

Krystyna NAWARA

## O niektórych procesach i zjawiskach geologicznych na Księżycu

### WSTĘP

Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat jesteśmy świadkami niezmiernie szybkiego rozwoju techniki raketowej i satelitarnej. Rozwój ten umożliwił stworzenie nowych metod badań Ziemi i innych planet. Wielki swój rozkwit przeżywa obecnie m. in. selenologia — geologia księżycy. Dzięki możliwości posługiwania się najbardziej nowoczesnymi metodami badań naszego jedyne go satelity wiedza o jego budowie i historii wzrasta o wiele szybciej niż wiedza o Ziemi.

### BADANIA KSIĘŻYCA

Badania satelitarne Księżycy rozpoczęły się w 1959 r., kiedy ZSRR wystrzelił w kierunku Księżycy satelitę Łunnik 1. Od tej chwili zaczęła się nowa era w badaniach Księżycy, w której zastosowanie najnowszych zdobyczy wiedzy i techniki umożliwiło naukowcom całkowite uniezależnienie się od naziemnych obserwatoriów astronomicznych. Dzięki możliwości korzystania ze sztucznych satelitów po raz pierwszy można było ujrzeć i zacząć badać niewidoczną z Ziemi stronę Księżycy. Automataczne stacje bezzałogowe, lądujące miękko na powierzchni Księżycy utworowały drogę załogom ludzkim Projektu Apollo.

W chwili obecnej badania Księżycy metodami satelitarnymi prowadzą dwa państwa: ZSRR oraz USA. Każde z tych państw pracuje innymi metodami. ZSRR prowadzi swoje badania przy pomocy satelitów typu Łuna. Satelity te mają różnorodny charakter i spełniają różne zadania. Jedne z nich stają się tylko sztucznymi satelitami Księżycy, krążącymi wokół niego po orbicie i prowadzącymi badania przestrzeni wokółksiężycowej oraz powierzchni Księżycy. Inne natomiast są stacjami automatycznymi, które po wylądowaniu na Księżycu przeprowadzają różne badania na jego powierzchni. Do stacji takich należała np. Łuna 9, która była pierwszą stacją automatyczną, jaka wylądowała miękko na powierzchni księżycowej. Łuna 9 przesłała obrazy telewizyjne swojego otoczenia. Łuna 13 lądowała również na powierzchni Księżycy. Przesyłała ona również obrazy telewizyjne powierzchni księżycowej, a prócz tego wykonała szereg analiz własności mechanicznych gruntu księżycowego (Pierwyje panoramy łunnoj powierzchni, 1969). Łuna 16 była

pierwszą stacją automatyczną, która po pobraniu próbki gruntu powróciła na Ziemię (A. Ivanov, J. Stachiejew, L. Tarasov, 1971). Łuna 17 zawiozła na Księżyc pierwszy pojazd automatyczny — Łunochod 1. Pojazd ten prowadził szereg badań geologicznych i geofizycznych na powierzchni Księżyca, badał własności mechaniczne gruntu księżycowego oraz skład chemiczny skał. Łunochod 1 przesyłał również na Ziemię obrazy telewizyjne obszaru, po którym się poruszał (Peredwiznaja laboratorija na Łunie — Łunochod 1, 1971). ZSRR posługiwał się również stacjami typu Sonda. Przelatując na trasie: Ziemia — Księżyc — Ziemia satelity Sonda wykonywały szereg fotografii powierzchni księżycowej z różnych odległości.

USA do momentu wprowadzenia do realizacji Projektu Apollo prowadziły badania Księżyca przy pomocy sztucznych satelitów oraz stacji bezzałogowych. Stacje automatyczne typu Ranger (1961—1965) wystrzelwane były w kierunku Księżyca na zasadzie pocisku. W miarę zbliżania się do Księżyca w stacji włączały się kamery telewizyjne, które przekazywały na Ziemię obrazy powierzchni księżycowej aż do momentu roztrzaskania się o powierzchnię Księżyca (G. P. Kuiper, 1965).

Po raz pierwszy stwierdzono wówczas, że „morza” księżycowe usiane są licznymi, drobnymi kraterkami, niewidocznymi nigdy z Ziemi.

Satelity typu Lunar Orbiter (1966—1967) krążyły wokół Księżyca jako jego sztuczne satelity. Kamery fotograficzne Lunar-Orbiterów wykonały setki tysięcy fotografii powierzchni Księżyca, na których podstawie sporządzono całkowitą mapę Księżyca. Fotografie wykonywane były z różnych wysokości i z różną rozdzielnością. Dzięki Lunar-Orbiterom całe 38 milionów kilometrów kwadratowych powierzchni Księżyca przeniesiono na mapę. Mapa ta posłużyła m. in. do wyznaczenia miejsc lądowania astronautów Projektu Apollo. Mapą tą posługują się również astronauty w czasie swych prac na powierzchni Księżyca (K. J. Kosofsky, F. El-Baz, 1970).

Stacje typu Surveyor (1966—1968) były stacjami automatycznymi, które przy wylądowaniu na powierzchni Księżyca przeprowadzały szereg badań geologicznych i geofizycznych. Wykonały one m.in. po raz pierwszy szereg analiz składu chemicznego skał księżycowych, dzięki którym stwierdzono ponad wszelką wątpliwość, że „morza” księżycowe zbudowane są z bazaltów, a wyżyny z anortozytów. Surveyory przesyłały również obrazy telewizyjne swojego otoczenia (Surveyor, Program results, 1969).

Astronauty Projektu Apollo (1968) prowadzą szereg badań geologicznych i geofizycznych Księżyca zarówno w czasie lotu po orbicie wokółksiężycowej, jak i w czasie prac na powierzchni Księżyca. Z orbity prowadzi się badania morfologii różnych form geologicznych, badania spektralne składu chemicznego skał księżycowych itp. Astronauty wykonują również tysiące barwnych, a ostatnio (Apollo 15) także panoramicznych fotografii powierzchni Księżyca z różnych wysokości. Fotografie te służą następnie do badań geologicznych oraz do sporządzania map powierzchni Księżyca. Ci, którzy lądują na Księżycu, sporządzają m.in. dokładną mapę geologii regionalnej terenu, na którym wylądowali, nanosząc na nią różne elementy, jak np. drobne kraterki, szczeliny, większe bloki skalne. Zbierają także próbki skał nie tylko z powierzchni, ale i płytkich wier-

ceń. Określają grubość warstwy zwietrzelinowej, znajdującej się w miejscu lądowania oraz dokonują analiz własności mechanicznych gruntu księżycowego (Apollo 11 — Prelim. Sci. Report, 1969, oraz Apollo 12 — Prelim. Sic. Report, 1970).

Materiał naukowy zebrany w ciągu kilkunastu lat, które upłynęły od chwili wystrzelenia Łunnika 1, jest tak olbrzymi, że do przedstawienia go, choćby tylko w wielkim skrócie, trzeba by wielu tomów (Problemy geologii Łuny, 1969). Dlatego z konieczności ograniczę się tu do przedstawienia kilku tylko problemów geologii Księżycyca.

### SRODOWISKO KSIĘŻYCOWE

Powierzchnia Księżycyca jest wyjątkowo dogodnym terenem do badań zjawisk i procesów geologicznych. Księżyc nie ma atmosfery ani hydrosfery, w związku z czym brak jest tu działalności wielu czynników, takich, jak np. erozja. Czynniki te na Ziemi zatarły całkowicie obraz wyglądu naszej planety z jej wczesnej młodości. Tu, na Księżycu, możemy natomiast odnaleźć ślady działania tych procesów, które ukształtowały jego skorupę we wczesnym stadium rozwoju. Dla geologów znajomość warunków panujących w okresie tworzenia się skorupy planety jest ogromnie ważna. Jest rzeczą chyba pewną, że gdyby Ziemia nie posiadała atmosfery ani hydrosfery, wygląd jej powierzchni byłby bardzo zbliżony do wyglądu powierzchni Księżycyca. Brak działalności procesów egzogenicznych ułatwia tu w znacznym stopniu poznanie tych czynników, które kształtowały skorupę Księżycyca na przestrzeni wielu miliardów lat.

Pozwala to nam na odtworzenie w pewnym sensie wyglądu naszej planety w okresie poprzedzającym powstanie mórz i oceanów. Z całą pewnością na Księżycu działały procesy endogeniczne, których skutki działania są podobne jak na Ziemi. Należą tu np. zjawiska wulkaniczne, deformacje skorupy księżycowej (tylko nieciągłe, gdyż fałdowanie się skorupy księżycowej nigdy nie miało miejsca).

Choć odnajdujemy pewne podobieństwo procesów działających na Ziemi i na Księżycu, środowisko księżycowe jest jednak zupełnie odmienne. Panują tu warunki oraz działają czynniki niespotykane na Ziemi. Należą do nich np. olbrzymie wahania temperatur, sięgające kilkuset stopni. Księżyc obraca się wokół własnej osi bardzo powoli, dzięki czemu zarówno dzień, jak i noc trwają na danym terenie ok. 2 tygodni ziemskich. W ciągu dnia temperatura na obszarach, nad którymi słońce stoi w zenicie, dochodzi do  $+130^{\circ}\text{C}$ , w nocy natomiast spada do ok.  $-150^{\circ}\text{C}$ . Stan ten jest wynikiem braku atmosfery, która na Ziemi łagodzi olbrzymie różnice między temperaturą dnia i nocy. Olbrzymia rozpiętość temperatur na Księżycu nie pozostaje bez wpływu na szybkość niszczenia skał na powierzchni.

Powierzchnia Księżycyca jest w każdej sekundzie bombardowana milionami cząstek wiatru słonecznego (B. W. Hapke, A. J. Cohen, W. A. Cassidy, E. N. Wells, 1970). Księżyc ma szczątkowe pole magnetyczne, które nie jest w stanie utworzyć pasów Van Allena, chroniących np. Ziemię przed bombardowaniem cząstkami wiatru słonecznego. W oparciu o badania Apollo 11 stwierdzono, że na  $1\text{ cm}^2$  powierzchni Księżycyca uderza

w każdej sekundzie ok. 63 milionów atomów helu, nie licząc protonów i elektronów. Wpływ tych cząstek na skały leżące na powierzchni nie jest jeszcze w pełni poznany.

Nie wyjaśniono do tej pory przyczyny cementowania skał sypkich na powierzchni krzemionką, w wyniku czego powstaje tzw. brekcja. Nie wiadomo czy proces cementacji miał miejsce we wcześniejszych etapach rozwoju Księżyca, gdy mógł on mieć jeszcze gorące wnętrze, czy też stało się to dużo później pod wpływem różnych czynników zewnętrznych.

### SEJSMIKA KSIĘŻYCA

Astronaucci misji Apollo pozostawiają na Księżycu aparaturę do rejestrowania wstrząsów skorupy księżycowej. Badania te mają głównie na celu próbę określenia budowy wewnętrznej Księżyca, określenie stanu fizycznego tego wnętrza oraz stwierdzenie czy na Księżycu zachodzą procesy tektoniczne. Dotychczasowe badania przyniosły jednak rozczarowa-

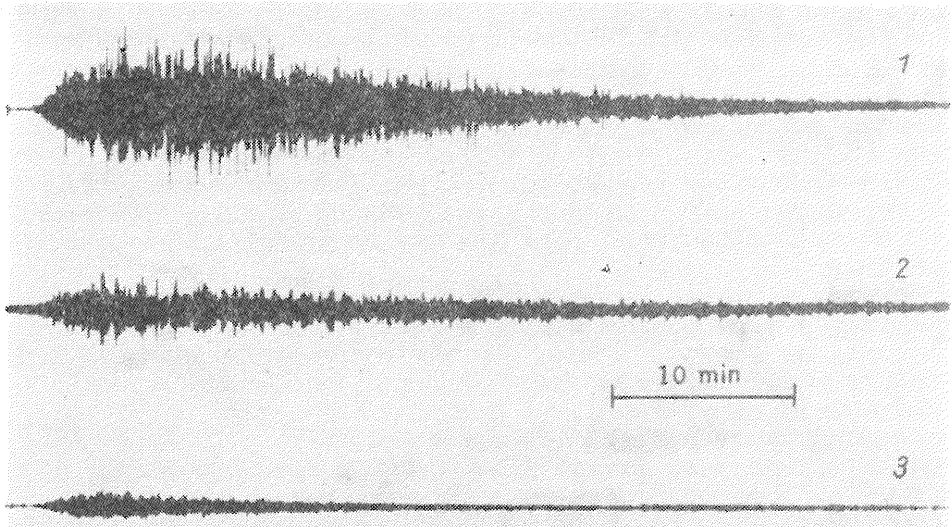


Fig. 1. Sejsmiczne sygnały otrzymane z sejsmometru Apollo 12

Seismic signals received from the Apollo 12 seismometer

1 — sygnały otrzymane przy upadku LM; 2—3 — sygnały otrzymane ze źródeł naturalnych

1 — signals received from LM impact; 2 — 3 — signals received from naturale sources

nie, gdyż żaden z 4 zainstalowanych sejsmometrów nie zanotował charakterystycznych sygnałów sejsmicznych, podobnych do tych, które notujemy na Ziemi. Fakt ten wskazuje na to, że albo energia sejsmiczna Księżyca jest dużo mniejsza niż ziemska, albo wnętrze Księżyca nie przewodzi fal sejsmicznych w podobny sposób jak wnętrze Ziemi. Na podstawie danych, otrzymanych z badań sejsmicznych, nie można więc rozwikłać zagadki wnętrza Księżyca i pozostaje ono nadal tajemnicą. Dane sejsmiczne pozwalają jednak przypuszczać, że na Księżycu brak jest wstrząsów sejsmicznych pochodzenia tektonicznego, a samo wnętrze, być

może, jest już wygasłe. Zarejestrowane przez sejsmometry wstrząsy wywołane są głównie osuwaniem się większych mas skalnych po zboczach kraterów, upadkiem meteorytów itp.

Ze względu na to, że metoda biernego rejestrowania wstrząsów skorupy księżycowej nie daje spodziewanych rezultatów, astronauta Apollo rozpoczęli na powierzchni Księżyca instalację urządzeń do wywoływania sztucznych wstrząsów skorupy księżycowej.

Pierwsze tego rodzaju urządzenie zainstalowali astronauta Apollo 14 na wyżynie Fra Mauro. Na dany z Ziemi sygnał aparatura ta wyrzuciła szereg pocisków, których wybuchy wywołały wstrząsy skorupy księżycowej. Począwszy od misji Apollo 12 zaczęto rejestrować również wstrząsy wywołane upadkiem na Księżyc elementów statku LM oraz rakiety Saturn. Wyniki tych eksperymentów były zdumiewające. Po zrzuceniu na powierzchnię Księżyca członu statku LM Apollo 12 skorupa księżycowa drgała przez ok. pół godziny. Po zrzuceniu natomiast członu rakiety Saturn w czasie misji Apollo 13 Księżyc drgał przez przeszło 4 godziny. Przyczyny tych wielokrotnych odbić fal sejsmicznych do tej pory nie są wyjaśnione. Niektórzy przypisują to zjawisko grubej pokrywie zwietrzeli, zalegającej powierzchnię Księżyca, inni — charakterystycznej budowie wewnętrznej Księżyca. Zjawisko tego długotrwałego „dzwonięcia” Księżyca wymaga dalszych badań.

## BUDOWA KSIĘŻYCA

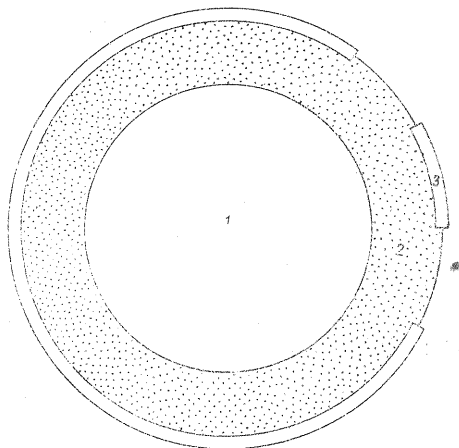
Niektórzy badacze przyjmują, że wewnątrz Księżyca może mieć budowę podobną do wnętrza Ziemi, tj. składa się z szeregu stref koncentrycznych, różniących się gęstością i składem chemicznym. W samym środku globu ma znajdować się jądro księżycowe, prawdopodobnie wy-

Fig. 2. Budowa wewnętrzna księżycowa wg J. A. Wooda

Internal structure of the Moon  
acc. J. A. Wood

1 — jądro księżycowe; 2 — płaszcz księżycowy — magma gabrowa; 3 — skorupa anortozytowa

1 — mafic minerals; 2 — mantle of the Moon — gabbroic magma; 3 — anorthositic layer



gasłe albo wygasające, o zupełnie nieznanym nam składzie i budowie. Otacza go płaszcz księżycowy, utworzony głównie ze skał zbliżonych swym składem do ziemskiego gabra (fig. 2). Zewnętrzną strefę tworzy skorupa księżycowa, pierwotnie zbudowana z samych anortozytów. Wiek tych skał określono na blisko 5 miliardów lat. W wyniku głębokich pęk-

nieć skorupy na powierzchni Księżyca utworzyły się tzw. „morza” — olbrzymie obszary zalane lawą bazaltową. Wiek „mórz” waha się od 1,5—2,5 miliarda lat (Ocean Burz) do 3,5 miliarda lat (Morze Spokoju — M. Tatsumoto, J. N. Rosholt, 1970).

W budowie skorupy księżycowej uderza wielka asymetria. Po stronie zwróconej ku Ziemi występują liczne „morza”, zajmujące dość znaczne powierzchnie. Na stronie niewidocznej z Ziemi „mórz” jest niewiele i są one niewielkie.

Pierwotnie skorupa księżycowa zbudowana była głównie z anortozytów i otaczała jednolitą strefą cały glob. Obecnie anortozyty tworzą jedynie tzw. wyżyny księżycowe, których średni poziom leży przeważnie o kilka tysięcy metrów wyżej niż poziom „mórz”. Oblicza się, że

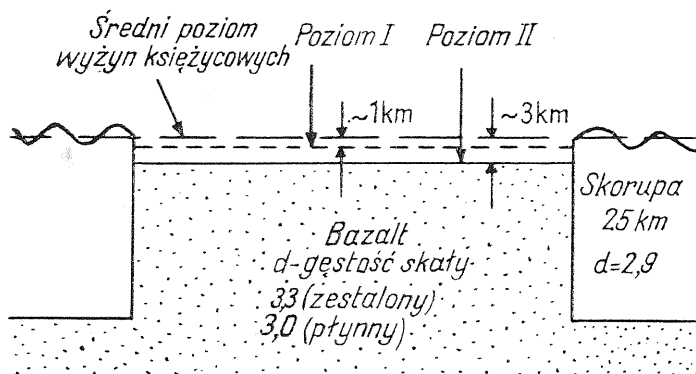


Fig. 3. Przekrój geologiczny przez skorupę księżycową według J. A. Wooda

Geological cross section through the lunar crust according J. A. Wood

grubość skorupy anortozytowej wynosi ok. 25 km. „Morza” księżycowe powstały w wyniku wylania się na powierzchnię Księżyca olbrzymich mas lawy bazaltowej. Pierwotny poziom „mórz” leżał prawdopodobnie o ok. 2000 m powyżej poziomu dzisiejszego. Poziom „mórz” wskutek silnego kurczenia się bazaltów w czasie zastygania obniżył się do dzisiejszego (fig. 3; J. A. Wood, J. S. Dickey, U. B. Marvin, B. N. Powell, 1970). Powstanie „mórz” oraz kraterów księżycowych niektórzy autorzy próbują wyjaśnić uderzeniem w Księżyc meteorytów czy nawet planetoid. W świetle poznanych faktów teoria meteorytyczna nie wytrzymuje krytyki (G. Fielder, 1963b; R. B. Baldwin, 1968; H. C. Urey, 1968). Ziemia jest czterokrotnie większa od Księżyca. Jej pole grawitacyjne sięga w przestrzeń międzyplanetarną na odległość przeszło 300 000 km. Trudno jest wyjaśnić fakt, dlaczego meteoryty lecące od strony Ziemi (przyjmując bowiem, że „morza” po stronie zwróconej ku Ziemi powstały dzięki uderzeniu meteorytów, musimy jednocześnie przyjąć, że meteoryty te leciały od strony Ziemi) nie zostały ściągnięte przez wielokrotnie potężniejsze pole grawitacyjne Ziemi i mijając go uderzały w powierzchnię Księżyca. Na takie bombardowanie meteorytami powinna być raczej na-

rażona strona niewidoczna z Ziemi. Można by tu sądzić, że meteority lecące z przestrzeni międzyplanetarnej spotkały na swej drodze Księżyc i przyciągnięte przez jego pole grawitacyjne uderzały o jego powierzchnię.

Tymczasem na stronie odwrotnej Księżyc „mórz” jest bardzo niewiele. Pewne światło na przyczynę powstania „mórz” księżycowych rzucają badania realizowane w ramach Projektu Apollo. Sejsmometry zainstalowane na powierzchni Księżyc pozwoliły ujawnić fakt, że w momencie, gdy Księżyc zbliża się na minimalną odległość od Ziemi, w skorupie jego powstają nagle silne drgania (Księżyc krąży wokół Ziemi po elipsie, której perigeum wynosi ok. 360 000 km, a apogeum ok. 407 000 km). Fakty te świadczą o silnym wpływie pola grawitacyjnego Ziemi na skorupę Księżyc. Po raz drugi wstrząsy notuje się wówczas, gdy Księżyc zaczyna oddalać się od Ziemi. Odkształcona skorupa księżycowa wraca wówczas prawdopodobnie do pierwotnego stanu. Poza tymi okresowymi odkształceniami pole grawitacyjne Ziemi wywołuje również stałe odkształcenia, jak np. silne wydłużenie promienia księżycowego w kierunku o współrzędnych  $0^\circ$  szer. i  $0^\circ$  dł. Stwierdzono, że promień księżycowy dłuższy jest tu od pozostałych o ok. 2 km.

Fotografie powierzchni Księżyc zwróconej ku Ziemi ujawniają występowanie licznych głębokich pęknięć skorupy. Podobnych zjawisk nie obserwuje się po niewidocznej z Ziemi stronie Księżyc.

„Morza” księżycowe powstały prawdopodobnie w okresie, kiedy skorupa księżycowa była stosunkowo cienka i łatwo ulegała rozerwaniu. W okresie tym Księżyc krążył prawdopodobnie bliżej Ziemi niż obecnie, wskutek czego wpływ pola grawitacyjnego Ziemi na skorupę Księżyc był silniejszy. Jeśli jednak istotnie „morza” księżycowe powstały w wyniku działania pola grawitacyjnego Ziemi na skorupę księżycową, to możemy przyjąć, że powolny obrót Księżyc wokół własnej osi, trwający tyle samo co obrót dokoła Ziemi, miał również miejsce w czasie, kiedy na Ziemi trwała era prekambryjska (wszystkie skały księżycowe, poznane dotychczas, odpowiadają wiekowi ziemskiemu prekambrowi).

Proces tworzenia się „mórz” nie zawsze przebiegał jednakowo, w wyniku czego poszczególne „morza” różnią się od siebie. Niektóre z nich mają zarysy koliste, obrzeżone są uskokami oraz łańcuchami górskimi. „Morza” te są z reguły obszarami o silnych dodatnich anomaliach grawimetrycznych, zwanych maskonami (z ang. *mass concentrations*). Anomalie te zostały wykryte przez satelity typu Lunar-Orbiter, a następnie badane przez załogi statków Apollo. Na niektórych obszarach anomalie te są tak silne, że np. statki Apollo zbaczały ze swej drogi o kilka km. Ze względu na to, że na terenach „mórz” występują bazalty i gabra, można przyjąć, że „morza” okrągłe są obszarami, na których prawdopodobnie nastąpiło całkowite przetopienie skorupy księżycowej i na powierzchni występuje bezpośrednio materiał płaszcza księżycowego, mający większą gęstość niż otaczające „morze” wyżyny anortozytowe. Byłyby więc to głębokie studnie w skorupie księżycowej, sięgające aż do płaszcza gabrowego.

Inaczej zbudowane są „morza” o zarysach nieregularnych. Brzegi ich nie są ograniczone uskokami, a lawa bazaltowa „mórz” zalewa częściowo brzegi wyżyn, zatapiając na nich stare kratery (tab. I, fig. 5). Na

obszarach tych „mórz” brak jest na ogół maskonów. „Morza” tego typu powstały prawdopodobnie na miejscu depresji w skorupie anortozytowej, na których terenie występowały również liczne kratery. O tym, że pod pokrywą lawy istnieje na tych „morzach” skorupa anortyzowa, świadczą tzw. kratery — widma. Są to bardzo stare kratery wyżynne, zatopione następnie przez lawę bazaltową. Ponad powierzchnią lawy sterczą obecnie tylko ich partie szczytowe, w wyniku czego na powierzchni „morza” widoczny jest tylko pierścień zbudowany ze skał jaśniejszych niż skały „morskie” (tabl. I, fig. 4).

Prócz „mórz” bazaltowych na powierzchni Księżyca występują liczne depresje koliste, nie wypełnione jednak lawą. Na nieckowatych dnach depresji występują również liczne kratery. Depresje te nazwano tala-soidami, czyli „pramorzami”. Są one szczególnie liczne po stronie Księżyca niewidocznej z Ziemi.

### WIETRZENIE SKAŁ

Powierzchnię Księżyca pokrywa gruba warstwa gruzu skalnego, powstałego w wyniku długotrwałego działania procesów wietrzenia fizycznego skał na powierzchni księżycowej. Głównym czynnikiem powodującym szybkie niszczenie skał jest tu olbrzymia rozpiętość temperatur między dniem i nocą. O wpływie tych wielkich różnic świadczą na powierzchni Księżyca liczne spękania termiczne głazów i skałek (tabl. II, fig. 6).

Długotrwałe procesy wietrzenia fizycznego spowodowały utworzenie się warstwy gruzu skalnego, leżącego bezpośrednio na skałach litych. Wierzchnie warstwy tego gruzu ulegają dalszym procesom rozdrabniania skał wskutek silnych skoków temperatury na powierzchni, w wyniku czego na samym wierzchu znajduje się warstwa stosunkowo drobnego materiału, którą określa się jako grunt albo glebę księżycową. Należy tu podkreślić, że wszelkie badania, jakie dotychczas przeprowadzono nad skałami księżycowymi, dotyczą wyłącznie warstwy gruntu. Nigdzie do tej pory nie zdołano dotrzeć do skały litej.

Grunt powstały w wyniku wietrzenia fizycznego skał na powierzchni księżycowej był przedmiotem badań zarówno sztucznych satelitów i stacji bezzałogowych, jak i astronautów Projektu Apollo. Zanim na powierzchni Księżyca stanął człowiek, obserwacje i badania gruntu przeprowadzono przy pomocy aparatury naukowej sztucznych satelitów typu Łuna, Sonda oraz Lunar-Orbiter, jak i stacji bezzałogowych typu Łuna oraz Surveyor. Aparatury tych satelitów i stacji badały własności mechaniczne gruntu, jego skład mechaniczny, barwę, porowatość, ściśliwość itp.

Badania te pozwoliły ustalić, że grunt księżycowy składa się w większości z cząstek o średnicach odpowiadających pyłom oraz drobnym piaskom. Grunt jest bardzo porowaty, a jego średnia gęstość wynosi ok.  $1,5 \text{ g/cm}^3$ . Grunt ma tendencję do tworzenia grudek, dzięki czemu przybiera strukturę ziarnistą. Porównawcze skale barw pozwoliły określić barwę gruntu księżycowego jako szarą.

Bliższych danych o gruncie księżycowym dostarczyły badania i obserwacje przeprowadzone przez astronautów Projektu Apollo. Zaobserwowali oni, że na powierzchni grunt jest miękki i bardzo delikatny. Po-



wierzchnia gruntu w miejscu odcisnięcia śladu butów astronautów staje się zupełnie gładka i błyszcząca. Astronaucci stwierdzili również, że grunt na dnie kraterów jest bardziej miękki niż na zboczach. Warstwa gruntu jest miękka do głębokości 5 do 20 cm i pobieranie szufelką próbek z tej warstwy nie przedstawia żadnej trudności. Głębiej grunt staje się twardy i bardziej sponisty. Wraz z głębokością wzrasta też zawartość odłamków skalnych.

Astronaucci potwierdzili wcześniejsze obserwacje, że grunt ma tendencję do tworzenia grudek, co świadczy o jego spoistości. Grudki te są czasami tak mocno spojone, że na pierwszy rzut oka trudno je odróżnić od odłamków skalnych, leżących luzem na powierzchni. Wg obliczeń astronautów, grudki gruntu stanowią ok. 10% większych fragmentów leżących na powierzchni.

Badania składu gruntu wykazały, że składa się on głównie z drobnych ułamków mineralnych, skalnych, drobnych szklistych kuleczek oraz niewielkiej domieszki materii meteorytycznej.

Zarówno ułamki skalne, jak i mineralne nie wykazują żadnych zmian zachodzących np. na Ziemi pod wpływem wody, tlenu itp. Ten typ wietrzenia skał można by porównać z wietrzeniem skał na Ziemi w warunkach polarnych, gdzie przeważa wietrzenie fizyczne skał.

Barwa wierzchniej warstwy zwietrzliny zależna jest głównie od rodzaju skał, z których powstała. Np. grunt z Morza Spokoju ma charakterystyczną barwę brunatną, natomiast grunt pobrany z Oceanu Burz ma barwę szarą. Niezależnie od tego barwa powierzchni Księżyca zmienia się w zależności od kąta padania promieni słonecznych. Kiedy Słońce stoi nisko nad horyzontem, powierzchnia Księżyca przybiera barwę szarą, przy Słońcu stojącym wyżej — brunatną.

Głębokość warstwy zwietrzliny leżącej na Księżycu zależna jest od wieku danej jednostki strukturalnej. Np. na wyżynach, które stanowią najstarszy element skorupy, warstwa zwietrzliny osiąga 20 m, podczas gdy na „morzach”, które są elementami dużo młodszymi, grubość warstwy waha się od 1÷3 do 3÷10 m. Obecność grubej warstwy zwietrzliny na wyżynach sprawia, że krajobraz tych obszarów różni się znacznie od krajobrazu „mórz”. Pierwotne kształty kraterów wyżynnych są silnie zatarte, a wielka ilość gruzu, zalegającego dna kraterów, sprawia, że stają się one nienormalnie płaskie i płytkie (tabl. II, fig. 7). Łańcuchy górskie natomiast, które są fragmentami wyżyn pociętych szeregiem uskoków, mają bardzo łagodne zbocza. Np. łańcuch Apenin księżycowych pod grubą pokrywą zwietrzliny robi wrażenie gór otulonych grubą warstwą śniegu (tabl. III, fig. 8).

Brunatna barwa skał księżycowych może sugerować, że i tu na jakąś skalę zachodzi wietrzenie chemiczne skał, choć do tej pory nie znaleziono np. żelaza trójwartościowego ani wody.

Bazalty księżycowe w świeżym przełamie mają barwę szarą. Istnienie brunatnej barwy na powierzchni tych skał nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśnione (S. O. Agrell, J. H. Scoon, I. D. Muir i in., 1970; E. M. Shoemaker, M. H. Hait, G. A. Swann i in., 1970).

## RUCHY MASOWE

Grawitacja na Księżycu jest jedynym czynnikiem, który powoduje przemieszczanie się mas skalnych. Przede wszystkim obsuwają się masy zwietrzliny, leżące na stokach kraterów, ale ruchowi temu podlegają również pojedyncze głazy i drobniejsze odłamki skalne. Na stromych wewnętrznych ścianach kraterów obserwuje się również zjawisko zawałów skalnych. Nadwątlone wietrzeniem skały osypują się do środka krateru tworząc olbrzymie gruzowiska wielkich bloków skalnych i masy zwietrzliny (tabl. III, fig. 9). Proces ten prowadzi do powolnego spłycaenia się kraterów i stopniowego wyrównania poziomu terenu.

We wnętrzu większych kraterów, a szczególnie kalder, obserwujemy koncentrycznie idące zawały, wskutek czego średnica krateru powiększa się, a jednocześnie kompletnemu zniszczeniu ulega powoli stożek krateru.

Osuwanie się mas zwietrzliny obserwuje się również na terenie łańcuchów górskich, wskutek czego stoki gór stają się z biegiem czasu bardziej łagodne. Podobny proces zachodzi na stokach szczelin, które przybierają kształt łagodnej doliny o przekroju przypominającym literę V, przy czym nachylenie stoków nie przekracza  $25^\circ$  (np. szczelina Hadleya).

## WULKANIZM I ZJAWISKA Z NIM ZWIĄZANE

Olbrzymie ilości danych, zebranych przez misje Apollo, pozwalają z całą pewnością stwierdzić, że kratery księżycowe są pochodzenia wulkanicznego (tabl. IV, fig. 10). Przy całkowitej analogii do wulkanizmu ziemskiego pamiętać jednak należy, że wulkanizm księżycowy działał w odmiennych warunkach niż te, które spotykamy na Ziemi. W tej chwili nie jesteśmy jeszcze w stanie odtworzyć w całości przebiegu tego procesu przy kompletnym braku atmosfery, silnych wahaniami temperatury między dniem a nocą oraz przy 6-krotnie zmniejszonej grawitacji (w porównaniu z ziemską).

Charakterystyczną cechą kraterów księżycowych jest to, że podobnie jak ziemskie wiążą się zawsze ze strefami słabości skorupy. Kratery rozsiane w olbrzymich ilościach na wyżynach tworzyły się w okresie, kiedy skorupa księżycowa była jeszcze stosunkowo cienka i łatwo ulegała rozerwaniu. Podobnie jak w przypadkach kraterów ziemskich i tu obserwujemy powstawanie kraterków wtórnych na stokach kraterów starszych. Do ogromnie interesujących zjawisk należą tzw. promienie rozchodzące się wokół większych kraterów, jak np. krateru Kopernika (tabl. IV, fig. 11), Tycho i wielu innych. Badania przeprowadzone w czasie misji Apollo 12 pozwoliły stwierdzić, że promienie te utworzone są z produktów wybuchów kraterów potomnych, tworzących się wzdłuż szczelin i rozchodzących się promieniście z dużych kraterów. Astronauci Apollo 12 wylądowali na obszarze jednej ze smug, rozchodzących się z krateru Kopernika. Badania materiału pobranego z tych smug wykazały, że skład jego jest identyczny ze składem popiołów wulkanów ziemskich.

Kratery księżycowe różnią się od ziemskich swymi rozmiarami, osiągając niespotykane na Ziemi rozmiary. Dotyczy to szczególnie kraterów wyżynnych, z których największy — Bailly — osiąga średnicę 300 km.

Kraterzy wyżynne różnią się od kraterów „morskich” rozmiarami oraz głębokością. Astronomowie obliczają, że najgłębszy z kraterów wyżynnych — Newton, położony w pobliżu bieguna południowego, osiąga głębokość ok. 9000 km (licząc od szczytu wału kraterowego do dna krateru). Kraterzy „morskie” są na ogół mniejsze i płytsze, osiągają średnicę maksimum 100 km.

Kraterzy księżycowe podzielić można na szereg grup. Do pierwszej grupy zaliczyć można olbrzymie kaldery, osiągające średnicę 100÷÷300 km. Charakteryzują się one płaskim dnem oraz obecnością grupy szczytów, położonych centralnie na dnie kaldery. Na szczytach widoczne są wyraźnie małe kraterki. Są to niewątpliwie formy pochodzenia wulkanicznego. Do zjawisk obserwowanych na dnie kalder należą również mniejsze kraterki, potoki zastygłej lawy oraz typowe kopuły wulkaniczne (tabl. V, fig. 12). Kopuły występują również wokół kraterów.

Niektóre kaldery zostały wtórnie wypełnione lawą tworzących się „mórz”. Dno takiego krateru ma ciemniejszą barwę niż otaczający je wał i jest kompletnie płaskie, bez grupy szczytów.

Do drugiej grupy należą kraterzy bez kalder (tabl. V, fig. 13). Są one dużo mniejsze i płytsze. I wreszcie trzecią grupę stanowią liczne kraterki na obszarze „mórz”. Średnica tych kraterków może wynosić nawet poniżej jednego metra. Możliwe, że są to po prostu ślady po pęcherzach gazowych. Gazy z potoków lawowych ulatniały się w przestrzeń w czasie zastygania potoku lawowego na powierzchni albo też blisko tej powierzchni w warunkach kompletnej próżni (W. E. Elston, 1965; R. L. Smith, 1966).

## DEFORMACJE SKORUPY KSIĘŻYCOWEJ

Na powierzchni Księżycy występują liczne deformacje nieciągłe skorupy księżycowej (tabl. VI, fig. 15). Mają one charakter uskoków, rowów tektonicznych itp. (G. Fielder, 1963 a, 1964). Deformacje te tworzyły się w różnych okresach i mają różne kierunki oraz charakter. Deformacje ciągłe, tj. fałdowanie się skorupy wskutek nacisku stycznego, nigdy nie miały tu miejsca. Łańcuchy górskie na Księżycu utworzone zostały przez liczne uskoki. Np. Apeniny księżycowe tworzą łańcuch o długości ok. 650 km. Wiele szczytów osiąga tu 3000÷÷6000 m ponad poziom Morza Deszczów, które obrzeża łańcuch Apenin od SE. Analiza tego obszaru wykazuje, że jest to fragment wyżyny anortozytowej, przeciętej licznymi uskokami o różnych kierunkach. Od strony Morza Deszczów łańcuch obcinają liczne uskoki, w wyniku czego powstaje z tej strony wysoka skarpa, górująca przeciętnie ok. 4000 m nad poziomem Morza Deszczów. Sam obszar łańcucha jest również pocięty licznymi uskokami, w wyniku czego powstało szereg bloków.

Na niektórych obszarach występuje szereg równoległych od siebie systemów rowów tektonicznych, jak np. na terenie Gór Haemus. Podobne systemy rowów znajdują się na Morzu Deszczów. Biegają one tu równolegle do krawędzi Apenin. Do najpiękniejszych form tego typu należy słynna Dolina Alpejska, przecinająca całe Alpy księżycowe od Morza Deszczów do Morza Zimna. Jest to właściwie podwójny rów tektoniczny — na dnie dość szerokiego rowu starszego powstał drugi, wielokrot-

nie od niego węższy. Młodszy rów ma przebieg sinusoidalny albo meandryczny, czym przypomina wijący się w dolinie górskiej potok (tabl. VI, fig. 14).

Do rzędu deformacji należą również wspomniane już promienie rozchodzące się wokół większych kraterów, jak np. krater Kopernik, Tycho i in. Wzdłuż tych promieni, ciągnących się setki kilometrów, tworzą się kraterki wtórne. Długość poszczególnych promieni w przypadku krateru Kopernika osiąga 140 km, podczas gdy średnice wtórnych kraterków osiągają od 1 do 5 km.

Na powierzchni Księżyca wyróżnić można całą sieć spękań o różnych kierunkach, tworzących niekiedy kratę. Deformacje te powstawały współcześnie z „morzami”, kraterami itp.

\* \* \*

Każda wyprawa na Księżyc, zarówno stacji automatycznych, jak i załóg ludzkich, wzbogaca naszą wiedzę o jedynym naturalnym satelicie Ziemi. Poznaliśmy już wiek niektórych jednostek geologicznych Księżyca oraz skały, z których są one zbudowane.

Mimo iż Księżyc kryje jeszcze wiele zagadek i tajemnic, już teraz możemy przyjąć, że jest on planetą powstałą jednocześnie z Ziemią, gdyż wiek najstarszych skał ziemskich i księżycowych jest mniej więcej taki sam.

Znajomość procesów i zjawisk geologicznych na Ziemi pozwala nam zrozumieć genezę wielu form geologicznych na Księżycu. Z drugiej strony, badając Księżyc możemy wiele zrozumieć z przeszłości samej Ziemi.

Muzeum Ziemi PAN  
Warszawa, Al. Na Skarpie 20/26  
Nadesłano dnia 10 września 1971 r.

## PIŚMIENICTWO

- AGRELL S. O., SCOON J. H., MUIR I. D., LONG J. V. P., MCCONNELL J. D. C., PECKET A. (1970) — Mineralogy and petrology of some lunar samples. *Science*, **167**, p. 583—586, nr 3918. Washington.
- APOLLO 11 — PRELIMINARY SCIENCE REPORT (1969) — NASA SP-214. Washington.
- APOLLO 12 — PRELIMINARY SCIENCE REPORT (1970) — NASA SP-235. Washington.
- BALDWIN R. B. (1968) — Lunar macons: another interpretation. *Science*, **162**, p. 1407—1408. Washington.
- ELSTON W. E. (1965) — Ryolite ash, flow plateaus, ring, dike complexes, calderas, lopoliths and Moon craters. *Geol. Prob. in Lunar Res. Ann. New York Acad. Sci.*, **123**, art. 2, p. 817—824. New York.
- FIELDER G. (1963 a) — Lunar tectonics. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, **119**, p. 65—94, nr 1. London.

- FIELDER G. (1963 b) — Nature of lunar maria. *Nature*, **198**, p. 1256—1260. London.
- FIELDER G. (1964) — Stripe-slip faulting in the Vaporum region of the Moon. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, **120**, p. 275—281, nr 2. London.
- HAPKE B. W., COHEN A. J., CASSIDY W. A., WELLS E. N. (1970) — Solar radiation effects in lunar samples. *Science*, **167**, p. 745—746, nr 3918. Washington.
- KOSOFSKY L. J., EL-BAZ F. (1970) — The Moon as viewed by Lunar Orbiter. NASA SP-200. Washington.
- KUIPER G. P. (1965) — Interpretation of Ranger VII records. Techn. Rept., part. II. Pasadena, California.
- SHOEMAKER E. M., HAIT M. H., SWANN G. A., SCHLEICHER D. L., DAHLEM D. H., SCHABER G. G., SUTTON R. L. (1970) — Lunar regolith at Tranquility Base. *Science*, **167**, p. 452—455, nr 3918. Washington.
- SMITH R. L. (1966) — Terrestrial calderas, associated pyroclastic deposits and possible lunar applications. The nature of the lunar surface. Proc. of the 1965 IAU-NASA Symp., p. 241—258. Baltimore.
- SURVEYOR — PROGRAM RESULTS (1969). NASA SP-184. Washington.
- TATSUMOTO M., ROSHOLT J. N. (1970) — Age of the Moon. An isotopic study of uranium—thorium—lead systematics of lunar samples. *Science*, **167**, p. 461—463, nr 3918. Washington.
- UREY H. C. (1968) — Mascons and the history of the Moon. *Science*, **162**, p. 1408—1410. Washington.
- WOOD J. A., DICKEY J. S., MARVIN U. B., POWELL B. N. (1970) — Lunar anorthosites. *Science*, **167**, p. 602—604, nr 3918. Washington.
- ИВАНОВ А., СТАХЕЕВ Ю., ТАРАСОВ Л. (1971) — Реголит из Моря Изобилия. *Наука и жизнь*, № 1, Издат. Правда. Москва.
- ПЕРВЫЕ ПАНОРАМЫ ЛУННОЙ ПОВЕРХНОСТИ (1969) — II, Издат. Наука. Москва.
- ПЕРЕДВИЖНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ НА ЛУНЕ ЛУНОХОД (1971) — II, Издат. Наука. Москва.
- ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ ЛУНЫ (1969) — Издат. Наука. Москва.

---

Крыстына НАВАРА

## О НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССАХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЯХ НА ЛУНЕ

### Резюме

Два государства проводят изучение Луны при помощи ракет, искусственных спутников и космических кораблей — СССР и США.

СССР проводит изучение Луны при помощи спутников „Луник“, „Луна“ и „Зонд“. Некоторые из этих спутников исследовали Луну с окололунной орбиты, другие садились на поверхность Луны. В прошлом году СССР производил исследования на Луне при помощи первого автоматического устройства Луноход I. Луноход I изучал лунное Море Дождей, его породы, кратеры, а также некоторые геофизические явления.

США, еще перед экспедициями Аполлона изучали Луну при помощи искусственных спутников типа Lunar Orbiter, а также космических кораблей без команды типа Surveyor. В настоящее время США высылают на Луну астронавтов по программе Аполлон.

Исследования производимые при помощи аппаратуры искусственных спутников, космических кораблей без команд и астронавтами по программе Аполлон, позволили собрать огромное количество научных данных, касающихся внутреннего строения Луны, её коры, геологических процессов и явлений, происходящих на Луне, а также лунных пород и минералов.

Луна является территорией исключительно благоприятной для геологических исследований, т. к. не имеет ни атмосферы, ни гидросферы. Поверхность Луны, вероятно, остается неизменной в течение многих миллионов лет. Весьма вероятно, что поверхность Земли в тот период, когда у нее ещё не было гидросферы, была очень похожа на лунную. Наличие атмосферы и гидросферы, также как длительность многих геологических процессов, полностью изменили поверхность нашей планеты.

Сейсмические исследования Луны показали, что сейсмические толчки на Луне очень редки и очень слабы. Весьма возможно, что глубины Луны полностью погасли. Отсутствие сейсмической деятельности является причиной того что мы не можем определить внутреннее строение Луны также, как определяем внутреннее строение Земли.

На Луне можно наблюдать деятельность тех же самых геологических процессов, что и на Земле: выветривание пород, движение масс, вулканическую деятельность, деформацию лунной коры.

Каждая экспедиция на Луну обогащает наши знания о нашем естественном спутнике. Лунные породы исследуются в земных лабораториях. Сейчас мы уже знаем типы породы, залегающих на Луне, минералы и их возраст. Самые древние лунные породы имеют тот же возраст, что древние земные породы и поэтому нам кажется, что обе эти планеты образовались в одно и то же время.

Наше знание геологических процессов на Земле помогает понять соответствующие процессы на Луне. С другой стороны — исследования Луны помогают нам понять прошлое Земли.

---

Krystyna NAWARA

## ON SOME GEOLOGICAL PROCESSES AND PHENOMENA ON THE MOON

### Summary

Two states investigate the Moon using the rockets, artificial satellites and spacecrafts — Soviet Union and United States of America.

Soviet Union has investigated the Moon using satellites Lunnik-, Luna and Sonda. Some of these spacecrafts investigated the Moon from the lunar orbit and some landed on the lunar surface. Last year Soviet Union investigated the Moon using the first automatic vehicle — Lunochod 1. Lunochod investigated lunar Sea of Rains, its rocks and craters and some geophysical phenomenons.

Before Apollo missions United States had investigated the Moon using satellites Lunar Orbiter and unmanned spacecrafts Surveyor. Now United States send the astronauts of Apollo project to the Moon.

The artificial satellites and unmanned spacecrafts and astronauts of Apollo project gathered a lot of scientific data concerning internal structure of the Moon, structure of its crust, geological processes and phenomenons on the Moon and lunar rocks and minerals.

The lunar surface is very convenient for geological investigations because the Moon has neither atmosphere and nor hydrosphere. The surface of the Moon is probably unchanged for many millions years. It is very possible that the surface of the Earth resembled the surface of the Moon when our planet had no hydrosphere. The existence of terrestrial atmosphere and hydrosphere and activity of many geological processes have completely changed the surface of our planet.

The seismic investigations on the Moon have proved that seismic shocks on the Moon are very rare and very weak. It is very possible that the interior of the Moon is quite extinguished. And that is why we cannot define internal structure of the Moon in similar manner as we have defined the internal structure of the Earth. We can only suppose that the interior structure of the Moon is very similar to that of the Earth.

We can observe the same geological processes on the Moon as on the Earth—weathering of the rocks, rock — and debris falls and slides, vulcanism and deformations of the lunar crust.

Every mission to the Moon enriches our knowledge about our natural satellite. Lunar rocks are investigated in terrestrial laboratories. Now we know the kinds of lunar rocks, lunar minerals and their ages. The eldest rocks of the Moon have the same ages as the terrestrial eldest rocks. and it seems that the both planets were created at the same time. Our knowledge of geological processes on the Earth helps us to understand similar processes on the Moon. But the investigations of the Moon help us to understand the past of the Earth.

*Author's translation*

## TABLICA I

Fig. 4. Krater-widmo leżący na jednym z „mórz” księżycowych. Stary krater wyżynny został prawie całkowicie zatopiony przez lawę. Ponad poziomem lawy widoczny jest tylko szczyt krateru w postaci wąskiego pierścienia. Na prawo od krateru-widma widoczne są dwa kratery „morskie”.

Fot. Lunar Orbiter 4, maj 1967

The phantom-crater on the lunar „sea”. This old crater of the lunar highland has been flooded by lava flows so that only a narrow rim is visible. Two „marine” craters are seen to the right.

Phot. Lunar Orbiter 4, May 1967

Fig. 5. Stare kratery na wyżynie zatopione przez lawę Morza Żyzności. Szczeliny powstałe w czasie krzepnięcia lawy przecinają zarówno równinę, jak i kratery. Na pierwszym planie krater Goclenius.

Fot. Apollo 8, grudzień 1968

The older craters on the highland were flooded by the lava flows. The rilles formed during the solidification of lava flows cut the plain among the craters and the also the craters On the foreground crater Goclenius.

Phot. Apollo 8, December 1968



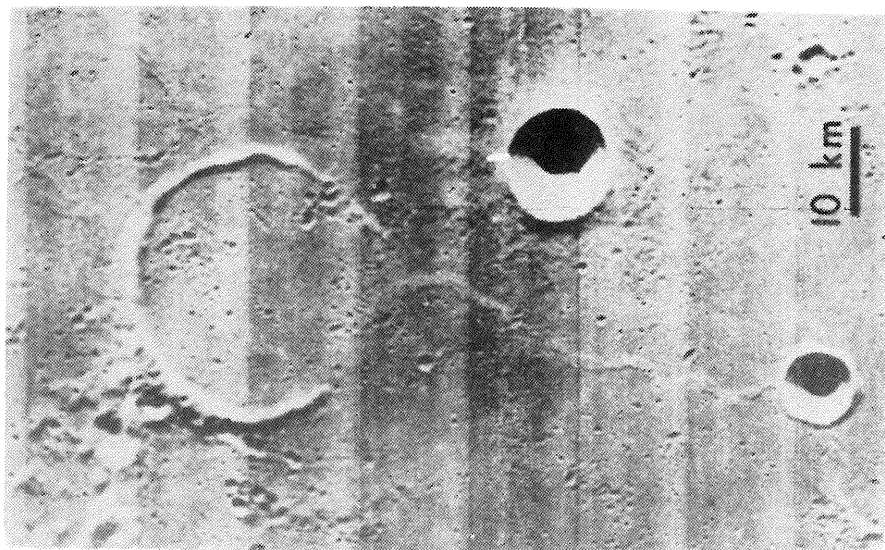


Fig. 4

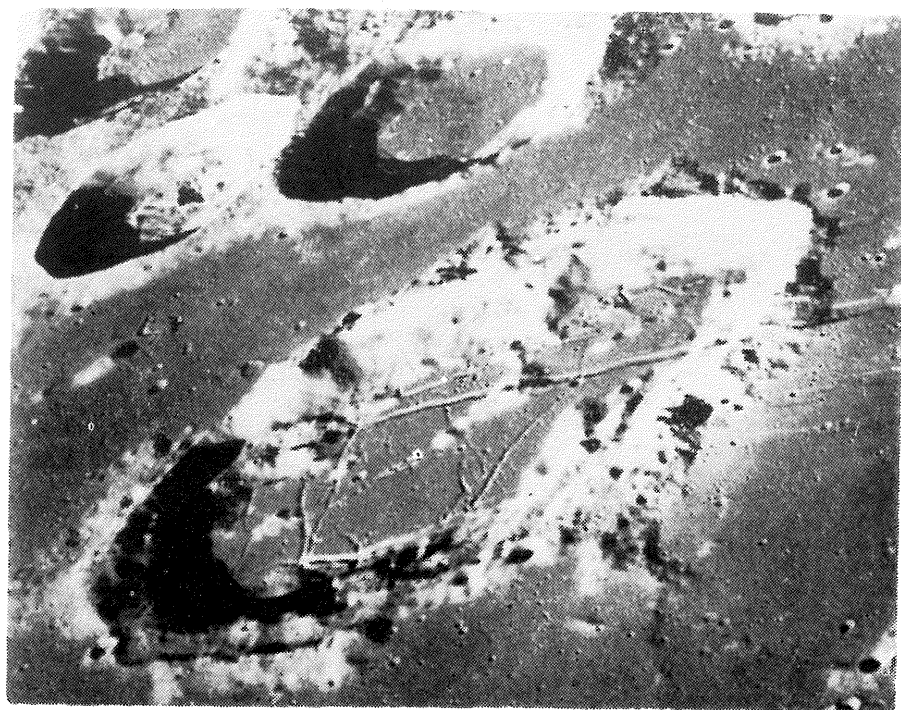


Fig. 5

## TABLICA II

Rig. 6. Szczątki starych kraterów na wyżynie Fra Mauro.

Fot. Apollo 14, luty 1971

The remains of the old craters on Fra Mauro formation.

Phot. Apollo 14, February 1971

Fig. 7. Krajobraz wyżynny na Księżycu. Stare kratery są silnie zniszczone i pokryte grubą warstwą zwietrzliny. Długotrwałe procesy wietrzenia skał księżycowych zatarły pierwotną rzeźbę.

Fot. Apollo 10, maj 1969

The landscape of the lunar highland. Very old craters are strongly destroyed and covered by a thick layer of the waste. The long-lasting processes of weathering of lunar rocks blurred primary relief of the highland.

Phot. Apollo 10, May 1969

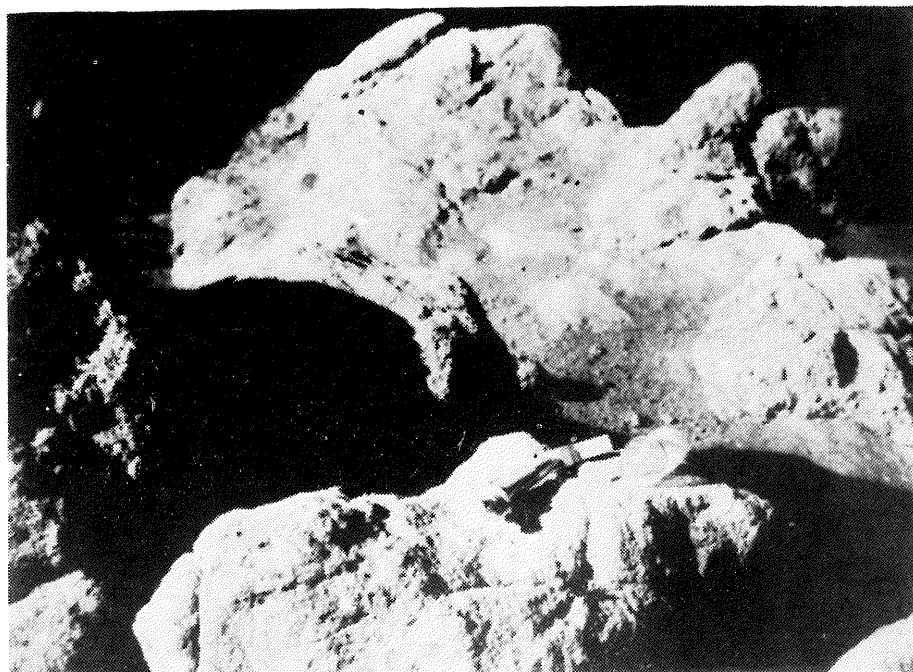


Fig. 6



Fig. 7

Krystyna NAWARA — O niektórych procesach i zjawiskach geologicznych na Księżycu

### TABLICA III

Fig. 8. Apeniny księżycowe pokryte grubą warstwą zwietrzeliny, w wyniku czego zarysy gór stały się bardzo łagodne. Na pierwszym planie zbocze krateru pokryte gruzem skalnym.

Fot. Apollo 15, sierpień 1971

The lunar Apennine Mountains covered with thick layer of the waste. Under this layer the sculpture of the mountains has become very soft. On the foreground is visible the slope of the crater which is covered with the rubble.

Phot. Apollo 15, August 1971

Fig. 9. Krater Aristarchus położony na Oceanie Burz. Widoczne są tu koncentryczne osuwiska na wewnętrznych stokach krateru. Na jego dnie znajduje się grupa szczytów centralnych. Stoki zewnętrzne pokryte są licznymi potokami lawy.

Fot. Lunar Orbiter 5, sierpień 1967

The crater Aristarchus on Oceanus Procellarum. The numerous concentric landslides are visible on the internal slopes of the crater. On the floor of the crater are visible groups of central peaks. The external slopes are covered by lava flows.

Phot. Lunar Orbiter 5, August 1967

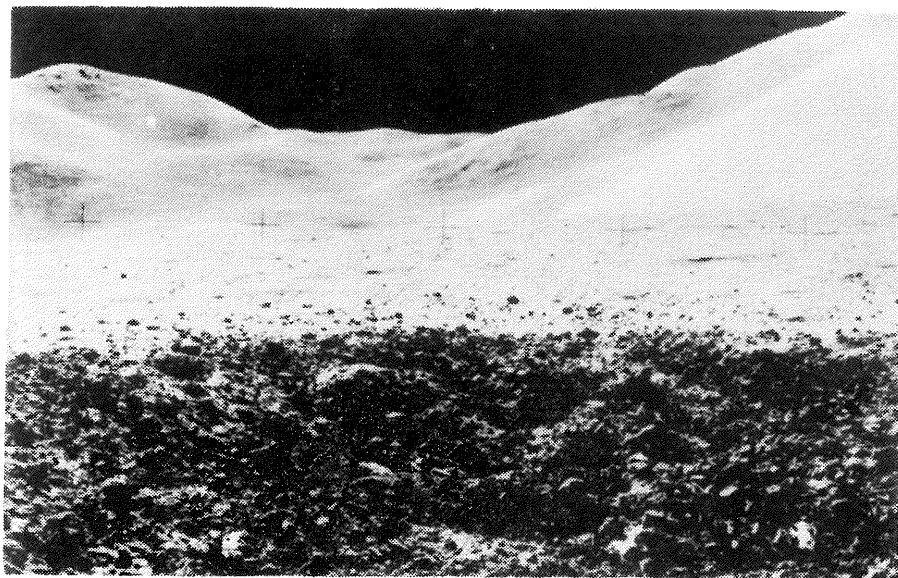


Fig. 8

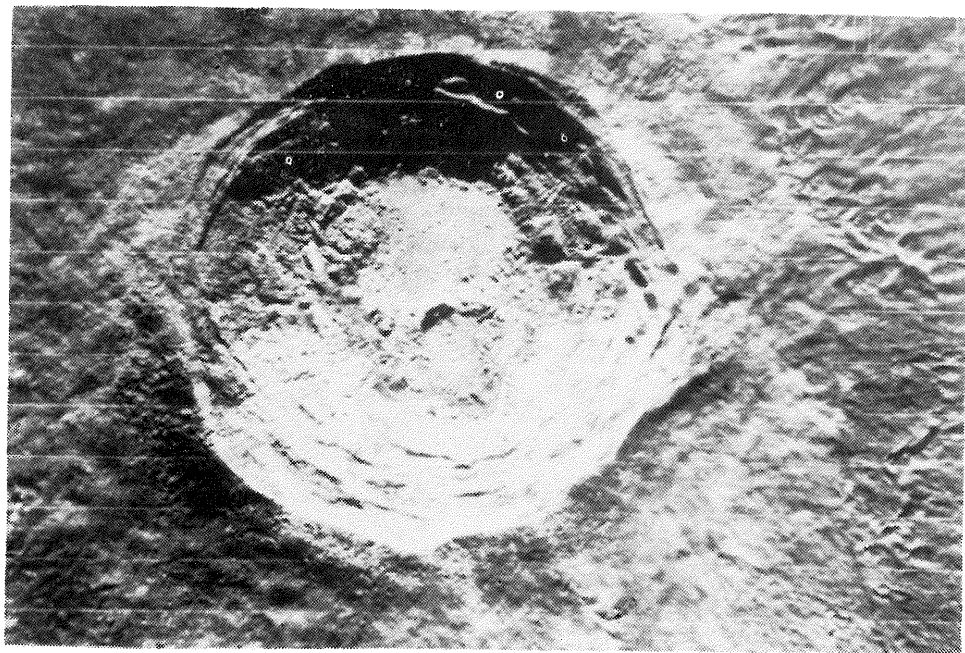


Fig. 9

#### TABLICA IV

Fig. 10. Krajobraz „morski” na Księżycu — Sinus Medii. Krater Triesnecker (na lewo u dołu) ma stosunkowo dobrze zachowane kształty. Powierzchnię „morza” przecinają liczne szczeliny powstałe prawdopodobnie w czasie krzepnięcia lawy.

Fot. Apollo 10, maj 1969

The landscape of the lunar „sea” — Sinus Medii. The crater Triesnecker (lower left) has relatively well preserved its shape. Numerous rilles cut the surface of the „sea”. Probably they were formed during the solidification of basaltic lava flows.

Phot. Apollo 10, May 1969

Fig. 11. Wtórne kraterki krateru Kopernik. Łańcuchy kraterków ciągną się wzdłuż długich szczelin, tworzących promienie wokół Kopernika.

Fot. Lunar Orbiter 4, maj 1967

The secondary craters of Copernicus. The chains of these craters are arranged along the rays of Copernicus.

Phot. Lunar Orbiter 4, May 1967

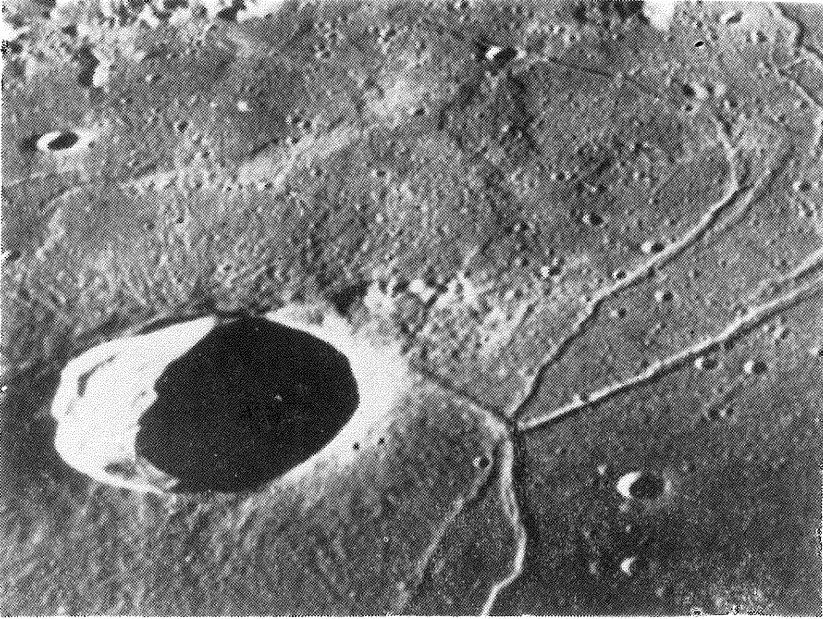


Fig. 10

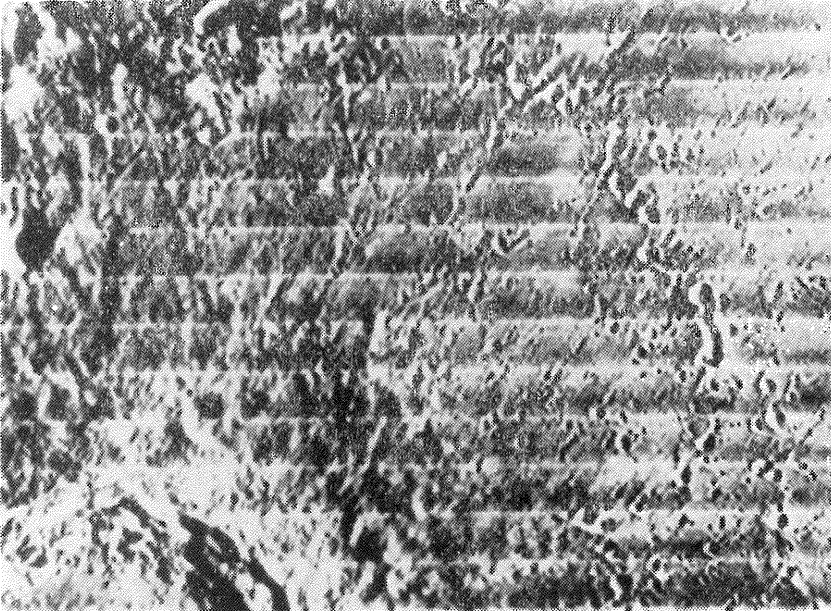


Fig. 11

#### TABLICA V

Fig. 12. Fragment północnej części dna krateru Aristarchus. Widoczne są tu liczne potoki lawy, kopuły wulkaniczne oraz szczeliny.

Fot. Lunar Orbiter 5, sierpień 1967

Fragment of northern part of Aristarchus crater floor. The numerous lava flows, volcanic domes and crevasses are visible on the floor.

Phot. Lunar Orbiter 5, August 1967

Fig. 13. Wnętrze bezimiennego krateru, wypełnione zastygłymi potokami lawy. Krater leży na odwrotnej stronie Księżyca.

Fot. Apollo 10, maj 1969

The solidified lava flows fill the unnamed crater on the far side of Moon.

Phot. Apollo 10, May 1969



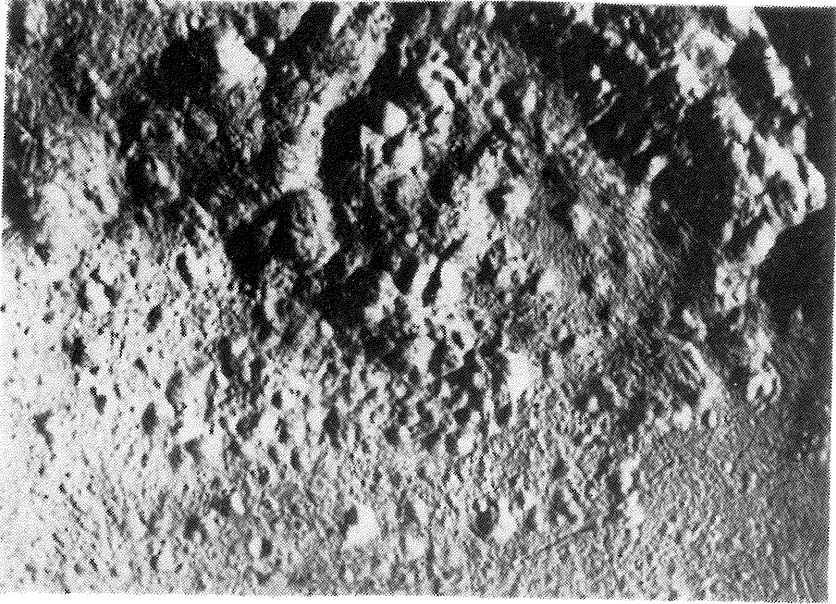


Fig. 12



Fig. 13

## TABLICA VI

Fig. 14. Szczelina Hyginusa na Morzu Par. W szczelinie występuje szereg kraterów, z których największy ma średnicę około 6,5 km.

Fot. Apollo 10, maj 1969

The Hyginus Rille on Mare Vaporum. The numerous craters are situated in this rille. The greatest of them has diameter about 6,5 km.

Phot. Apollo 10, May 1969

Fig. 15. Dolina Alpejska przecinająca Alpy księżycowe. Jest to typowy rów tektoniczny, w którego środku powstał drugi, węższy rów. Mniejszy rów przypomina wijącą się rzekę, wpadającą do morza. U góry fotografii Morze Deszczów.

Fot. Lunar Orbiter 5, sierpień 1967

The Alpine Valley cutting the lunar Alps is a fault-bounded rift valley, filled with lava. In the center of this valley the younger rille is seen. It reminds a river running to the sea. The Sea of Rains is seen at the top.

Phot. Lunar Orbiter 5, August 1967

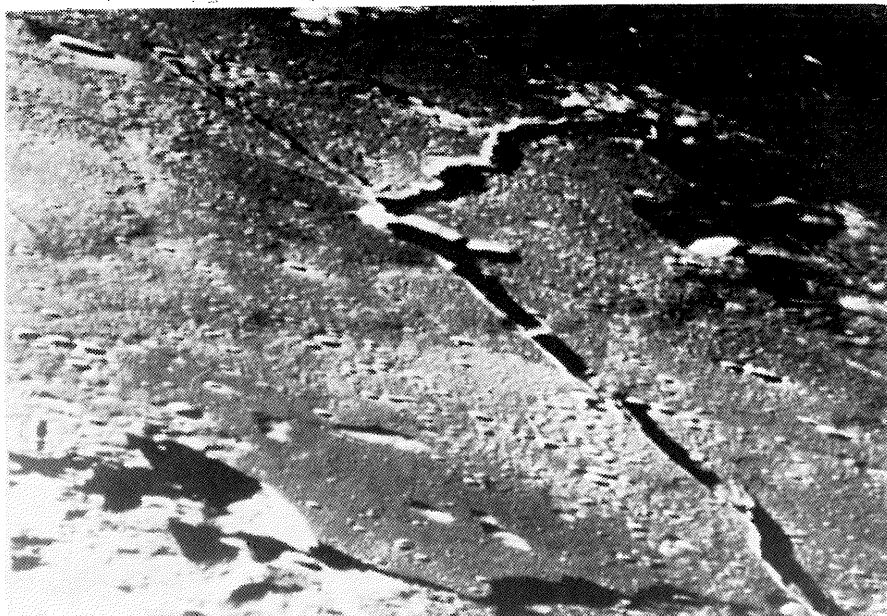


Fig. 14



Fig. 15