

formy przypominające ziemskie doliny rzeczne wymodelowane przez wody płynące. Współcześnie jednak ani powierzchnia Marsa, ani jego atmosfera nie wykazują istnienia wody, a przynajmniej w takiej postaci, w jakiej spotykamy ją na Ziemi.

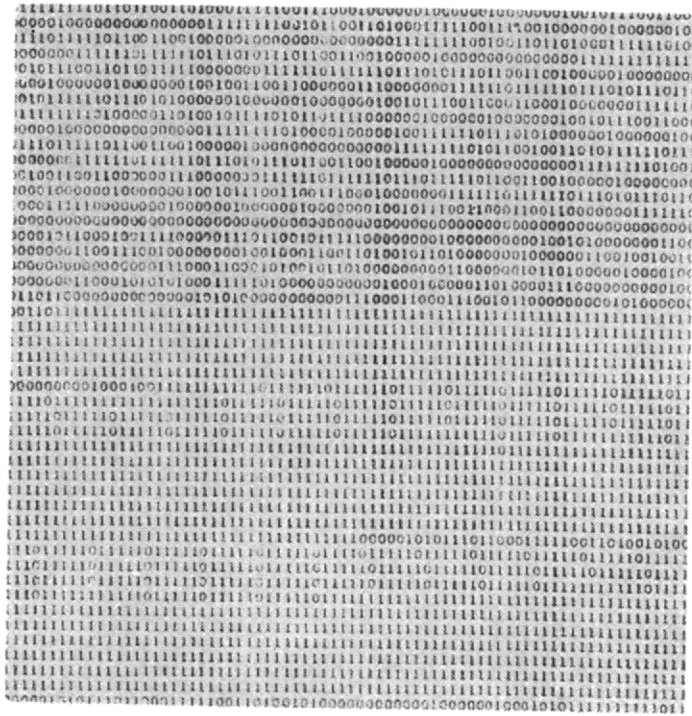


Fig. 1. Fragment zakodowanej fotografii powierzchni Marsa, przesłany przez Mariner 4 w lipcu 1965 r.

The fragment of Martian surface picture written in code and sent to the Earth by Mariner 4, July 1965

Fotografie przesłane następnie przez stacje automatyczne Mariner 6, 7 i 9 potwierdziły w pełni fakt, że Mars jest obecnie planetą kompletnie martwą. Zaskoczenie naukowców zajmujących się badaniem Marsa przypominało tu zaskoczenie badaczy Księżyca, którzy spodziewali się, że lądowanie ludzi na jego powierzchni przyniesie odpowiedzi na liczne i istotne pytania, dotyczące historii samego Księżyca, układu słonecznego, a nawet i całego wszechświata. Tymczasem na Księżycu odkryto wiele procesów i zjawisk, których istnienia nawet nie podejrzewano i których nie spotykamy na Ziemi. Jest jednak rzeczą pewną, że te same procesy, które ukształtowały pierwotną skorupę ziemską, kształtują również oblicza innych planet, jak np. znany nam już obecnie coraz lepiej Księżyc i Mars. Te same procesy geologiczne przebiegały jednak w zupełnie innych warunkach i dlatego skutki ich działania mogą być zupełnie odmienne od tych, które obserwujemy na Ziemi.

Np. Księżyc nie ma atmosfery ani hydrosfery. Między obszarami oświetlonymi przez Słońce, a pogrążonymi w nocy istnieją olbrzymie róż-

panuje lato, w afelium, gdy na jego półkuli południowej panuje zima. W wyniku takiego układu półkula południowa Marsa otrzymuje więcej energii słonecznej w czasie lata niż półkula północna. Czapa polarna półkuli południowej, która w okresie zimy sięga nawet do 45° szerokości południowej, latem kurczy się więc silnie, a nawet zupełnie zanika. Czapa polarna bieguna północnego może się skurczyć do średnicy 320 km, ale nigdy nie zanika zupełnie.

Różnice w otrzymywaniu energii słonecznej wpływają również na długość trwania poszczególnych pór roku na Marsie. Podczas gdy np. na Ziemi długość poszczególnych pór roku jest niemal jednakowa, na Marsie występują różnice przekraczające nawet 50 dni.

Tabela 2

Dane o atmosferze marsjańskiej wg N. H. Horwita

Atmosfera Ciśnienie Skład chemiczny	3 do 9 milibarów, średnio około 6 milibarów (na Ziemi 1013 milibarów) dwutlenek węgla — 98% tlenek węgla — 0,1% para wodna — do 0,005 g/cm ² powierzchni (na Ziemi do 18g/cm ²) brak wolnego azotu i tlenu oraz wodoru
Temperatura powierzchni Marsa	najwyższa +15°C, +20°C (równik) najniższa —123°C (południowa czapa polarna)
Skład prawdopodobny czap polarnych	zestalony dwutlenek węgla
Promieniowanie ultrafio- kowe (dosiegające po- wierzchni planety)	do 1950 Å (na Ziemi do 2900Å)

Jest rzeczą pewną, że Mars ma atmosferę, chociaż jest ona dużo rzadsza niż ziemska i różni się od niej składem chemicznym. Na podstawie badań przeprowadzonych przez stacje automatyczne Mariner stwierdzono, że atmosfera marsjańska składa się głównie z dwutlenku węgla, małych ilości amoniaku, metanu oraz śladów pary wodnej (tab. 2).

Ciśnienie atmosfery marsjańskiej na powierzchni planety odpowiada ciśnieniu atmosfery ziemskiej na wysokości 30—45 km. W atmosferze marsjańskiej zaobserwowano powstawanie zaburzeń, np. w postaci żółtawych chmur, które przez dłuższy czas unoszą się nad powierzchnią planety, maskując zupełnie jej rzeźbę. Widoczne są również zamglenia oraz chmury szarawe, których powstawanie niektórzy wiążą z działalnością wulkanów.

Na powierzchni Marsa widoczne są ciemniejsze i jaśniejsze obszary, które astronomowie nazwali „morzami” i „ładami”. Zakres granic tych obszarów różni się w zależności od pory roku. Szczególnie wyraźne są zmiany zachodzące na powierzchni planety na przełomie poszczególnych pór roku. Np. na początku wiosny na półkuli południowej zaczynają najpierw zanikać chmury, które zimą pokrywały niemal cały obszar bieguna południowego. Powoli spod pokrywy chmur zaczyna ukazywać się biała

jak i jasne obszary „łądów” marsjańskich. Do badań typowano obszary, których średnica wynosiła ok. 1/4 średnicy planety. W ten sposób wytypowano dwa obszary „morskie” — *Sirtis Major* i *Mare Cimmerium-Mare Tyrrhenum*, oraz dwa obszary „ładowe” — *Elysium* i *Zephyria*.

Badacze szukali odpowiedników skał marsjańskich wśród skał ziemskich. Doszli oni do wniosku, że trzeba w tym przypadku wybierać wyłącznie skały magmowe i zwietrzałe, pokryte warstewką limonitu. Do badań porównawczych pobrali trzy próbki skał magmowych z pustyni Sonora w Arizonie. Wyniki badań spektralnych dla skał obu planet były prawie identyczne. Badacze przyjęli, że na Marsie panują warunki zbliżone do tych, jakie panują na pustyni Sonora. Według ich obserwacji warstewka limonitu tworzy się na skałach tej pustyni w ciągu kilku zaledwie lat. Limonit pokrywa wszelkie pęknięcia i szczeliny w skałach. Autorzy ci stwierdzili również, że ten typ pokrywy limonitowej powstaje wyłącznie na skałach magmowych przez utlenianie oraz uwadnianie związków żelaza, zawartych w takich minerałach, jak biotyt, augit, oliwin czy hornblenda.

Warunki, jakie panują współcześnie na Marsie, zdają się wykluczać aktualne tworzenie się limonitu ze względu na niską zawartość pary wodnej oraz brak wolnego tlenu w atmosferze. Obaj badacze sugerują jednak, że limonit mógł utworzyć się dużo wcześniej, kiedy na Marsie panowały sprzyjające ku temu warunki. Warstwa limonitowa mogła zachować się do dziś dzięki temu, że brak jest tam intensywniejszego procesu wietrzenia mechanicznego.

A. A. Loomis (1963) przypuszczał, że jasne obszary Marsa mogą być pokryte rodzajem polewy pustynnej. Choć skład ziemskich pólw pustynnych nie jest jeszcze dostatecznie określony, wiadomo, że najczęściej w ich skład wchodzi: Fe_2O_3 , Al_2O_3 oraz MnO .

W. M. Sinton i J. Strong (1960) również sugerowali istnienie pokrywy limonitowej na skałach marsjańskich. Autorzy ci stwierdzali, że tylko ok. 20% powierzchni Marsa nie pokrywa limonit.

W późniejszej pracy W. M. Sinton (1967) dochodzi do wniosku, że zarówno ciemne, jak i jasne obszary nie mogą być jednak przykryte limonitem, choć minerał ten może występować w niewielkich ilościach w skałach marsjańskich. Zdaniem W. M. Sintona zarówno jasne, jak i ciemne obszary zawierają minerały uwodnione. Minerałów zawierających wodę jest wiele, dlatego nie należy wiązać wyników analizy spektralnej głównie z limonitem.

D. B. McLaughlin (1954) stworzył kilka hipotez dotyczących różnych zjawisk na Marsie. Badacz ten obserwował ciemne obszary w pasie równikowym planety i doszedł do wniosku, że są to zatoki utworzone z pyłów wulkanicznych, wywiewanych tu przez wiatry północne.

R. S. Richardson i Ch. Bonestell (1965) usiłują tłumaczyć sezonowe barwy powierzchni planety zachodzącymi tu procesami chemicznymi. Zdaniem tych autorów atmosfera Marsa składa się głównie z azotu, pary wodnej natomiast jest w niej niewiele. W przeszłości mógł jednak występować w atmosferze marsjańskiej zarówno tlen, jak i woda. Jeśli rzeczywiście takie warunki kiedyś tu istniały, to tlen z azotem mogły tworzyć różne związki chemiczne, głównie NO_2 oraz N_2O_4 . Oba te związki mogą istnieć razem, tworząc gaz o barwie czerwonej, zwany peroksydem. Auto-

Najtrudniejszym przedsięwzięciem tego eksperymentu było skonstruowanie aparatury, która z tak olbrzymiej odległości mogłaby przesłać fotografie planety. Mariner 4 miał rozpocząć fotografowanie powierzchni Marsa w momencie, kiedy znajdzie się w odległości ok. 16 800 km od planety. Aparatura stacji musiała najpierw rejestrować każde zdjęcie na taśmie magnetycznej, a następnie przesyłać je w kierunku Ziemi. Los tego przedsięwzięcia budził poważne obawy, gdyż do tej pory nikt nie próbował przesłać obrazu telewizyjnego na tak olbrzymią odległość. Poza tym Mariner 4 rozporządzał bardzo małą mocą — ok. 10 watów, a przekazanie każdego zdjęcia na Ziemię wymagało 8 godzin i 20 minut. Nieznaczny tylko błąd w obliczeniach, awaria którejś z 138 000 części stacji, przedostanie się pyłu do precyzyjnej aparatury mogły z miejsca przekreślić wszystkie możliwości uzyskania obrazu. Kiedy jednak w Laboratorium Rakietowym w Kalifornii odebrano pierwsze sygnały Mariner 4, wiadano, że eksperyment udał się. Kamera pojazdu wykonywała zdjęcie co 48 sekund, przy czym czas naświetlania każdego wynosił 1/5 sekundy. W 12 godzin po zarejestrowaniu wszystkich fotografii na taśmie magnetycznej Mariner rozpoczął nadawanie ich na Ziemię. Aparatura Mariner 4 rozkładała każde zdjęcie na 40 000 punktów (200 linii po 200 punktów każda), a każdy punkt miał jeden z 64 możliwych odcieni — od czystej bieli do głębokiej czerni (fig. 1). Aparatura elektroniczna analizowała jasność każdego punktu, po czym utrzymywała go w postaci sześciocyfrowej liczby na taśmie magnetycznej. Czysta biel miała kod składający się z sześciu zer, czerni — z sześciu jedynek. Kombinacje obu tych cyfr dawały odcienie pośrednie. W takiej postaci każde zdjęcie było przekazywane na Ziemię.

Sygnały Mariner 4 odbierały wielkie paraboliczne anteny sześciu stacji w różnych częściach świata, gdyż wskutek dość szybkiego obrotu Ziemi wokół jej własnej osi żadna ze stacji naziemnych nie mogła odebrać pełnego zestawu liczb jednego tylko zdjęcia. Kiedy Mariner 4 wychodził z zasięgu jednej stacji, inna natychmiast podejmowała odbiór. Na Ziemi sygnały Mariner 4 zostały 1000-krotnie wzmacnione i utrwalone na taśmie magnetycznej, po czym przesyłano je do Laboratorium Rakietowego w Kalifornii. Maszyny matematyczne przetwarzały liczby na impulsy elektryczne o odpowiedniej jasności, które również utrwalono na taśmach magnetycznych. Po zakończeniu odbioru maszyny przekazywały taśmy do konwertera, w którym odtwarzano punkt po punkcie każde zdjęcie przesłane przez Mariner 4. Prace nad zrekonstruowaniem 22 fotografii trwały ok. 10 dni.

Mariner 4 utrzymał na fotografiach zarówno obszary polarne Marsa, jak i obszary biegunowe. Fotografie te ukazują martwy krajobraz (tabl. I, fig. 2) usiany tysiącami kraterów, przypominający krater księżycowe. Na stokach niektórych kraterów i na ich krawędziach widoczny jest biały szron, występujący szczególnie na terenach zaciemionych. Na jednej z fotografii widać podłużne wzniesienie, przypominające łańcuch górski. Stoki tego wzniesienia nachylone są łagodnie. Wysokość całego łańcucha określono na ok. 4000 m. Na 11 fotografiach wyróżniono ok. 70 kraterów, których średnice wahają się od 3 do 120 km. Przepuszczalnie na Marsie znajduje się około 10 000 kraterów.

o tych dwóch małych ciałach niebieskich, które są ledwie widoczne przez silne nawet teleskopy. Odkrył je w 1877 r. amerykański astronom A. Hall. Oba księżyce są bezkształtnymi bryłami, które obracają się wokół własnej osi. Phobos ma średnicę wynoszącą ok. 19 km i krąży wokół Marsa w odległości zaledwie 6100 km (tabl. II, fig. 4). Okres jego obiegu wokół planety wynosi ok. 7 godzin i 39 minut. Jest on najszybszym ze wszystkich znanych nam księżyców w naszym układzie słonecznym. Deimos ma średnicę ok. 10 km i krąży wokół Marsa w odległości ok. 19 000 km, wykonując pełny obrót w ciągu 30 godzin i 17 minut. Na powierzchni Phobosa widoczne są liczne kratery. Wygląd obu tych księżyców sugeruje, że są to dwie planetoidy, które zostały schwytane przez pole grawitacyjne Marsa i zmuszone do obrotu wokół tej planety. W każdym razie mają one zupełnie inny charakter niż Księżyc towarzyszący Ziemi, mający charakter wyraźnie planetarny.

Po ustaniu burzy na Marsie Mariner 9 zaczął fotografować powierzchnię planety. Ze względu na to, że obiega on Marsa po orbicie, kamery jego objęły szereg jednostek strukturalnych planety, których nie były w stanie uchwycić poprzednie stacje automatyczne, wykonujące fotografie na przestrzeni krótkiego czasu podczas przelotu obok planety. Z fotografii tych można wysnuć wnioski, że jasne obszary Marsa są prawdopodobnie odpowiednikami księżycowych wyżyn, zbudowanych m.in. z anortozytów. Obszary tzw. „mórz”, „jezior” i „bagien” marsjańskich przypominają do złudzenia „morza” księżycowe. Podobnie jak „morza” księżycowe są one stosunkowo płaskimi obszarami zalanymi przez lawę. Na powierzchni „mórz” marsjańskich widoczne są liczne kratery, które są wyraźnie młodsze od kraterów wyżynnych. „Morza” marsjańskie różnią się od „mórz” księżycowych swoim kształtem. O ile te ostatnie mają kształt kolisty albo nieregularny, o tyle pierwsze mają często charakter rowów obciętych z obu stron uskokami i wypełnionych lawą. Dzięki temu astronomowie patrząc z Ziemi na te struktury uważali je za „kanały”, gdyż „morza” tworzą taką właśnie sieć stosunkowo wąskich i prostych odcinków wyróżniających się ciemniejszą barwą.

Prócz kraterów na marsjańskich „morzach” widoczne są często szczeliny ciągnące się setki i tysiące kilometrów (tabl. I, fig. 3). Do najbardziej zdumiewających form należy szeroki kanion na obszarze *Tithonius Lacus* (tabl. III, fig. 5). Szerokość jego wynosi ok. 120 km, długość ponad 4000 m, głębokość osiąga prawie 3000 m. Wykazuje on olbrzymie podobieństwo do rowów Afryki Wschodniej oraz rowów tworzących Morze Martwe, Morze Czerwone i jezioro Tanganika. Środkiem kanionu biegnie łańcuch górski. Do najbardziej jednak interesujących form należą tu brzegi kanionu, które noszą ślady erozji. Sieć rozgałęzionych dolin do złudzenia przypomina dolinki wyrzeźbione przez wodę. Podobne ślady erozji widoczne są na ścianach wielu kraterów oraz szczelin. Formy te sugerowałyby obecność wód płynących w dalekiej przeszłości Marsa. Można by również przypuścić, że są to formy utworzone częściowo przez padające deszcze. W każdym razie wydaje się rzeczą nie ulegającą wątpliwości, że powierzchnia Marsa nosi na sobie ślady erozji wodnej.

Liczne kratery Marsa świadczą o czynnym wulkanizmie tej planety, który jednak musiał dawno zamrzeć. Większość kraterów marsjańskich przypomina kratery księżycowe. Są jednak i inne kratery, jak np. wspa-

- FOCAS J. H. (1967) — Transparance de l'atmosphère martienne et visibilité des détails de la surfaces dans le bleu et ultra-violet. *Moon and Planets*. Amsterdam, North-Holland Publishing Camp., p. 253—255.
- LOOMIS A. A. (1963) — Some geological problems of Mars. *Jet Prop. Lab. Calif. Inst. Tech. Techn. Rep.* 32—400.
- Mc LAUGHLIN D. B. (1954) — Interpretation of some Martin features *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 66, nr 161.
- RICHARDSON R. S., BONESTELL CH. (1965) — *Mars*, 1. London.
- SINTON W. M. (1967) — On the composition of Martian surface material. *Icarus*, 6, nr 2, p. 222—223.
- SINTON W. M., STRONG J. (1960) — Radiometric observations of Mars. *Astroph. Journ.*, 131, nr 459.

Крыстына НАВАРА

РЕЗУЛЬТАТЫ АРЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВОДИМЫХ ПРИ ПОМОЩИ „МАРИНЕРОВ”

Резюме

До 1962 г. исследования Марса производились только земными астрономическими обсерваториями. Астрономы установили, что на его поверхности имеется ряд темных и светлых пятен, которые получили название „материков” и „морей”. Было также открыто явление смен времен года, а также наличие белых полярных шапок на полюсах планеты. Многие исследователи занимались проблемой красной окраски поверхности Марса.

Американская автоматическая станция „Маринер 4” открыла эпоху ареологических исследований Марса искусственными спутниками. „Маринеры” исследовали также ряд архофизических явлений на Марсе и передали ряд снимков поверхности планеты. На этих фотографиях виден мертвый мир Марса поразительно напоминающий лунный.

На поверхности Марса виден ряд кратеров, раселин, трещин и других форм, напоминающих лунные формы. Исследования атмосферы показали, что она состоит главным образом из двуокиси углерода, небольшого количества водяных паров, метана и аммиака. Отсутствует свободный кислород, водород и азот. Давление марсианской атмосферы очень низкое. Белые полярные шапки состоят вероятно из двуокиси углерода. „Маринер 9” передал ряд снимков обеих лун Марса — Фобоса и Деймоса. Луны вероятно являются планетоидами.

Krystyna NAWARA

THE RESULTS OF AREOLOGICAL INVESTIGATIONS MADE BY MARINERS

Summary

Until 1962 Mars was investigated by terrestrial astronomical observatories. The astronomers discovered many dark and bright spots, which they called "lands" and



Fig. 2

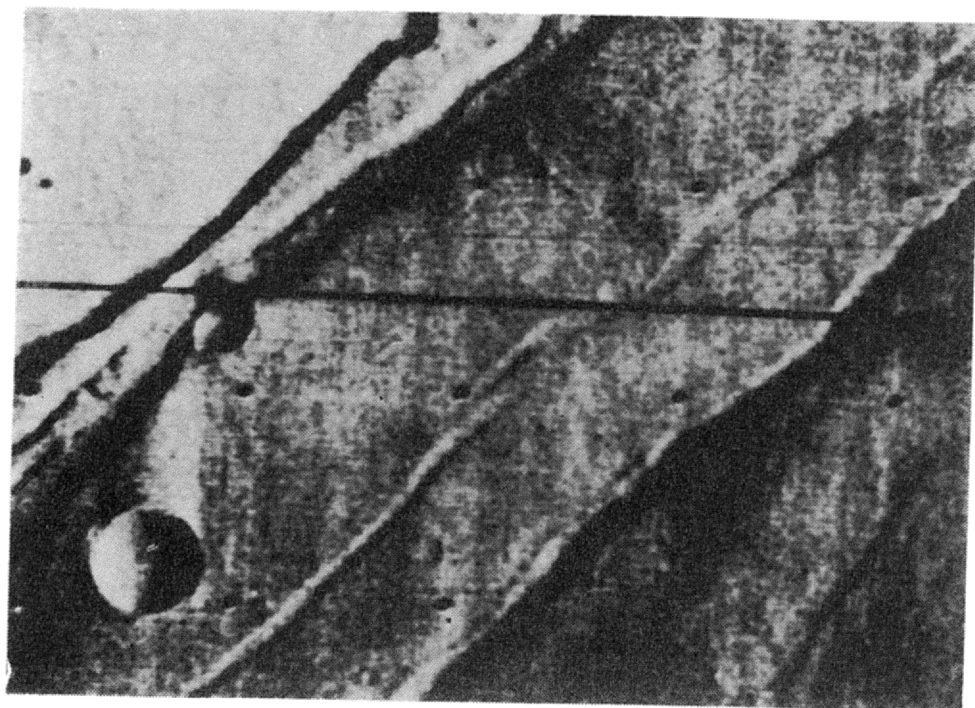


Fig. 3

Krystyna NAWARA — Wyniki badań archeologicznych za pomocą Mariniarów



Krystyna NAWARA — Wyniki badań areologicznych za pomocą Marinerów

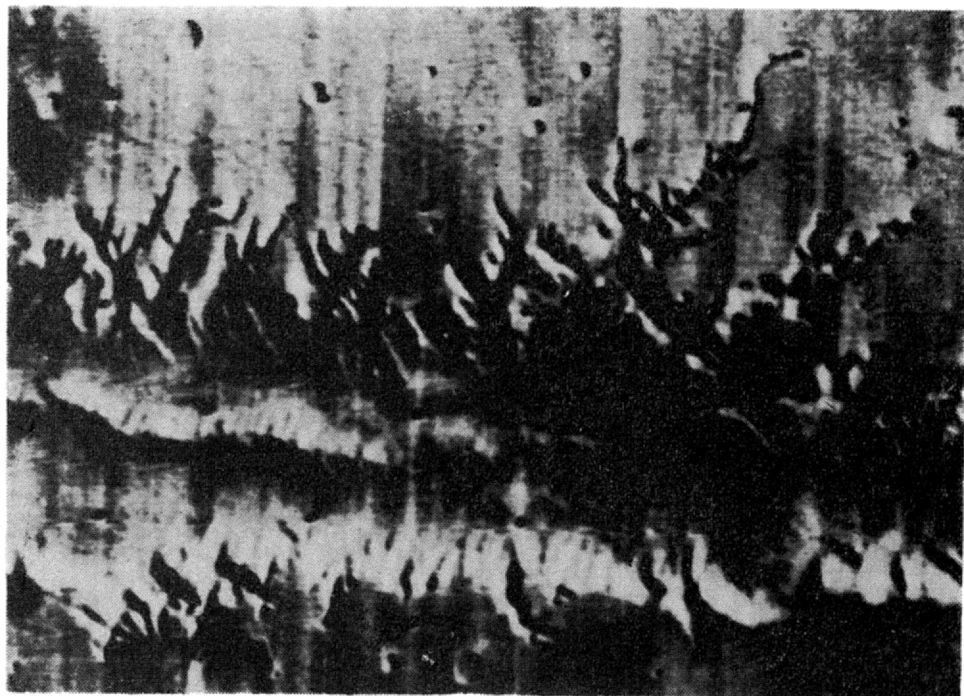


Fig. 5

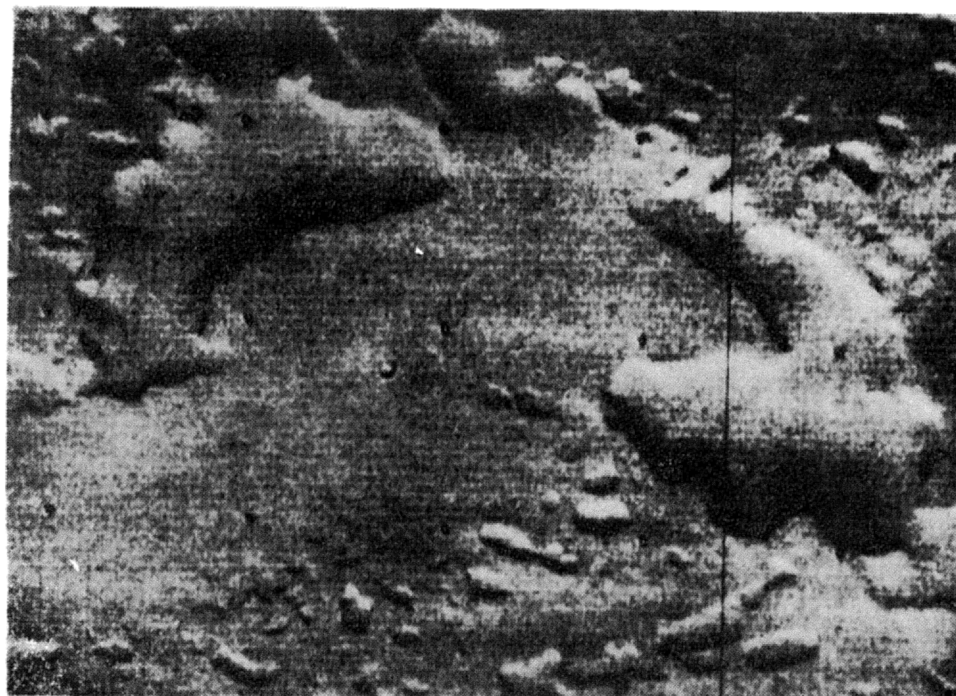


Fig. 6

Krystyna NAWARA — Wyniki badań areologicznych za pomocą Marinerów

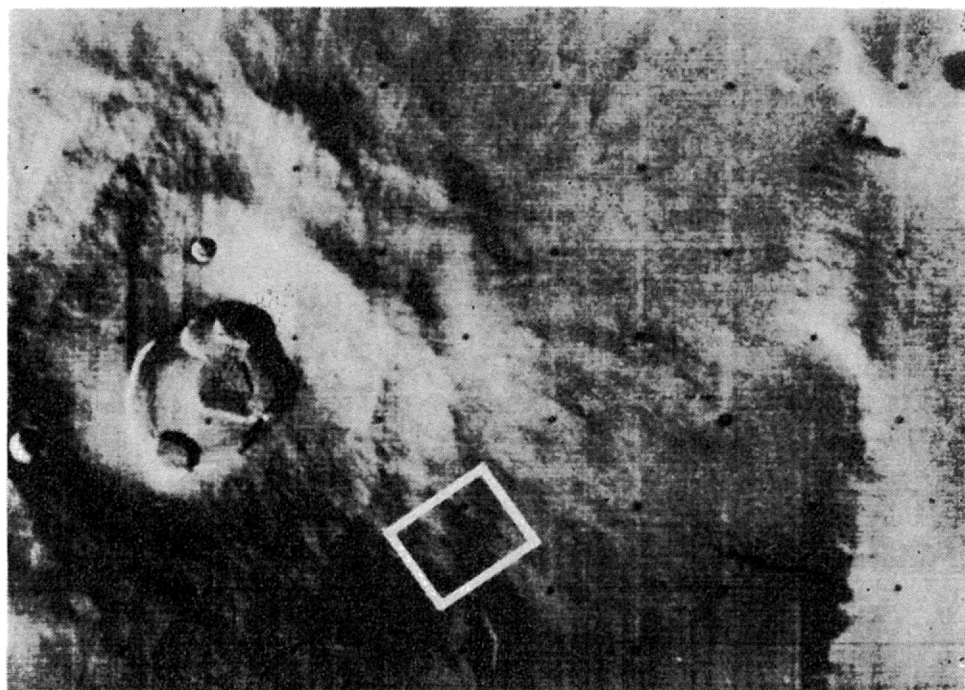


Fig. 8

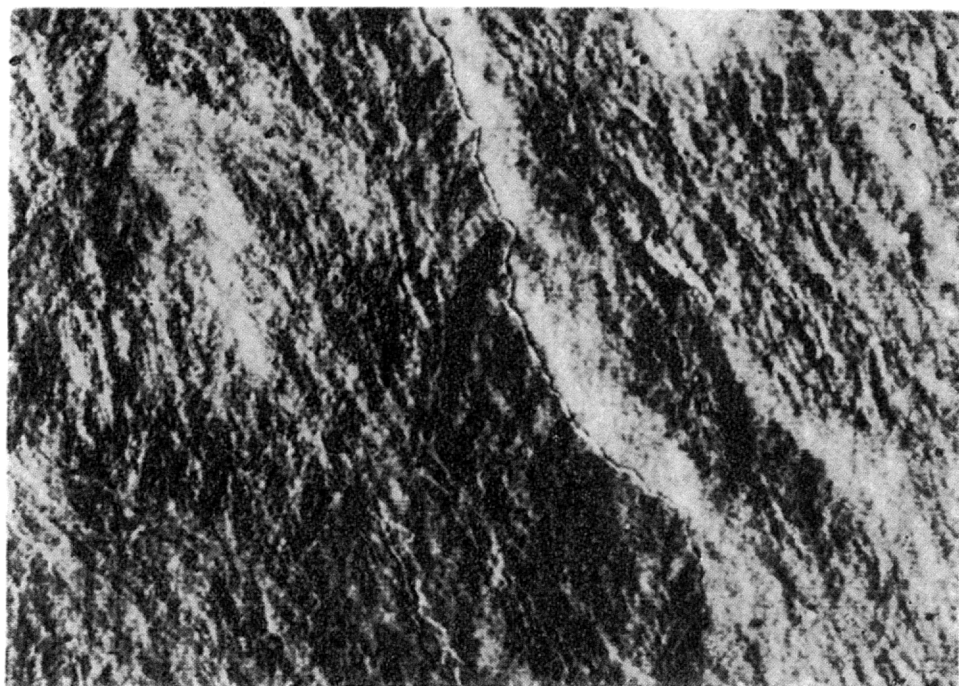


Fig. 7

Krystyna NAWARA — Wyniki badań areologicznych za pomocą Marinerów