

## WGŁĘBNE WODY KSIĘŻYCA

UKD 551.49:523.3

Jednym z poważnych geologiczno-technicznych problemów w oczekiwanym opanowaniu Księżyca jest problem zaopatrzenia w wodę. Woda potrzebna jest nie tylko dla zabezpieczenia funkcji życiowych ludzkiego organizmu, ale także jako nieodzowny składowy czynnik technologicznego procesu opanowania i wykorzystania surowców wnętrza Księżyca. Dlatego wysunięcie tego problemu i chociażby jego przybliżone rozwiązanie już obecnie ma ważne znaczenie.

Wiadomo, że powierzchnia Księżyca we współczesnym etapie rozwoju pozbawiona jest atmosfery i hydrosfery. Jednak Księżyc według współczesnych poglądów zawiera w swym wnętrzu wodę w rożnych jej postaciach. Niezależnie od tej czy innej teorii jego pochodzenia, jako ciało kosmiczne w okresie powstawania zawierał on w swym podłożu molekuly wody, która mogła powstawać według następującego schematu:  $Me + 2 H \rightarrow MeH_2$ ,  $Me + O \rightarrow MeO$ ,  $MeH_2 + 2 MeO \rightarrow 2 Me + MeO + H_2O$ .

Oznacza to, że już w początkowym stadium istnienia planety lub jej satelity można przyjąć istnienie na niej wody w formie gazowej. W miarę rozwoju planety, powstawania i wykształcenia litostery, woda stawała się nierozłączną częścią minerałów i skał. Przy istnieniu odpowiednich warunków w określonym etapie rozwoju na powierzchni planet może powstawać obok atmosfery również hydrosfera. Na tych planetach i ich satelitach, gdzie brak jest warunków fizycznych dla istnienia hydrosfery, cała wydzielona z wnętrza ciała niebieskiego wilgoć jest rozsiewana we Wszechświecie, co obserwuje się i na Księżycu.

Obiektywnie należy zauważyć, że niektórzy badacze (W. H. Pickering — 16, W. G. Fiesenkow — 1, J. J. Gilwarry — 3 i inni) zakładali możliwość istnienia na Księżycu w przeszłości gęstej atmosfery i hydrosfery, jak również wskazali na pewne oznaki dawnej erozyjnej działalności wody na powierzchni księżycowej (16, 1, 3). Jako przykład takich oznak W. G. Fiesenkow rozpatruje charakterystyczne „kanałowe” struktury, radialnie tworzące bruzdy zewnętrznych skłonów księżycowych kalder. Te linie radialne przedstawiają sobą zagłębienia w postaci bruzd i dobrze są widoczne przy niskim położeniu słońca. Patrząc na te bruzdy otrzymuje się wrażenie, że kiedyś jakaś ciecz spadała skłonami kraterów torując sobie drogę. Według poglądów Fiesenkowa bruzdy te są prawdziwymi wąwozami, ponieważ „jedyną podobny czynnik na Ziemi, który może wykonać analogiczne działanie — to woda. Możliwe, że na Księżycu pary wody wydzielane w obfitości przy erupcjach z kraterów kondensowały się w wodę, która ciekła wzdłuż skłonów, daleko nie przemieszczała się i znowu przemieniała się w parę” (1, str. 88—89).

Ślady erozyjnej działalności W. G. Fiesenkow widzi także w szerokich krętych bruzdach typu doliny Schrötera w rejonie kraterów *Herodotus* i *Aristarchus*. Bruzdy te zaczynają się zwykle na skłonie krateru i potem ciągną się w reliefie okolicy i stopniowo zanikają w otaczającej dolinie. Jeśli rzeczywistość byłoby to prawdą, należałoby założyć istnienie wody na Księżycu w dalekiej przeszłości w ciekłej, gazowej i być może twardej fazie. Jednak wszystkie te przykłady „kanałowych” struktur wałów księżycowych kraterów i bruzdy typu doliny Schrötera w rzeczywistości są śladami erozyjnej działalności nie wody, lecz produktów księżycowego wulkanizmu — lawowych erupcji na skłonach księżycowych kalder

w przypadku „kanałowych” struktur oraz erozyjnej działalności potoków gorących chmur, w przypadku typu doliny Schrötera.

Jeszcze mniej prawdopodobne są wywody Gilwarry'ego (3) o tym, że Księżyc kilka miliardów lat temu powinien był mieć znaczną atmosferę i hydrosferę do głębokości około 2 km, która rozciągała się na miejscu współczesnych „mórz” księżycowych. Z budowy zewnętrznych warstw Księżyca, wynika, że istnienie wód na jego powierzchni możliwe było tylko w lokalnych warunkach, a i to w przeciągu ograniczonego czasu. Prawdopodobnie na Księżycu nigdy nie było hydrosfery, ponieważ gęstość par wody była znacznie mniejsza niż gęstość pary nasyconej. Ale nie można zupełnie odrzucać wywodów Gilwarry'ego, gdyż wykazują one, iż woda w ciekłej fazie powinna istnieć, jeśli nie na powierzchni Księżyca, to w jego wnętrzu, pod warstwą porowatych skał i wiecznej marzłoci. W istocie jeżeli się weźmie pod uwagę, że w grawitacyjnym polu planety zachodzi nie tylko dyferencjacja, ale i stratyfikacja substancji według ciężaru właściwego, to woda na Księżycu jak należy oczekiwać (4, 2) będzie się koncentrować nie ponad powierzchniowymi skałami, a pod nimi, ponieważ księżycowy grunt wskutek swojej dużej porowatości (80—90%) i lekkości, ma mniejszą gęstość (0,4—1 g/cm<sup>3</sup>) niż woda.

Opierając się na hipotezie o powstaniu wody w pierwszym stadium rozwoju materii księżycowej, dopuszczamy istnienie wody we wnętrzu Księżyca i we współczesnym etapie jego rozwoju, jako składowej części skał. Z powodu ruchliwości wody w ciekłym, a zwłaszcza gazowym stanie i istnieniu dużego ciśnienia poziomego w głębokich częściach księżycowej litosfery, woda wykonuje ruch w szczelinach w stronę powierzchni, od bardziej nagrzanych do warstw chłodniejszych. W głębszych warstwach, gdzie przeważają temperatury wyższe niż krytyczna (375,1°C) woda może się znajdować w termodynamicznie nadkrytycznym, częściowo zdysocjowanym stanie. Jednak w miarę podnoszenia się w nadległe warstwy Księżyca, gdzie temperatura jest niższa od krytycznej (ciśnienie mniejsza się) woda przechodzi w gazową, a częściowo i ciekłą fazę.

Dalej ruch wody do dolnej części tzw. wiecznej marzłoci prawdopodobnie zachodzi tak w ciekłej, jak i gazowej fazie. Na swej drodze woda wzbogaca się różnymi rozpuszczalnymi w wodzie solami, zwiększając swą mineralizację. Stykając się z warstwami, mającymi ujemną temperaturę, woda przechodzi w twardą fazę i jej ruch kończy się. Ponieważ już kilka metrów poniżej księżycowej powierzchni temperatura nigdy nie podnosi się powyżej punktu zamarzania, to woda dążąca w górę będzie tu zatrzymywana, przechodząc w twardą fazę. Lód w tej warstwie zawarty jest w szczelinach i porach skał litosfery.

Dr T. Gold z Uniwersytetu Cornella (USA) wykorzystując technikę radarową na podstawie pomiarów odbitych fal radiowych długości od 10 do 90 cm rzeczywiście odkrył istnienie na Księżycu warstwy wiecznej marzłoci. Warstwa ta zalega na głębokości 30 m i według Golda ma znaczną miąższość — około 800 m (5). Z powodu warstwy wiecznej marzłoci na głębokości 30 m skrajne temperatury dnia (+130°C) i nocy (−150°C) szybko zmieniają się z głębokością i mają na nią bardzo słaby wpływ. Intensywność parowania na tej głębokości jest bardzo niska. Według innych poglądów stała ujemna temperatura — około

—30°C występuje już na głębokości 1 m. Dlatego przyszli kosmonauci mogą wydobywać wodę na Księżycu przez wiercenia otworów do głębokości stałej marzłoci i przez nagrzanie tej warstwy do temperatury topnienia lodu zawartego w szczelinach i pustkach skał.

Ostatnie obserwacje Księżyca pomiarami radiowymi wykazały, że zaraz za warstwą, w której wygasają wahania temperatur zaczyna się wzrost temperatur z bardzo wysokimi gradientami (1,5°C na 1 m). Jeśli ta wysoka ocena selenotermicznego gradientu potwierdzi się, to będzie oznaczać, iż warstwa wiecznej marzłoci ma miąższość nie większą niż 20 m, w rezultacie na głębokościach rzędu kilkudziesięciu metrów temperatura oczywiście powinna być dodatnia.

Im większa miąższość warstw skalnych wiecznej marzłoci, tym głębiej będzie warstwa zamrożonej wody. Przy braku ciśnienia atmosferycznego na Księżycu przybliżająca się do powierzchni woda będzie adsorbowana w gąbczastych powierzchniowych skałach i częściowo będzie sublimować i tracić się w przestrzeni kosmicznej.

Tak więc woda na Księżycu w stanie ciekłym znajduje się poniżej warstwy wiecznej marzłoci. W ciekłej i twardej fazie (lód) woda znajduje się pod porowatymi, lżejszymi niż woda powierzchniowymi skałami. W skałach tych jest zaadsorbowana znaczna masa reszkowych gazów księżycowych. Lecz ani wieczna marzłoc ani nasycone wodą skały nie są dostateczną ochroną i pary wody wraz z innymi gazami wyciekają z Księżyca, jak to było np. w centralnym szczycie cyrku *Alphonsus* 3 i 19 listopada 1958 r. i 23 października 1959 r. (12, 13).

W literaturze selenograficznej niejednokrotnie wspomniano, że jak tylko na księżycowym niebie wschodzi Słońce wokół szczelin i licznych kraterów powstają białe aureole.

W. Pickering (14) przypuszczał, iż jest to szron. Rzeczywiście przy przesączaniu wody na powierzchnię z ochłodzonych horyzontów wodonośnych, w rezultacie utraty ciepła przy parowaniu możliwe jest powstawanie szronu. Przy wznoszeniu się Słońca szron ten szybko zanika. Można oczekiwać, że powierzchniowe skały Księżyca nasycone są gazami i parami wody i możliwe, iż zawierają pewne ilości wody kapilarnej powyżej warstwy wiecznej marzłoci.

Prawdopodobnie wody szczelinowe i wieczna marzłoc osłagają największe koncentracje przy końcu księżycowej nocy.

H. Pohn, B. Murray i H. Brown (17) doszli do wniosku, że 0,5 — 1% powierzchni Księżyca jest stale pokryta cieniem. B. Warner (21) przytaczając własne obliczenia i badania statystyczne T. Mc Donalda (1931) i J. Younga (1940) dochodzi do wniosku, że przed promieniami słonecznymi stale zakryte jest około 2% powierzchni (21). Dane te mają duże znaczenie w związku z poglądami o możliwości istnienia w takich miejscach wody w formie lodu i różnych par. Jednak przypuszczenie o skupieniu lodu w miejscach nigdy nie oświetlanych Słońcem podniesione przez K. Watsona, B. Murraya i H. Browna w 1961 r. (22) prawdopodobnie raczej jest wątpliwe. Strefy wiecznej marzłoci powstałe w chłodnej podpowierzchniowej warstwie księżycowego ładu (w czasie procesu wydzielania składników lotnych) mogą zawierać znacznie większe zapasy lodu, niż polarne pułapki typu odkrytego.

Ciekłej wody raczej należy oczekiwać na oświetlonej stronie, gdzie przemarznąte warstw nie jest tak wielkie. Tam, w rejonach niedawnej lub współczesnej wulkanicznej aktywności (kaldery *Alphonsus* z fumarolną działalnością, wulkaniczne kratery na dnie tego i innych cyrków), a także w rejonach z możliwą selenotermalną i (względnie) tektoniczną działalnością (*Aristarchus Kepler* i *Tycho*). W czasie księżycowych zaćmień kratery te pozostają cieplejsze od otoczenia o około 40—50°C, gdzie ciepły bilans kontaktu między wznoszącą się gorącą wodą a zamrożoną skałą może okazać się dodatni; ciepło przy-

noszone masą wody zdolne jest do ogrzania szczelin zamarzłych skał. W tym przypadku woda w stanie ciekłym może podejść blisko powierzchni Księżyca, ale nie dochodząc do niej może wyparować i ulec rozszaniu. Należy przypuszczać, że głębokość parowania wody nie jest tak wielka i w warunkach ziemskich byłaby ona łatwo dostępna dla uzyskania współczesną techniką wiertniczą. Ogólnie sądzi się, że woda w stanie ciekłym można spotkać na oświetlonej części Księżyca na głębokości, gdzie pory i szczeliny nie mają łączności z powierzchnią, tzn. są hermetycznie zamknięte, a poziome ciśnienie jest dostateczne dla utrzymania wody w stanie ciekłym.

W rezultacie nie możemy się zgodzić z poglądami J. Greena, J. C. Finna i O. D. Browna (6), którzy uważają, iż z punktu widzenia poszukiwań wody w formie powierzchniowego lub raczej prawdopodobnie podpowierzchniowego lodu wybór lokalizacji księżycowej stacji badawczej w polarnych rejonach byłby bardziej odpowiedni niż w strefie równikowej. Przypuszczamy na odwrót, że z punktu widzenia zabezpieczenia w wodę przyszłych badaczy Księżyca celowe byłoby skierowanie poszukiwań w najbardziej ciepłe miejsca powierzchni, gdzie na względnie niedużej głębokości można oczekiwać wody nie w stałej, a ciekłej fazie, która może być udostępniona niegłębokimi otworami wiertniczymi i za pomocą hermetycznie zamkniętych rur.

Porównawczo-geologiczne dane wykazują, że związek księżycowych kraterów-maarów z księżycowymi kaldarami i obszarami wulkaniczno-tektonicznej depresji może być bardzo ważny dla poszukiwań wody w rejonie bazy księżycowej bądź w wyborze miejsca dla niej, dlatego że maarowy typ kraterów ma związek z wysokim poziomem wód.

Prawdopodobnie istnienia wody można oczekiwać w rejonie krateru *Alphonsus* z wybuchowymi gazowymi maarami-kraterami i z ciemnymi aureolami na jego dnie łańcuszków kraterowych, możliwe że też powstałych przy wydzielaniu gazów; oprócz tego według poglądów J. Salisbury'ego (20) w miejscach skupienia księżycowych kopuł, wałów i bruzd. Salisbury (19) sądzi, iż księżycowe kopuły, wały, a także grzebień „morskie” mogły powstać w rezultacie lokalnego zwiększenia objętości wywołanej serpentynizacją oliwiny przy powolnym przesączaniu wody z głębin księżycowych. Charakter tego procesu był określony po raz pierwszy przez H. Hessa (1955) dla ziemskich kopuł i wyniesień. Serpentynizacja oliwiny zachodzi przy obecności przyływu par wody z dołu o temperaturze 500° lub poniżej. Przybliżone równanie takiej reakcji: oliwin + woda  $\rightleftharpoons$  serpentyn + wyniesienia. Przy serpentynizacji objętość skały zwiększa się w przybliżeniu o 25%, co już wystarcza dla powstawania kopulastych struktur.

Jeśli te założenia Salisbury'ego (19, 20) są prawidłowe, to tym samym można mówić o podwójnym dodatkowym zbiorniku księżycowych wód (na rachunek nie tylko kopuł, ale również wałów i „morskich” grzebień).

Wybór miejsca przyszłej badawczej bazy księżycowej prawdopodobnie będzie zależał także od odpowiednio dobranej bazy z punktu widzenia zapotrzenia w wodę. Oczywiście, że dla celów utrzymania bazy nieodzowne są poszukiwania miejsc z największą obfitością w głębinnych wód i zawartych w powierzchniowych skałach. Dlatego należy rozwiązać cały kompleks problemów związanych z wyborem miejsca o charakterze bazy polarnej lub na odwrót rejonów równikowych, bądź pagórkowatego „ładu”, albo też „morza”.

Jeżeli chodzi o wybór pomiędzy rejonami bombardowań meteorytami a o charakterze wulkanicznym, to szala bez wątplenia przechyliła się w stronę tych drugich, ponieważ zawartość wody w skałach pochodzenia wulkanicznego jest dziesięciokrotnie większa niż w skałach pochodzenia meteorytycznego (7, 9). Oprócz tego istnienie lodu w formie wiecznej marzłoci jest znacznie bardziej prawdopodobne w zróżnicowanych rejonach księżycowego wulkanizmu, niż w rejonach pociętych meteorytami.

Wokół ziemskich kalder zalegają duże masy wulkanicznych tufów-skał odznaczających się nie tylko względnie wysoką zawartością wody (około 3%), ale i dużą miękkością. Chociaż mówi się o wagowych procentach, to stwierdzić należy, iż 3% wagi oznacza 85 l wody na 1 m<sup>3</sup> skały. Duża miękkość tufu pozwala wycinać w nim pomieszczenia dla garaży (flegryjskie pola koło Neapolu) i piwnic (Sakurajima w Japonii).

Dobrymi kandydatami dla uzyskania wody księżycowej ze skał w wulkanicznych miejscach są równoległe z popiołowymi tufami także ignimbryty (jeśli one istnieją na księżycu) oraz szlaki. W ignimbrytach woda zawarta jest w ilości 1,4%.

Interesujące jest, że poszukiwania wody na Księżycu mogą być najbardziej efektywne wówczas, gdy Księżyc znajduje się dalej od Ziemi. Jeszcze ponad 25 lat temu obserwacje hydrogeologiczne wykazały, iż poziom wód w określonych studniach wodnych obniża się w czasie księżycowego perigeum. Przyczyną tego interesującego zjawiska są efekty rozciągania wywołane działaniem Księżycyca w skorupie ziemskiej. Ponieważ Ziemia wywołuje na Księżycu około 100 razy większe efekty przyływowe, to zjawiska księżycowych przyływów mogą okazywać znacznie większe efekty rozciągania skorupy w czasie księżycowego perigeum i na odwrót efekty ściskania litosfery w apogeum (7, str. 160).

Odnośnie do składu mineralnego w głębinnych wód Księżycyca należy zauważyć, że ten problem wymaga dodatkowych badań. Obecnie jeszcze trudno podać na ten temat jakiegokolwiek konkretne przypuszczenia, ponieważ nie znamy z dostateczną dokładnością składu skał tworzących literaturę Księżycyca.

(Z jęz. rosyjskiego przełożył T. Gałkiewicz)

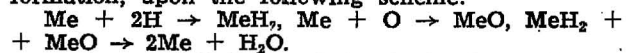
#### LITERATURA

1. Fiesenkow W. G. — Sowriemiennyje predstavienija o Wseliennoj. Izd. AN SSSR, Moskwa—Leningrad 1949.
2. Firsoff V. A. — Strange world of the Moon. Hutchinson, London 1959, Basic Books, New York 1960.
3. Gilwarry J. J. — Origin and nature of lunar surface features. Nature v. 188, nr 4754, 1960.
4. Gold T. — The lunar surface. Monthly Notices Roy. Astr. Soc. v. 115, nr 6, 1955.
5. Gold T. — Frozen layer on Moon. Science News Letter, v. 79, nr 17, 1961.
6. Green J., Finn J. C., Brown O. D. C. — The polar lunar base. Astronautics v. 7, nr 7, 1962.
7. Green J. — Geologiczeskije nauki w prime-nieni k issledowanijam Łuny. Nowoje o Łunie. Izd. AN SSSR Moskwa—Leningrad 1963.
8. Green J. — Lunar exploration and survival. Sect. 5, Douglas Paper 4038, Huntington Beach, Cal. 1966.
9. Katterfeld G. N. — Problemy i metody sielenologii. Izw. Wsies. Geogr. Obszcz. t. 97, nr 2, 1965.
10. Katterfeld G. N., Frołow P. M. — Wgłębne wody Marsa. Prz. geol. nr 1, 1967.
11. Katterfeld G. N., Frołow P. M. — Ziemnoje analogii w gidrogeologii. Sbornik věd. prací Vys. Školy hańske v Ostrave, řada horn-geol. nr 2, v. I (Problems of Planetology), Ostrava 1967.
12. Kozyrew N. A. — Wulkaniczeskaja diejatiel-most'na Łunie. Priroda nr 3, 1959.
13. Kozyrew N. A. — Spektralnyje dokazatelstwa suszczestwowanija wulkaniczeskich processow na Łunie. Nowoje o Łunie. Izd. AN SSSR, Moskwa—Leningrad 1963.
14. Pickering W. H. — The Moon. Doubleday, Page and Co. New York 1903.
15. Pickering W. H. — The lunar crater Linne. Annals Harvard Coll. Observ. v. 61, pt. 1, ch. 8, 1908.

16. Pickering W. H. — Evidence of erosion on the Moon. Popular Astronomy v. 24, nr 6, 1916.
17. Pohn H., Murray B. C., Brown H. — New application of lunar shadows studies. Publ. Astr. Soc. Pacific v. 74, nr 437, 1962.
18. Safronow W. S., Ruskoł E. L. — Istorija lunnoj atmosfery i wozmożnost prisutstwija na Łunie lda i organiczeskich sojedinenij. Wopr. kosmogonii t. 9, Izd. AN SSSR, 1963.
19. Salisbury J. W. — The origin of lunar domes. Astroph. J. v. 134, nr 1, 1961.
20. Salisbury J. W. — Natural resources of the Moon. Nature v. 195, nr 4840, 1962.
21. Warner B. — The amount of permanent shadow on the lunar surface. J. Brit. Ass. v. 74, nr 4, 1964.
22. Watson K., Murray B., Brown H. — The behavior of volatiles on the lunar surface. J. Geoph. Res. v. 66, nr 9, 1961.

#### SUMMARY

The problem of formation of internal waters on moon arose due to a necessity of securing life of its future explorers and of use of natural resources of the satellite. According to the opinions of the present authors, on planets and on their satellites water comes into being, during the first stage of their formation, upon the following scheme:



During a definite period of development and under adequate conditions water may be created on the surface of planets simultaneously with atmosphere and hydrosphere. On the moon both atmosphere and hydrosphere are absent, mainly due to its specific conditions, e.g. small mass, low velocity of flight a.o. However, the authors are of an opinion that water exists inside our satellite in gaseous and liquid states. In solid phase, water may occur in the hard bed of permafrost, the thickness of which can range from 30 to 800 metres, although it is also possible that it reaches no more than from 1 to 20 m only.

Taking into account a fact that due to its mobility in stable state, particularly, however, in gaseous state under the influence of horizontal pressure and owing to other reasons, we may accept that water ascends from deep and hot layers towards the cool horizons situated close to the surface of moon. Coming into contact with the layers characterized by stable negative temperature, water passes into a hard phase and stops moving. In this layer of permafrost water occurs in pores and fissures of rocks as ice. The present authors draw a conclusion that prospectors for water on moon should be carried on within the warmest regions of the moon surface. In such regions water may occur in liquid state, at relatively small depths. Here, it may be exploited by drilling methods using hermetic pipes.

The authors discuss the opinions stated by J. Green, J. C. Finn and O. D. C. Brown who suggest that water in the form of surface or subsurface ice may rather be expected to occur within the polar regions of our satellite. The authors recommend to select the site of the future research base, mainly as concerns water supply for the moon prospectors, not in the polar but in the equatorial regions, where the most intense volcanic phenomena appear. Moreover, the equatorial zone of the moon is more suitable for astronomical observations than the polar regions of the satellite, the authors conclude.

#### РЕЗЮМЕ

Постановка проблемы формирования глубинных вод Луны диктуется условиями жизнеобеспечения ее будущих исследователей о освоения полезных ископаемых недр Луны.

По представлениям авторов, на планетах и спутниках на первой стадии их становления вода образуется по следующей схеме:  $\text{Me} + 2\text{H} \rightarrow \text{MeH}_2$ ;  $\text{Me} + \text{O} \rightarrow \text{MeO}$ ;  $\text{MeH}_2 + \text{MeO} \rightarrow 2\text{Me} + \text{H}_2\text{O}$ .

В определенный период развития и при наличии соответствующих условий на поверхности планет может образовываться наряду с атмосферой и гидросфера. На Луне, в силу ее специфических условий (малая масса, низкая скорость ускользания и др.), атмосфера и гидросфера отсутствуют. Однако, авторы допускают существование воды в недрах нашего спутника в парообразном и жидком состоянии. В твердой фазе допускается существование воды в постоянно мерзлом слое, глубина которого от кровли до подошвы может варьировать от 30 до 800 м, а возможно — от 1 до 20 м. Высказывается предположение, что вследствие подвижности в жидком и, особенно, в парообразном состоянии, под влиянием пластового давления и других причин, вода по трещинам в глубоких слоях лунной литосферы совершает восходящее движение от более глубоких и нагретых к охлажденным слоям, лежащим близко от поверхности Луны. Соприкасаясь со слоями, имеющими постоянную отрица-

тельную температуру, вода переходит в твердую фазу и движение ее прекращается. Вода в этом слое „вечной мерзлоты“ находится в виде льда в трещинах и порах пород литосферы. Авторы, основываясь на своих исследованиях, приходят к выводу, что поиски воды на Луне целесообразно сосредоточить в наиболее теплых местах лунной поверхности; в них на относительно небольшой глубине можно ожидать воду в жидкой фазе, которая может быть вскрыта скважинами и выведена на поверхность при помощи герметически закрытых труб. Авторы полемизируют с Дж. Грином, Дж. Финном и О. Броуном (1962), которые считают, что вода в виде поверхностного или подповерхностного льда скорее может быть встречена в полярных районах нашего спутника. Выбор места будущей исследовательской базы, с точки зрения обеспечения в воду первых лунных исследователей, рекомендуется приурочить не к полярным, а к экваториальным районам, где получили наибольшее развитие вулканогенные явления (Альфонс, Аристарх, Коперник и Кеплер). Для проведения астрономических наблюдений экваториальный пояс Луны также более удобен, чем полярные области.