowych jej części — pisze, że „tropopauza podobna jest do pułapki na parę wodną, a obszar powyżej niej zajmuje pustynia na odwietrznej stronie łańcucha wysokich gór"[7].

Jednakże w ostatnich latach, dzięki eksperymentom przeprowadzonym z udziałem rakiet, wykryto w stratosferze kompleksy $(H_2O)_n$ i $(H_2O)H^+$ (ostatnio również w mezosferze). W związku z tym G. M. Martynkiewicz pisze: „Porównanie pomiarów wilgotności — uzyskanych na podstawie doświadczeń sondowych, lotniczych i aerostatycznych — z badaniami prowadzonymi za pomocą rakiet dostarczyło ważkiego kontrargumentu przeciw pojęciu o „suchej górnej stratosferze"[8].

Jakkolwiek zagadnienie wysokości rozprzestrzeniania się pary wodnej wymaga dalszych studiów, to jednak można już w przybliżeniu — powołując się na zdanie H. Ureya[9], że woda poniżej tropopauzy nie rozkłada się fotochemicznie — określić górną granicę hydrosfery na wysokości tropopauzy czyli od 8 do 17 km.

W. I. Wiernadski pisał o wodnej powłoce Ziemi jako całości, co następuje: „Wszystkie wody planety, w jakim stanie by nie były, ciekłe, stałe (i błonkowate) lub lotne, łącznie z wszechoceanem, stanowią jedną całość przesyconą gazami i jak gąbka obejmują wszystkie lądy, hydrosferę i troposferę, tworząc jednolitą powłokę wodną planety"[10].

---

[4] Tamże s. 40.

[5] Tamże s. 311.

[6] W. I. Wiernadskij: *Chimiczeskoje strojenije biosfiery Ziemli i jejo okrużenija.* Moskwa 1965.

[7] D. R. Bates: Cyt. wg ros. wyd. *Sostaw i strojenije atmosfery.* W: *Płanieta Ziemla.* Moskwa 1961 s. 120.

[8] G. N. Martynkiewicz: *Wodianoj par w strato-, mezo-, i tiermosfierie.* „Meteorołogija i gidrołogija' 1969 nr 12.

[9] H. Urey: cyt. wg ros. wyd. *Pierwicznyje atmosfiery płanet i proischożdienije żizni.* W: *Wozniknowienije żizni na Ziemle.* Moskwa 1959 s. 22.

[10] Wiernadskij, *Chimiczeskoje strojenije,* s. 223.

Warto też przytoczyć niektóre inne definicje hydrosfery. W pierwszym wydaniu *Wielkiej encyklopedii radzieckiej* hydrosferę określa się ogólnie jako „wodną powłokę kuli ziemskiej" [11]. Zgodnie z drugą edycją hydrosfera to „nieciągła powłoka wodna globu ziemskiego, rozmieszczona między atmosferą a twardą skorupą ziemską, stanowiąca całość oceanów, mórz i wodnych basenów kontynentalnych" [12]. Do hydrosfery zaliczono też lądolody, wody rzek, błot i jezior, pozostawiając jednak poza jej obrębem wody podziemne i parę wodną w atmosferze. A. A. Sokołow w trzecim wydaniu WER podaje wąską definicję hydrosfery i nie zalicza do niej ani wód podziemnych i pary wodnej ani lodowców [13]. Według *Encyklopedii Britannica*, hydrosfera — to „masa wód oceanicznych, wypełniających większe zagłębienia w skorupie ziemskiej i pokrywających około 72% jej powierzchni" [14].

Znany hydrogeolog F. P. Sawarieński zaproponował, aby hydrosferę dzielić na powierzchniową i podziemną. Do hydrosfery zaliczał więc na równi z wodami powierzchniowymi wody podziemne, które określał w następujący sposób: „Pod pojęciem wód podziemnych we właściwym sensie tego słowa rozumiemy wodę zajmującą wolne przestrzenie i pory w skałach, zdolną do przemieszczania się i wyciekania z nich" [15]. Z takim pojęciem hydrosfery zgodna jest definicja A. M. Owczinnikowa, według którego w skład hydrosfery wchodzą „morza i oceany, jeziora i bagna, rzeki i potoki, wody glebowe i podziemne, jak również te, które znajdują się w skałach i minerałach" [16]. Widzimy więc, że do hydrosfery z niewiadomych przyczyn, nie zaliczano lodowców i wilgoci atmosferycznej — najbardziej aktywnej i ruchliwej części żywiołu wodnego. Wypada też zaznaczyć, że jakkolwiek w definicji wymieniana jest woda, znajdująca się w skałach i minerałach, to jednak uwzględnia się tylko wodę w stanie ciekłym, pomijając tę, która bierze udział w budowie sieci krystalicznej wielu minerałów.

Według S. W. Kalesnika „pod pojęciem „hydrosfera" należy rozumieć wszystkie chemicznie nie związane wody na powierzchni ziemi w stanie skupienia ciekłym i stałym" [17]. Dostrzegamy przeto, że do hydrosfery nie zalicza on wód podziemnych. Ogólną masę wody w hydrosferze Kalesnik określa jako równą $14 \cdot 10^{18}$t., a jej zawartość w skorupie ziemskiej szacuje na ($4 \cdot 10^{17}$t).

A. I. Czebotariew [18] definiuje hydrosferę jako „nieciągłą powłokę wodną, rozciągającą się na powierzchni kuli ziemskiej i w jej skorupie, obejmującą wszystkie morza i oceany, rzeki, jeziora, wody podziemne oraz wodę w stanie stałym (pokrywa śnieżna i lodowce)".

---

[11] *Bolszaja sowietskaja encikłopiedija.* Izd. 1. T. 166.
[12] *Bolszaja sowietskaja encikłopiedija.* Izd. 2. T. 11.
[13] *Bolszaja sowietskaja encikłopiedija.* Izd. 3. T. 5.
[14] *Encikłopedia britanica.* 1965. Vol. 11.
[15] F. P. Sawarienskij: *Gidrogieołogija.* Moskwa — Leningrad 1935 s. 12.
[16] A. M. Owczinnikow: *Gidrogieochemija.* Moskwa 1970 s. 35.
[17] S. W. Kalesnik: *Obszczije gieograficzeskije zakonomiernosti Ziemli.* Moskwa 1970 s. 31.
[18] A. I. Czebotariew: *Gidrołogiczeskij słowar.* 1964.

Łatwo zauważyć, że podobnie jak A. M. Owczinnikow i S. W. Kalesnik, nie wymienia on wilgoci atmosferycznej, lecz do hydrosfery zalicza lodowce i wody podziemne, jakkolwiek wyraźnie nie precyzuje, o jakie wody chodzi (czy tylko o występujące w stanie wolnym fizycznym, czy też związane — prawdopodobnie chodzi jednak o te pierwsze).

G. P. Kalinin i M. I. Lwowicz [19] utrzymują, że hydrosfera składa się z oceanu światowego, wód podziemnych, lodowców, jezior, wody glebowej, rzecznej i wilgoci atmosferycznej. Przy ocenie objętości wód podziemnych biorą pod uwagę wyłącznie swobodne wody grawitacyjne nie związane fizycznie i chemicznie z minerałami (do głębokości 5 km). Określają więc wody podziemne podobnie jak F. P. Sawarieński.

J. S. Gawrilenko i W. F. Derpholc w swej pracy wydanej w 1971 r. pod tytułem *Głubinnaja gidrosfiera Ziemli* [20] piszą na stronie piątej, że „na pytanie o możliwość określenia granic hydrosfery nie można odpowiedzieć pozytywnie, gdyż ani jej górnej, ani dolnej granicy wyraźnie ustalić się nie da". Na następnej zaś stronie wymienionej publikacji przyjmują jednak hipotetycznie dolną granicę hydrosfery na poziomie górnej warstwy płaszcza Ziemi. Należy nadmienić, że w swej poprzedniej pracy W. F. Derpholc [21] określił hydrosferę jako „ciągły pas otaczający naszą planetę, którego dolna granica jest bliska powierzchni nieciągłości Moho (Mohorovičic'a), a górna stopniowo zanika w górnej atmosferze".

A. M. Ałpatiew zaznacza, że do „przytoczonego określenia granic hydrosfery trudno dodać coś bardziej spornego" [22].

Ja również sądzę, że za słuszne z punktu widzenia nauki należy uważać pojęcie zasięgu hydrosfery podane przez W. I. Wiernadskiego, zgodne z przebiegiem granic powłoki wodnej. Badacz ten uważał, że w głębi skorupy ziemskiej, a mianowicie na obszarze dolnej granicy szeroko pojmowanej hydrosfery, powinien odbywać się proces syntezy i rozkładu wody. Górna granica hydrosfery — jak wyżej powiedziano — przebiega na poziomie wysokości tropopauzy.

Tak więc w świetle przytoczonych wypowiedzi pod pojęciem „hydrosfera" *sensu lato* należy rozumieć ciągłą powłokę wodną kuli ziemskiej, rozpościerającą się: (u dołu) od górnych warstw płaszcza Ziemi, gdzie w warunkach wysokiej temperatury i ciśnienia równocześnie z rozkładem cząsteczek wody przebiega ich synteza, (u góry) w przybliżeniu do wysokości tropopauzy, powyżej której drobiny wody ulegają fotodysocjacji. Za słuszne i celowe trzeba też uważać użycie terminu „hydrosfera" w bardziej ograniczonym zakresie, a mianowicie w takim, w jakim stosują go uprzednio wymienieni hydrolodzy: G. P. Kalinin, M. I. Lwowicz i A. I. Czebotariew. Do hydrosfery zaliczają oni tylko wody podziemne górnego piętra skorupy ziemskiej, czyli wody swobodne, zdolne do przemieszczania się w skałach i wyciekające z nich. Utożsamianie pojęcia „hydrosfera" wyłącznie z oceanem światowym należy oczywiście uważać za niesłuszne.

---

[19] G. P. Kalinin: *Problemy głobalnoj gidrołogii.* 1968; M. I. Lwowicz: *Mirowoj wodnyj bałans.* „Izwiestia WGO" 1970 T. 102 z. 4.

[20] Kijew 1971.

[21] W. F. Derpholc: *Opyt koliczestwiennoj charaktieristik ziemnoj gidrosfiery i chłora:* „Dokłady AN SSSR" 1963 T. 150 nr 3.

[22] A. M. Ałpatiew: *Włagooboroty w prirodie i ich prieobrazowanija.* Leningrad 1969 s. 15.

Przechodząc z kolei do zagadnienia określania ogólnej ilości wody na globie ziemskim i w poszczególnych częściach hydrosfery, ograniczymy się — wyłącznie do najbardziej zwięzłych informacji związanych z tym tematem. Szczegółowe wiadomości historyczne, dotyczące problemu, czytelnik znajdzie w monografii autora pt. *Istorija izuczenija osnownych problem gidrosfiery*[23].

Jakkolwiek już szesnastowieczne podróże dookoła świata nie pozostawiały wątpliwości, że pogląd o przewadze lądów nad morzami jest błędny, (podzielany był zresztą również przez K. Kolumba), to jeszcze do końca XVIII w. przyjmowano stosunek powierzchni lądów do mórz jako 1 : 1 (w rzeczywistości wynosi on 1 : 2,43). Wychodząc z tego założenia i opierając się na dowolnej wartości średniej głębokości oceanu podjęto w połowie XVII w. pierwsze próby obliczenia objętości wody w oceanie światowym. Jednakże dopiero po wyprawie „Challengera" (1872—1876), podczas której zebrano wiele danych o głębinach oceanicznych, mogły pojawić się oceny zbliżone do wartości rzeczywistych. Według najnowszych obliczeń dokonanych przez Katedrę Kartografii na Uniwersytecie Leningradzkim[24] w 1970 r. objętość wód oceanu światowego można określić na 1338 mln km^3.

Problemem ilości wód podziemnych interesował się już B. Varenius pisząc o tym w swej *Geographia universalis* (1650), a w 200 lat później G. Buffon twierdził, że „ilość wód podziemnych jest niewielka".

Pierwszą próbę oceny objętości wód podziemnych podjął prawdopodobnie francuski hydrogeolog A. Delessu. W 1861 r. obliczył on, że w skorupie ziemskiej do głębokości 18,5 km znajduje się 11 750 085 tys. km^3 wody. Wychodził przy tym z aktualnego do dziś założenia, iż chociaż na tej głębokości ciepłota wody przewyższa półtora razy temperaturę krytyczną, to ponadkrytyczne ciśnienie uniemożliwia wodzie przejście w fazę pary.

W latach 1902—1919 pojawiły się obliczenia C. Slichtera, Ch. Van Hice'a, M. Fullera, E. Prinza, a w ostatnim czterdziestoleciu W. I. Wiernadskiego, F. A. Makarenki, J. Kulpa, A. Polderwarta, A. P. Winogradowa, W. F. Derpholca, M. Lwowicza, R. Nace'a, A. Ronowa, A. Jaroszewskiego i innych[25]. Szacunkowe ilości wód podziemnych, obliczone przez poszczególnych badaczy, a odnoszące się zarówno do całej skorupy ziemskiej, jak i do określonych jej warstw, znacznie różnią się między sobą. Niezbyt dokładną ocenę ogólnej masy wód podziemnych podał A. Polderwart (400—1300) · 10^{15} t. Objętości podane przez W. I. Wiernadskiego (1400 · 10^{15} t) są znacznie wyższe niż dane innych autorów. Należy jednak zaznaczyć, że nie miał on na myśli wody czystej, lecz roztwór, zawierający na znacznej głębokości ponad 40% pozostałości solnych.

Ważny jest również problem ilości wód słodkich, do których Pol-

[23] Moskwa 1975.

[24] Ju. S. Frołow: *Novyje fundamentalnyje dannyje po morfometrii Mirowogo okieana.* „Wiestnik Leningradskiego uniwersiteta. Ser. Gieołogija i gieografija" 1971 nr 6.

[25] Por. np.: C. Slichter: *Podziemnyje wody.* (wyd. ros.) 1912; E. Prinze: *Gidrogieołogija.* (wyd. ros.) Moskwa—Leningrad 1932; A. Polderwart: (wyd. ros.) *Chimija ziemnoj kory.* W: *Ziemnaja kora.* Moskwa 1957; R. Nace: *Water of the World.* „Natural History" 1964 Vol. 73 nr 1; A. B. Ronow, A. A. Jaroszewski: *Chimiczeskoje strojenije ziemnoj kory.* „Gieochimija" 1967 nr 11; R. L. Nace; (wyd. ros.) *Sowriemiennoje sostojanije i pierspiektiwy głobalnoj gidrołogii.* W: *Woprosy mirowogo wodnogo balansa.* Leningrad 1972.

derwart zalicza wszystkie wody ciekłe zawarte w lądowych warstwach osadowych. Według jego obliczeń stanowią one 22,10^6 km^3. W czasopiśmie The UNESCO Courier (w numerze z lipca i sierpnia 1964 r.) poświęconemu zagadnieniu „Woda i życie", — francuski uczony M. Batisse wyraża przypuszczenie, że pod ziemią jest znacznie więcej wody aniżeli na jej powierzchni. W tym samym numerze wybitny amerykański znawca wód podziemnych L. Leopold, przytaczając dane R. Neice'a o ilości wody zawartej w 800-metrowej warstwie skorupy ziemskiej, pisze: „W głębi ziemi mieści się znacznie więcej zdatnej i odpowiedniej, lecz jeszcze nie wykorzystanej wody. W porównaniu z tymi zasobami, masa wody, która może być nagromadzona za pomocą zapór budowanych na rzekach jest znikoma". Z notatek zamieszczonych w wymienionym czasopiśmie dowiadujemy się, że objętość ciekłych wód słodkich na kuli ziemskiej stanowi około jednej trzeciej ich ogólnej ilości, a ponad dwie trzecie jest związane w lodach. Krótko mówiąc, według poglądu szeregu badaczy zasoby podziemnych wód słodkich składają się z kilku (do 10) milionów kilometrów sześciennych. Jednakże ze względu na brak przekonywających uzasadnień takich obliczeń, istnieją też skromniejsze oceny. Uczony francuski R. Furon uważa, że nawet liczba 500 tys. km^3, którą stanowi objętość wód słodkich w rzekach, jeziorach i warstwach wodonośnych Ziemi, jest znacznie zawyżona i należy „do najbardziej optymistycznych wyliczeń" [28].

Znaczne rozbieżności w ocenie ilości wód podziemnych świadczą o tym, że dotychczas nie zgromadzono jeszcze wystarczająco dokładnych danych. Ujawnienie rzeczywistych zapasów wód podziemnych, zwłaszcza słodkich, jest w dalszym ciągu ważnym zadaniem do rozwiązania.

Ograniczona objętość artykułu nie pozwala przytoczyć choćby nawet zwięzłych informacji o historii określania objętości wód zawartych w korytach rzek, jeziorach, bagnach, glebie, żywych organizmach, w lodowcach i atmosferze. Przedstawiając w formie tabeli ilościowe dane o różnych rodzajach najbardziej typowych wód naturalnych, otrzymanych następujące oceny objętości wód występujących w różnych częściach hydrosfery. (Tab.).

Tabela

Części hydrosfery	Objętości w tys. m^3	Intensywność wymiany wody w latach
Ocean światowy	1.338.000	3000
Wody podziemne całej litosfery	800.000	—
w tym wody swobodne grawitacyjne do głębokości 5 km	60.000	5000
Kriosfera	25.000	9600
Jeziora	500	20
Koryta rzek	2	0,055
Gleba	80	1
Atmosfera	14	0,027

[26] R. Furon: *Problema wody na ziemnom szarie.* Leningrad 1966 s. 244.
[27] R. Sutcliffe: cyt. wg ros. wyd. *Głobalnyj wodnyj bałans — gieofiziczeskaja problema.* W: *Woprosy mirowego wodnogo bałansa.* Leningrad 1972.
[28] Wiernadskij, *Izbrannyje...* s. 32.

Za wiarygodne można uważać obecnie jedynie dane o objętości wody w oceanie światowym i w atmosferze. Angielski meteorolog R. Sutcliffe podając ilościowe oceny różnych rodzajów wód wskazuje, że dokładność określenia objętości wód wynosi: dla wód oceanicznych — 1%; dla wód podziemnych (strefy aktywnej wymiany wody) — 50%; dla lodów — możliwość uzyskania dokładności około 100% (ich masa bezwzględna jest równa 60 mln km^3); dla lądowych wód powierzchniowych i wilgoci atmosferycznej dokładność wynosi kilka procent; według przybliżonych obliczeń objętość wody w organizmach żywych wynosi — 0,5 tys. km^3 [27].

Warto jeszcze zwrócić uwagę na próby ustalenia ogólnej zawartości wody występującej na naszej planecie, a w szczególności w jej płaszczu. Biorąc pod uwagę zmniejszanie się ilości wody wraz z głębokością, P. N. Czirwinskij (w r. 1922) i W. Salomon (w r. 1924) obliczyli, że dla całej kuli ziemskiej stanowi ona $3 \cdot 10^{-4}$ % (Czirwińskij), lub $2 \cdot 10^{-2}$ % (Salomon) — obliczanych proporcjonalnie do ciężaru skorupy ziemskiej [28].

Woda tworząca hydrosferę, jak również substancja litosfery, wydzieliły się z płaszcza Ziemi. Jeżeli założymy, że w płaszczu o miąższości 2900 km i objętości 900 mld km^3 znajduje się, podobnie jak w meteorytach kamiennych, do 0,5% wody — to jej ogólna ilość będzie wynosić co najmniej od 13 do 15 mld km^3 czyli dziesięć razy więcej aniżeli w oceanie światowym [29].

Istnieją też znacznie wyższe oceny zawartości wody w płaszczu Ziemi. J. Kulp [30] sądzi, że w płaszczu mieściło się $2 \cdot 5 \cdot 10^{25}$ g wody, z której 14% wydzieliło się przez skorupę ziemską na powierzchnię i wyparowało w Kosmos.

A. P. Winogradow [31] określa zawartość wody w płaszczu na $2 \cdot 10^{25}$ g, wliczając w tę liczbę 7,5% wydzielonej wody.

Przechodząc do zagadnienia pochodzenia i źródeł wody na Ziemi należy stwierdzić, że w żadnej kosmogonicznej hipotezie i legendzie nie było ono pominięte, ale jego naukowe rozwiązanie stało się możliwe dopiero w XX wieku.

Już na początku wymienionego stulecia podważano tezę mówiącą o formowaniu się znacznej części wód oceanów drogą zagęszczania pary wodnej zawartej w pierwotnej atmosferze i opadania wody na ostygłą powierzchnię Ziemi. Coraz większe uznanie zdobywa pogląd, że główna masa wód oceanicznych powstawała w ciągu długotrwałego czasu geologicznego dzięki wydzielaniu się pary wodnej z głębi ziemi. Twierdzenie to znalazło należyte uzasadnienie w świetle nowej hipotezy, wyjaśniającej proces tworzenia się naszej planety. Hipoteza o powstaniu Ziemi z pierwotnie rozżarzonej lub stopniowo rozgrzewającej się do stanu ognistopłynnego materii została zastąpiona teorią utworzenia Ziemi z zimnego ciała stałego, które nigdy nie znajdowało się w stanie silnego rozgrzania jego górnych warstw, a które upłynnia się tylko lokalnie w głębokich ogniskach, głównie w rezultacie działalności ciepła radiogennego. Wraz z tym poglądem i przy akceptacji hipotezy o całkowitym roztopieniu się pierwotnej Ziemi, można przyjąć, że tylko niewielka część wód hydrosfery powstała w wyniku kondensacji atmosferycznej

---

[29] F. A. Makarienko: *Woda pod Ziemlej.* W: *Krugoworot wody.* Moskwa 1966 s. 88 patrz również F. A. Makarienko: *Niekotoryje riezultaty izuczenija podziemnogo stoka.* „Trudy Łaboratorii Gidrogieołogiczeskich Problem AN SSSR" 1948 T. 1.

[30] J. L. Kulp: *Origin of the hydrosphere.* „Bullin Soc. America" 1951 Vol. 62.

[31] A. O. Winogradow: *Chimiczeskaja ewolucija Ziemli.* Moskwa 1959.

pary wodnej. Przeważająca jej ilość zgromadziła się przez wydostanie się na powierzchnię z magmy, o czym jeszcze w 1911 roku pisał Łukaszewicz w swojej książce *Nieorganiczeskaja żizn Ziemli*. Degazacja wody z głębi skorupy ziemskiej i z płaszcza wykazana została w sposób przekonywujący przez niego a potem przez innych badaczy, dzięki zastosowaniu metody bilansów geochemicznych, a także znalazła potwierdzenie w eksperymencie z topnieniem strefowym [32].

Dyskusyjny jest problem tworzenia się hydrosfery w czasie. Czy proces ten przebiegał równomiernie i trwa po dzień dzisiejszy, czy może zakończył się w odległej przeszłości? Należy jednak przyjąć — kto wie czy nie uznawane przez większość uczonych — twierdzenie W. I. Wiernadskiego, o prastarym pochodzeniu hydrosfery. Są oni zgodni co do tego, że przychód i rozchód wody w biosferze, nieznaczny w swej masie, obecnie wyrównuje się, czyli ogólna ilość wody na Ziemi pozostaje prawie niezmienna przypuszczalnie od ery archaicznej. Twierdzenie W. I. Wiernadskiego, iż „masa wody jest stałą charakterystyczną dla naszej planety", poddawane jest przez niektórych autorów krytyce, pod nieuzasadnionym zarzutem jakoby przeczyło to ogólnej koncepcji rozwoju w przyrodzie. Uznawanie względnej stałości masy wodnej Ziemi nie jest sprzeczne z dialektyczną zasadą rozwoju, podobnie jak nie przeczy jej respektowanie istnienia innych niezmiennych wartości przyrody ziemskiej.

Oczywiście, że hydrosfera, która została tu zaprezentowana w stanie statycznym, stanowi układ bardzo dynamiczny, z licznymi obiegami, przemianami fizycznymi i reakcjami chemicznymi wody. Dzięki nim istnieje jedność wód Ziemi, na co zawsze zwracali uwagę W. I. Wiernadski i inni uczeni i którą tak sugestywnie przedstawił W. G. Głuszkow w swym szczegółowo opracowanym w latach dwudziestych schemacie obiegu wody [33].

Właśnie dzięki różnym obiegom ta pospolita i zarazem niezwykła ze względu na swe różne właściwości substancja odgrywa tak znaczną rolę w procesach naturalnych, że W. I. Wiernadski mógł powiedzieć: „Obraz widzialnej przyrody określa się wodą".

Przełożył: *Roman Karczmarczuk*

И. А. Федосеев

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ГИДРОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Понятие гидросферы введено в научную литературу в 1875 г. Э. Зюссом, развившим до научного обобщения установленный кругосветными плаваниями факт существования

[32] W swej książce pt. *Istorija izuczenija osnownych problem gidrosfiery* I. A. Fiedosiejew opierając się na pracach A. P. Winogradowa wyjaśnia proces topienia strefowego w sposób następujący: „Bierzemy kamienny meteoryt o walcowatym kształcie i przetapiamy go w wąskiej strefie (ok. 1/2 cm) przemieszczając piecyk w jedną stronę z prędkością 1 cm na godzinę. Następuje wytopienie i odgazowanie substancji meteorytu z rozdziałem na trudno i łatwotopliwą fazę. Z tej ostatniej unoszą się do góry lotne oraz łatwotopliwe, mimo że są ciężkie, takie pierwiastki jak uran, tor i inne. Tym właśnie tłumaczy się ich obecność na powierzchni Ziemi, a innych w jej skorupie". *(Przyp. tłum.)*.

[33] W. G. Głuszkow: *Woprosy teorii i mietody gidrołogoczeskich issledowanij*. Moskwa 1961; por. też Ch. Pienmen: *Krugoworot wody*. W: *Biosfiera*. Moskwa 1972.

единой водной оболочки, названной в 1798 г. французским гидрографом К. Кларе де Флерье *Всемирным океаном.* В более широком объеме понятие гидросферы вводится в 1910 г. Дж. Мерреем. Кроме вод океана в гидросферу он включал также воды рек и озер, ледники, водяные пары атмосферы, подземные воды. Тогда же И. Д. Лукашевич под гидросферой понимал Мировой океан.

В. И. Вернадский, также отождествляевший гидросферу с Мировым океаном, кроме понятия гидросферы в этом смысле, развивал также понятие единой водной оболочки планеты, состоящейса из пяти водных оболочек: жидкой, газообразной, твердой, волосной и ионной.

В статье рассмотрен и ряд других определений гидросферы. Автор приходит к выводу, что под гидросферой в широком смысле слова следует понимать сплошную оболочку земного шара, простирающуюся вниз до верхней мантии, где в условиях высоких температур и давления наряду с разложением молекул воды непрерывно происходит их синстез, а вверх примерно до высоты тропопаузы, выше которой молекулы воды подвергаются фотодиссоциации.

В статье приводятся основные сведения из истории опредления объемов воды в различных частях гидросферы и на планете в целом. Указывается, что согласно большинству исследователей приход и расход воды в биосфере, незначительные по своей массе, в настоящее время уравновешиваются и что, следовательно, общее количество воды на Земле остается относительно неизменным, возможно, как полагал В. И. Вернадский, с архейской эры. Критику некоторыми авторами положения В. И. Вернадского, что „масса воды есть характерная постоянная нашей планеты", как якобы противоречащего общей концепции развития в природе, нельзя признать обоснованний: признание относительного постоянства водной массы планеты так же не противоречит диалектическому принципу развития, как не противоречит ему признание многих других констант земной природы.

I. A. Fiedisiejew

L'ÉVOLUTION DE LA NOTION D'HYDROSPHÈRE DE LA TERRE

La notion „hydrosphère" est introduite dans la littérature scientifique en 1875 par E. Zusse qui a poussé jusqu'à une généralisation scientifique le fait de l'existence d'une enveloppe unique d'eau découverte à la suite des voyages autour du monde et appelée par Claret de Fleurieu, hydrographe français, „l'océan universel". Un sens plus large a été donné à la notion d'hydrospère par J. Murrau en 1910. En dehors des eaux océaniques, il a inclu dans celui-ci les eaux des fleuves et des lacs, les glaciers, les vapeurs, les scurces souterraines. A la même époque, I. D. Loukachévitch entendait par l'hydropshère l'Océan mondial.

V. I. Vernadsky, identifiant également l'Océan mondial à l'hydrosphère, a développé non seulement la notion d'hydrosphère dans ce sens-là, mais aussi celle de l'enveloppe unique composée de cinq espèces différentes: liquide, gazeuse, solide, capillaire et ionique.

L'article touche à d'autres déterminations de l'hydrosphère. L'auteur en vient à la conclusion que l'hydrosphère comme terme dans un large sens comprend toute une enveloppe de la Terre allant au fond jusqu'au manteau supérieur — où, dans les conditions de hautes températures et haute pression la destruction des mollécules d'eau est accompagnée en même temps par la synthèse continue de ces dernières — et en haut, approximativement jusqu'au niveau de la tropopause à la limite de laquelle les mollécules d'eau supportent l'effet de la photodissociation.

L'article donne les renseignements essentiels sur l'histoire de la détermination des volumes d'eau dans de différentes parties de l'hydrosphère et sur notre planète en général. Entre autres, l'article comporte l'indication du fait que, selon la plupart des scientifiques le débit et l'arrivée d'eau dans la biosphère, étant peu importants par la masse à l'heure actuelle s'équilibrent et que, par conséquent, la quantité totale sur la Terre reste relativement constante, peut-être, à partir de l'ère archéozoïque, comme V. Vernadsky l'a remarqué autrefois. La critique de cette thèse de Vernadsky que „la masse d'eau est une caractéristique constante de notre planète de la part de certains savants qui ont vu en cette affirmation quelque chose de contrariant à la conception générale d'une évolution dans la nature, d'après l'auteur de l'article, n'est pas justifiée. Au contraire, la reconnaissance de la relative constance de la masse d'eau sur notre planète ne présente aucune contradiction à la dialectique du développement, aussi bien que la reconnaissance de beaucoup d'autres constantes de la nature terrestre.