

Krystyna NAWARA

O pierwszych wynikach badań geologicznych Merkurego*

W dniu 3 XI 1973 r. wystrzelony został w USA statek kosmiczny Mariner 10, wyposażony w szereg instrumentów do badania fizyki planet oraz w dwie kamery telewizyjne. Zadaniem Marinera 10 było dotarcie do dwu wewnętrznych planet Układu Słonecznego — Wenus i Merkurego oraz przesłanie z bliskich odległości fotografii tych planet i szeregu danych dotyczących ich fizyki.

Po trzech miesiącach lotu Mariner 10 dotarł w pobliże Wenus i przesłał na Ziemię kilka tysięcy fotografii tej planety oraz szereg danych fizycznych. W miesiąc później dotarł do Merkurego i przelatując w odległości zaledwie 720 km od jego powierzchni ponownie przesłał na Ziemię analogiczne dane. Po minięciu Merkurego Mariner 10 wszedł na orbitę zbliżoną do orbity tej planety, dzięki czemu w dniu 22 IX 1974 r. nastąpiło powtórne zbliżenie statku do Merkurego i przesłanie szeregu nowych danych oraz fotografii.

Merkury jest najmniejszą ze wszystkich planet naszego Układu Słonecznego, a jednocześnie planetą krążącą najbliżej Słońca. Średnica Merkurego wynosi około 4840 km, jego średnia gęstość 5,3 g/cm³. Obiega on Słońce po bardzo wydłużonej, eliptycznej orbicie, której peryhelium wynosi 46 000 000 km, aphelium 70 000 000 km, zaś średnia odległość od Słońca 57 850 000 km. Nachylenie orbity względem ekliptyki wynosi 7°00'15".

Ze względu na bliskość Słońca i jego silny blask, Merkury widoczny jest z Ziemi tylko wówczas, gdy znajduje się w punktach największej elongacji swej orbity, tj. w punktach najdalej leżących od Słońca. Dlatego też obserwacje Merkurego można prowadzić jedynie tuż przed wschodem Słońca albo zaraz po jego zachodzie, gdyż Merkury jako planeta leżąca najbliżej Słońca staje się szybko niewidoczny w ciągu dnia, a wieczorem szybko zachodzi. Nie można obserwować Merkurego także w okresie, kiedy przechodzi na tle tarczy słonecznej (tabl. I, fig. 1). Ba-

* Informacje zawarte w niniejszym artykule pochodzą z szeregu opracowań opublikowanych w amerykańskim czasopiśmie Science (1974), Waszyngton.

dania prowadzone przez ziemskie obserwatoria są zatem znacznie utrudnione. Mapy powierzchni Merkurego sporządzone na podstawie tych badań przedstawiają jedynie mozaikę jaśniejszych i ciemniejszych plam. Stwierdzono, że wśród plam o różnym zabarwieniu przeważa żółty kolor (tabl. I, fig. 2).

Merkury obiega Słońce w ciągu 88 dni ziemskich (tyle trwa rok merkuriański). Do niedawna sądzono, że zwraca on ku Słońcu stale tę samą stronę, podobnie jak Księżyc zwraca stale tę samą stronę ku Ziemi. Badania radarowe prowadzone od 1965 r. pozwoliły ustalić, że obrót Merkurego wokół własnej osi jest niezmiernie powolny i trwa 180 dni, w związku z czym doba jest tu ponad dwukrotnie dłuższa od roku merkuriańskiego.

Badania Mariner 10 pozwoliły ustalić, że na powierzchni Merkurego panuje olbrzymia rozpiętość temperatur osiągnąca 500°C. Na półkuli zwróconej ku Słońcu panuje temperatura ok. 330°C, podczas gdy na półkuli nocnej panuje wówczas temperatura -174°C. Ta olbrzymia rozpiętość temperatur, nie spotykana na innych planetach, jest wynikiem ogromnie rzadkiej atmosfery Merkurego. Stwierdzono, że gęstość tej atmosfery stanowi zaledwie 0,1% gęstości atmosfery ziemskiej. W skład atmosfery Merkurego wchodzi gazy (wodór, hel, argon, neon), których źródłem jest prawdopodobnie głównie wiatr słoneczny. Ogromnie rzadka atmosfera Merkurego sprawia, że elementy jego powierzchni są równie ostro widoczne jak elementy Księżyca.

Badania Mariner 10 pozwoliły również ustalić, że Merkury ma bardzo słabe pole magnetyczne, którego natężenie wynosi zaledwie ok. 1% natężenia pola magnetycznego Ziemi.

Merkury nie ma swego naturalnego satelity, podobnie jak sąsiadująca z nim Wenus. Obie te planety stanowią pod tym względem wyjątki wśród planet naszego Układu Słonecznego.

Mariner 10 przesłał na Ziemię kilka tysięcy fotografii powierzchni Merkurego wykonanych z różnych odległości. Fotografie przeszły swą doskonałością wszelkie oczekiwania. Mimo, iż były przesłane z odległości ok. 150 000 000 km odznaczają się niezwykle dobrą rozdzielczością. Nie ustępują jakością fotografiom Księżyca, wykonanym przez sztuczne satelity oraz przez astronautów programu Apollo. Pozwoliły one na potwierdzenie wyników badań radarowych powierzchni Merkurego, które wykazały obecność kraterów o różnych średnicach. Kamery Mariner 10 wykonywały fotografie powierzchni Merkurego co 42 sekundy — począwszy od momentu, kiedy statek znajdował się w odległości kilku milionów kilometrów od planety. Największe zbliżenie Mariner 10 do powierzchni Merkurego wynosiło ok. 720 km.

Analiza kilku tysięcy fotografii powierzchni Merkurego pozwoliła ustalić jej ogromne podobieństwo do powierzchni Księżyca i Marsa (tabl. II, fig. 3). Podobnie jak na powierzchniach obu tych planet w przypadku Merkurego obserwujemy również podział na wyżyny — obszary o jaśniejszym zabarwieniu — usiane licznymi kraterami (które są wyraźnie starsze niż kratery „mórz”), oraz obszary ciemniejsze, gładze, pokryte potokami lawy, nazwane podobnie jak w przypadku Księżyca „morzami”. Na obszarze „mórz” kratery są mniejsze i lepiej zachowane. Widoczny jest niekiedy wyraźnie kolisty zarys „mórz” merkuriańskich,

podobnych do niektórych „mórz” księżycowych (tabl. II, fig. 4). Dominującymi formami na powierzchni Merkurego są jednak kratery. Większość z nich to wyraźne stożki, na szczytach których występują kaldery. W dnach kalder widoczne są również grupy szczytów centralnych. Cechy te świadczą o wulkanicznym pochodzeniu kraterów merkuriańskich (tabl. III, fig. 5; tabl. IV, fig. 6, fig. 7). Kratery Merkurego różnią się od kraterów księżycowych obecnością śladów przypominających działania erozji wodnej na Ziemi oraz większym spłaszczeniem i cieńszymi krawędziami. We wnętrzu większych kraterów merkuriańskich widoczne są potoki zastygłej lawy oraz mniejsze kraterki. Wokół niektórych wielkich kalder obserwuje się promieniste spękania, wzdłuż których powstało szereg kraterków potomnych. Podobne zjawiska spostrzega się na Księżycu (np. krater Kopernik, Tycho). Rozmiary kraterów merkuriańskich są bardzo różne. Największe z dotychczas dostrzeżonych mają średnicę ok. 200 km, najmniejsze natomiast — ok. 150 metrów (tabl. V, fig. 8).

Na fotografiach widoczne są również liczne deformacje skorupy merkuriańskiej, przecinające głównie obszary wyżynne. Mają one kształt rowów o przebiegu prostoliniowym albo meandrycznym. Widoczny na tabl. III, fig. 4 rów ma długość ok. 100 km, a szerokość ok. 7 km.

Na powierzchni Merkurego nie zauważono do tej pory łańcuchów górskich podobnych do tych, jakie występują na Księżycu. Stwierdzono jedynie istnienie wysokich skarp albo klifów, ciągnących się niekiedy na przestrzeni kilkuset kilometrów.

Podobnie jak w przypadku Księżycy i Marsa i tu obserwujemy działalność ruchów masowych. Są one szczególnie dobrze widoczne w wielkich kalderach. W dnach kalder, w wyniku ciągłego obsuwania się materiału skalnego z ich wewnętrznych ścian, utworzyły się tarasy zbudowane z gruzu skalnego, spływające te zagłębienia.

Dla geologów byłoby rzeczą ogromnie interesującą ustalenie wieku skał merkuriańskich, jak również różnic między wiekiem wyżyn i „mórz”. Równie pasjonującym problemem jest zagadnienie składu chemicznego i mineralnego skał merkuriańskich, ich podobieństw i różnic w zestawieniu ze skałami innych planet. Dane te pomogłyby zrozumieć przebieg procesów, które kształtowały w przeszłości powierzchnie planet położonych najbliżej Słońca.

Interesujący jest fakt, że Merkury ma wyjątkowo dużą średnią gęstość, wynoszącą aż $5,3 \text{ g/cm}^3$. Tym samym zajmuje pod tym względem drugie miejsce wśród planet Układu Słonecznego — po Ziemi, której gęstość średnia wynosi $5,5 \text{ g/cm}^3$ (średnia gęstość Wenus wynosi $5,2 \text{ g/cm}^3$, Marsa już tylko $3,9 \text{ g/cm}^3$, Księżycy $3,34 \text{ g/cm}^3$). Dane te wskazywałyby na to, że Merkury ma wyjątkowo duże jądro, które skupia w sobie materię o największej gęstości. Jądra planet składają się prawdopodobnie głównie z plazmy, dlatego są źródłem wysokich temperatur, pola magnetycznego i wielu innych zjawisk. Na podstawie badań programu Apollo stwierdzono na przykład, że jądro Księżycy jest bardzo małe — jego promień stanowi zaledwie ok. $1/4$ promienia Księżycy, podczas gdy np. promień jądra Ziemi stanowi blisko $1/2$ promienia tej planety.

Dane zebrane o Merkuryem pozwalają wnioskować, że planeta ta prze-

chodziła przez podobne stadia rozwoju co Ziemia, Mars i Księżyc. Gorący, rozpalony glob powoli pokrywał się grubą skorupą. Jego powierzchnię ukształtowały głównie procesy wulkanizmu. Jedyne procesy, które zmieniają obecnie jego powierzchnię są wietrzenie i ruchy masowe.

*

Badania kosmiczne prowadzone w ciągu ostatnich kilkunastu lat ułatwiły poznanie kilku planet Układu Słonecznego oraz szeregu procesów, które kształtowały ich powierzchnie. Przy okazji stwierdzono wielką niejednorodność budowy planet. Bliżej Słońca skupiają się planety stosunkowo niewielkie, o dużej średniej gęstości i dużej zawartości pierwiastków ciężkich w skałach skorupy. Powierzchnie tych planet wykazują zdumiewające podobieństwo pod względem wyglądu oraz procesów, które je ukształtowały. Wśród procesów tych na pierwsze miejsce wysuwa się wulkanizm. Świadczą o tym ogromne ilości stożków wulkanicznych na powierzchniach tych planet, potoki lawy rozlane na olbrzymich obszarach „mórz” oraz obecność innych produktów wybuchów wulkanicznych. Nieznana jest bezpośrednio powierzchnia Wenus, ale badania radarowe wykazały, że i ona pokryta jest licznymi kraterami i wygląda prawdopodobnie tak samo jak pozostałe planety.

Z wyjątkiem Ziemi wszystkie te planety pozbawione są hydrosfery oraz życia organicznego. Jedyne Wenus ma gęściejszą atmosferę, zaś pozostałe planety są niemal jej pozbawione. Brak hydrosfery powoduje, że procesy geologiczne, które kształtowały powierzchnie planet są łatwe do zaobserwowania. Stanowi to doskonałą okazję do badań procesów, które kształtowały i nadal kształtują naszą planetę, na której gruba powłoka wodna uniemożliwia bezpośrednie obserwacje struktur i procesów (np. w granicach głębokich basenów morskich).

W rzędzie tych kilku najmniejszych planet — od Merkurego do Marsa możemy szukać jedynie klucza do rozwiązania historii Ziemi. Planety krążące poza Marsem mają wyjątkowo małą gęstość średnią i składają się głównie z gazów. Nie mają one twardej skorupy i nigdy prawdopodobnie nie będą przedmiotem badań geologicznych. Mogą nam jednak pomóc wyjaśnić w jaki sposób przebiegały procesy, które doprowadziły do utworzenia się planet Układu Słonecznego.

Muzeum Ziemi PAN
Warszawa, Al. Na Skarpie 20/26
Nadesłano dnia 25 września 1974 r.

Крыстына НАВАРА

О ПЕРВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МЕРКУРИЯ

Резюме

Американский космический корабль Маринер 10 передал на Землю несколько тысяч фотографий поверхности Меркурия, а также ряд данных о физике этой планеты. Фотографии

поверхности Меркурия позволяют установить, что она очень похожа на лунную. Так же как и на Луне здесь наблюдаются возвышенности и „морья”. Видны также многочисленные кратеры, трещины, потоки лавы и т.п. формы, известные нам на Луне.

Научной аппаратурой Маринера 10 изучалось магнитное и гравитационное поле, а также была установлена средняя плотность Меркурия. Исследовалась плотность и состав атмосферы планеты и ряд других физических параметров.

Krystyna NAWARA

ON THE FIRST RESULTS OF GEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF MERCURY

Summary

The American spacecraft Mariner 10 sent to the Earth several thousands of pictures of the mercurian surface and also many data concerning the physical conditions of Mercury as a planet. Pictures of the mercurian surface permit to establish that close similarities exist to the surface of the Moon. The mercurian surface is differentiated into highlands and „maria”. Many craters, rilles, lava flows and others forms known from the Moon can be observed.

The scientific instruments of Mariner 10 investigated the magnetic field, gravitational field, median density of the planet, and the density and chemical composition of the mercurian atmosphere.

TABLICA I

Fig. 1. Następstwo faz Merkurego na niebie wieczornym (na lewo) oraz na porannym (na prawo) wg P. Guerina; Science 41, 46
Succession of mercurian phases in the evening (left) and in the morning (right) according to P. Guerin; Science 41, 46

Fig. 2. Mapa powierzchni Merkurego, sporządzona na podstawie obserwacji i fotografii obserwatorium Pic du Midi

Map of Mercury based on the pictures and observations taken by the Pic du Midi Observatory

TABLICA II

Fig. 3. Południowa półkula Merkurego widziana z odległości ok. 200 000 km. Średnica największego krateru wynosi ok. 200 km; fot. Mariner 10, marzec 1974 r.
The southern hemisphere of Mercury seen from the distance of about 200 000 km. The diameter of the greatest crater is about 200 km; phot. by Mariner 10, March 1974

TABLICA III

Fig. 4. Wyżyny i „morza” na powierzchni Merkurego. Widoczna jest tu również deformacja skorupy merkuriańskiej; fot. Mariner 10 z odległości 21 700 km, marzec 1974 r.

Highlands and „maria” of the surface of Mercury. Deformation of the mercurian crust may be seen to the right; phot. by Mariner 10 from 21 700 km distance, March 1974

Fig. 5. Krater Kuipera na powierzchni Merkurego. Średnica krateru wynosi ok. 80 km. W jego wnętrzu znajduje się mniejszy krater o średnicy 40 km; fot. Mariner 10 z odległości 88 450 km, marzec 1974 r.

Kuiper Crater on the surface of Mercury is about 80 km in diameter. The diameter of the smaller crater lying inside of Kuiper is about 40 km; phot. by Mariner 10 from 88 450 km distance, March 1974

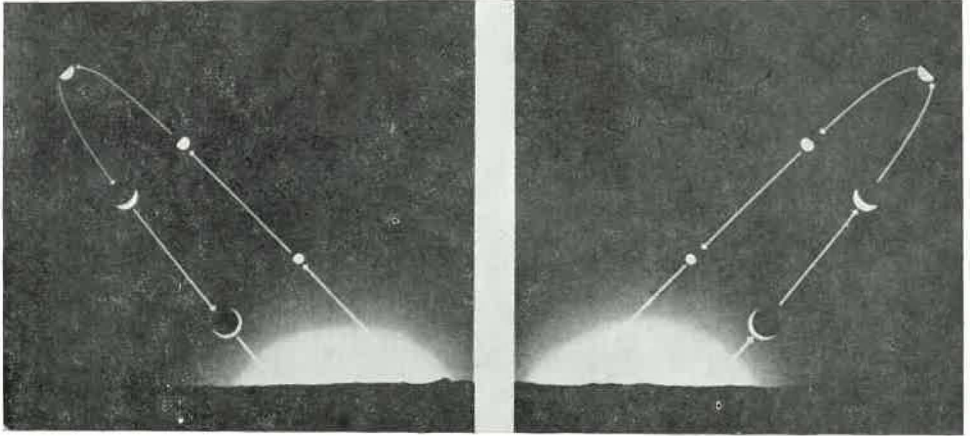


Fig. 1

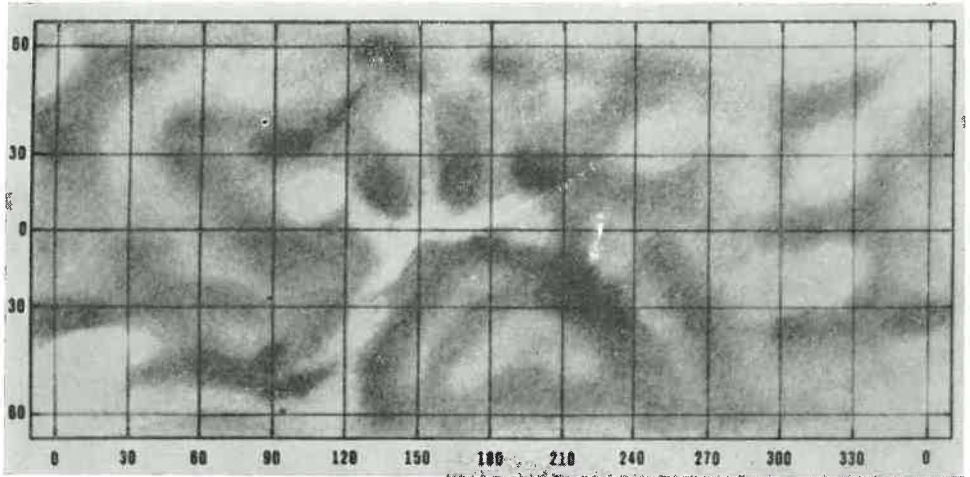


Fig. 2

Krystyna NAWARA — O pierwszych wynikach badań geologicznych Merkurego

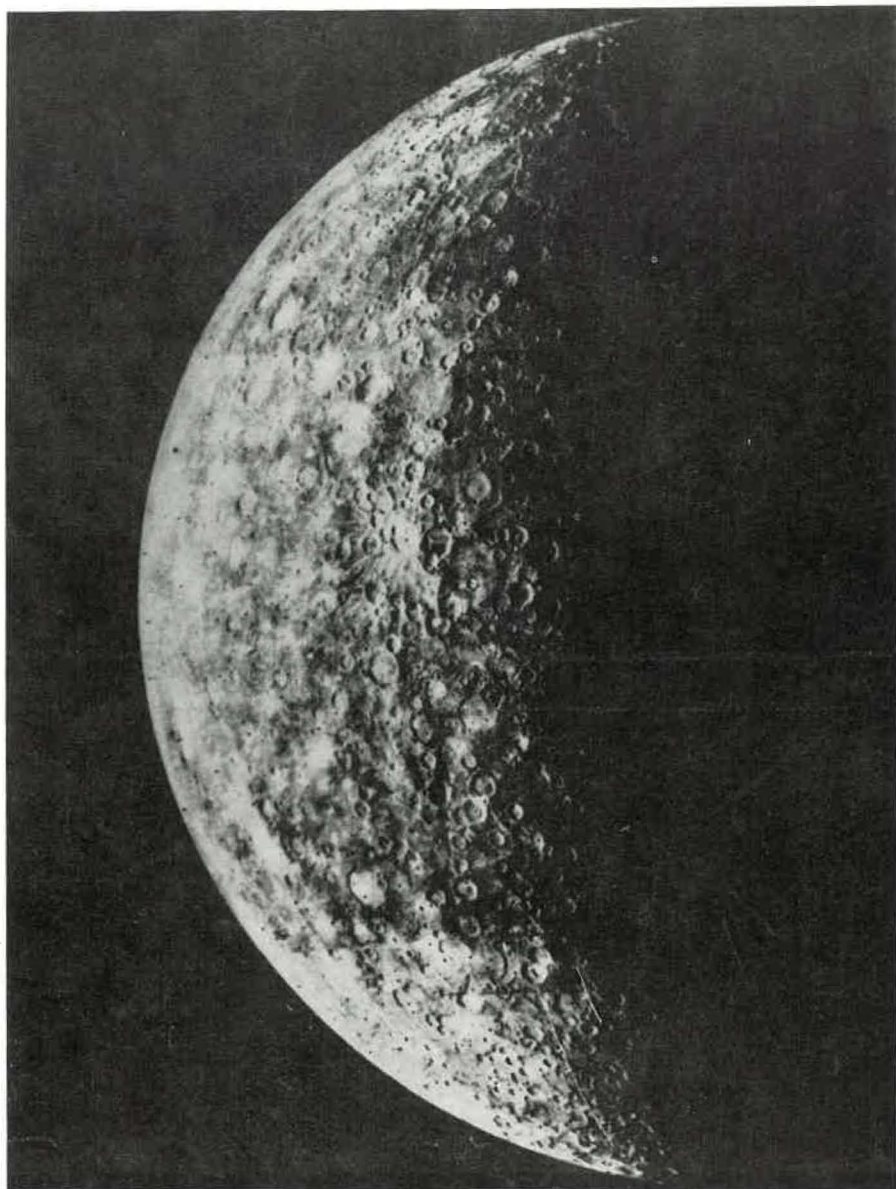


Fig. 3

Krystyna NAWARA — O pierwszych wynikach badań geologicznych Merkurego



Fig. 4



Fig. 5

Krystyna NAWARA — O pierwszych wynikach badań geologicznych Merkurego

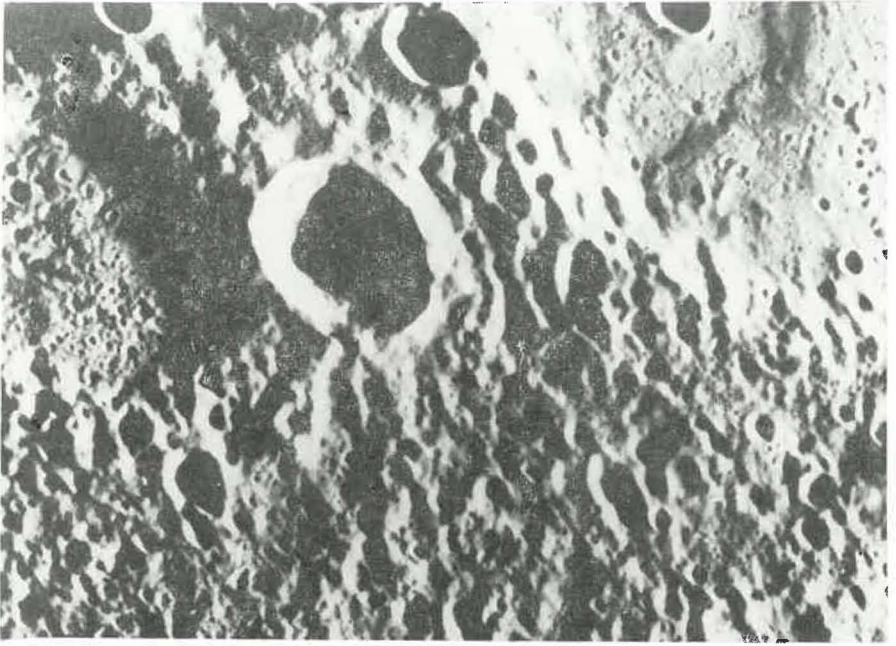


Fig. 6

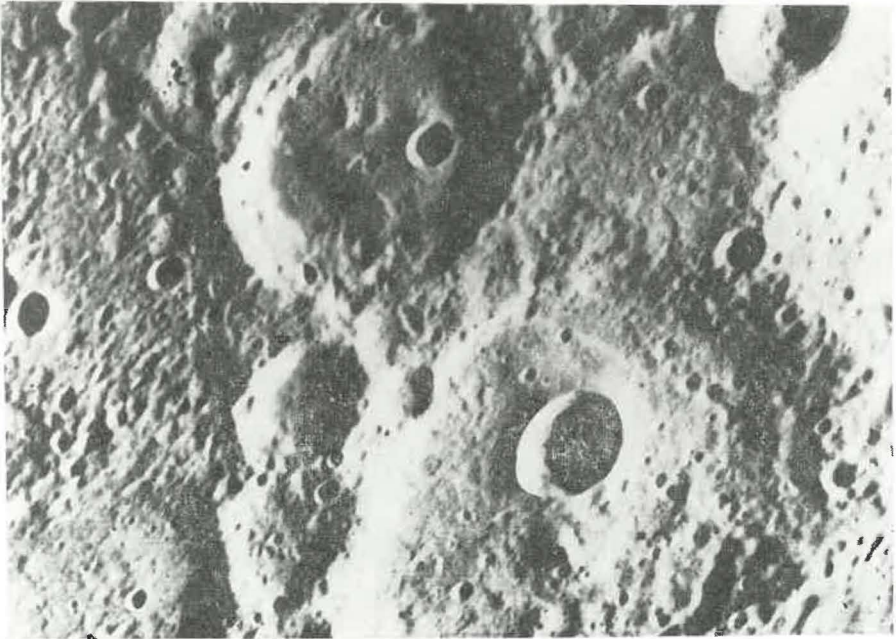


Fig. 7

Krystyna NAWARA — O pierwszych wynikach badań geologicznych Merkurego

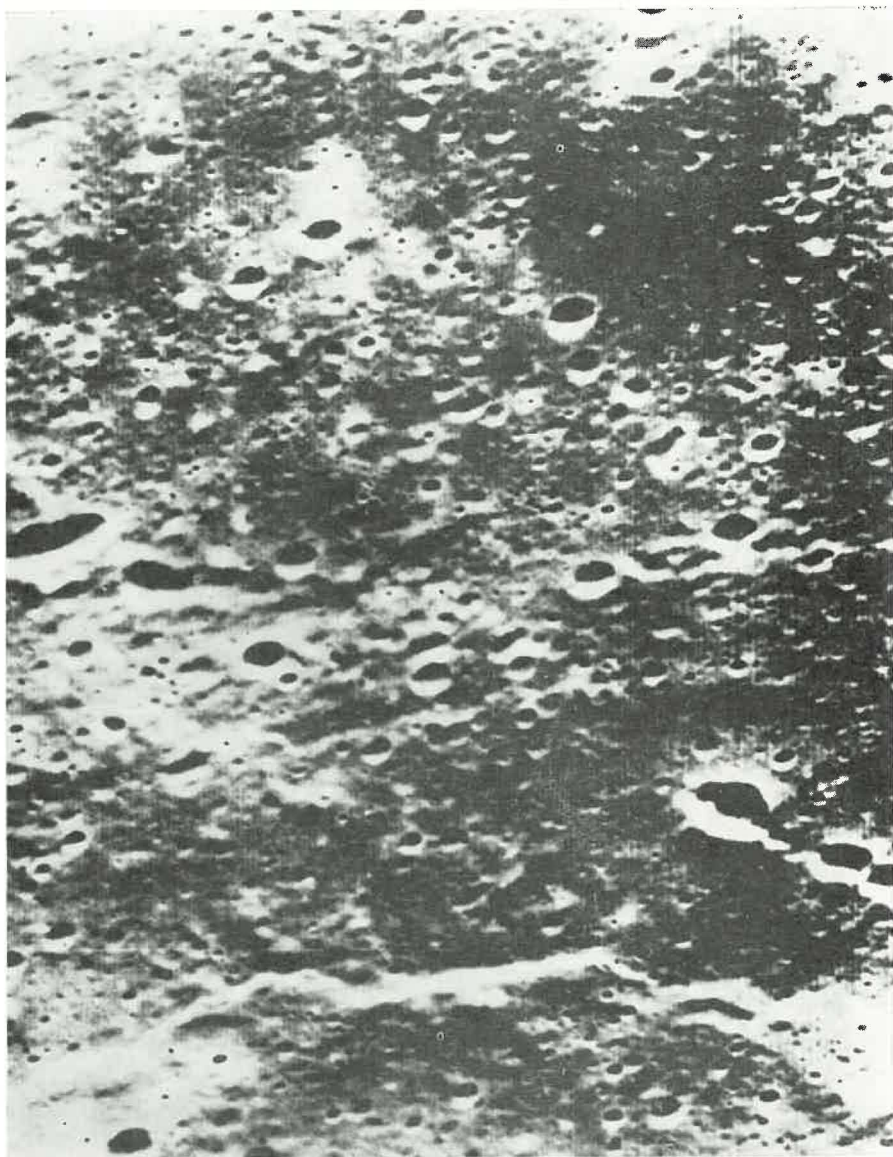


Fig. 3

Krystyna NAWARA — O pierwszych wynikach badań geologicznych Merkurego

TABLICA IV

Fig. 6. Krater widoczny na prawo u góry ma średnicę ok. 61 km. Dno jego pokrywa potok lawy. Krater leżący blisko środka fotografii ma średnicę ok. 25 km. Na fotografii widoczne są kraterki o średnicy 1 km; fot. Mariner 10 z odległości 18 200 km, marzec 1974 r.

The crater seen to the upper right has the bottom covered with lava flows. The diameter of this crater is 61 km. The crater lying near the center of the picture is about 25 km in diameter. Craterlets having diameters about 1 km may be also seen in this picture; phot. by Mariner 10 from 18 200 km distance, March 1974

Fig. 7. Stare kaldery na powierzchni Merkurego. W ich dnach występują młodsze kratery. Krater leżący wewnątrz większej kaldery ma średnicę ok. 12 km; fot. Mariner 10 z odległości 20 700 km, marzec 1974 r.

Old calderas on the mercurian surface. On their bottoms lie younger craters. The diameter of the crater lying inside greater caldera is about 12 km; phot. by Mariner 10 from about 20 700 km distance, March 1974

TABLICA V

Fig. 8. Fotografia wykonana przez Marinera 10 w minutę po maksymalnym zbliżeniu do powierzchni Merkurego. Można wyróżnić kratery o średnicy 150 metrów; fot. Mariner 10, marzec 1974 r.

The picture taken by Mariner 10 one minute after the greatest approaching to the mercurian surface. Craters having diameters about 150 m may be seen; phot. by Mariner 10, March 1974