



E. KRINOW

**PRZYBYSZE Z KOSMOSU**



**PRZYBYSZE  
Z KOSMOSU**

E K R I N O W

# PRZYBYSZE Z KOSMOSU



T ł u m a c z

*Wanda Trzcińska*

WYDAWNICTWO  
MINISTERSTWA  
OBRONY NARODC WEJ  
1 9 6 3



**Tytuł oryginału**  
**JEWGIENIJ LEONIDOWICZ KRIT'FOW**  
**„NIEBIESNYJE KAMNI”**  
**Wojenizdat, Moskwa 1961**

**Opiniodawca**  
**MGR INŻ. ANDRZEJ MARKS**

**Redaktor**  
**MGR INŻ. TADEUSZ BURAKOWSKI**

**Obwolutę projektował**  
**JAN ŚLIWIŃSKI**

**Redaktor techn.: ADA ŁUKOMSKA**

**Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej**  
**Warszawa 1963. Wydanie I**

Nakład 5000 egz. Objętość 6,04 ark. wyd. 7,25 ark.  
druk. Papier druk sat IV ki. 65 g z Fabryki Celulozy  
i Papieru w Kluczach. Format 82X104/32. Oddano do  
składu 26.XI.1962 r. Druk ukończono w marcu 1963 r.  
Zam. nr 1369 z dnia 27.XI.1962 r. Wojskowe Zakłady  
Graficzne w Warszawie

**L-35.**

**Cena zł 8.—**

## SPIS TREŚCI

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| <i>Od tłumacza.</i>                      | 7   |
| 1. Tajemnicze zjawiska . . . . .         | 9   |
| 2. Przybysze z Kosmosu — meteoryty . . . | 28  |
| 3. Wizytówki meteorytów . . . . .        | 47  |
| 4. Z czego składają się meteoryty? . . . | 63  |
| 5. Meteoryty-giganty i ich kratery . . . | 76  |
| 6. Zagadka meteorytu tunguskiego . . .   | 90  |
| 7. Pochodzenie meteorytów . . . . .      | 105 |
| 8. Meteory tyka — nauka o meteorytach .  | 110 |

## Od tłumacza

*W ciągu kilku ostatnich lat znacznie wzrosło zainteresowanie sprawami, dziejącymi się poza naszą planetą — w przestrzeni kosmicznej i na odległych ciałach niebieskich. Jest to zrozumiałe, jeśli zważyć, że właśnie ostatnie lata przyniosły ogromne sukcesy w dziedzinie opanowania przestrzeni kosmicznej przez człowieka.*

*Nasza wiedza o przestrzeni kosmicznej, o różnych typach promieniowania i o materii międzyplanetarnej ciągle jeszcze ma spore luki. Każdy nowy krok na drodze poznania tajemnic Kosmosu ma duże znaczenie dla przygotowania nowych lotów w kierunku coraz to dalszych okolic systemu słonecznego — na Księżyc, Marsa, Wenus.*

*Istotną rolę w poznawaniu przestrzeni kosmicznej i ciał niebieskich odgrywają badania nad meteorytami. Są one w zasadzie jedynymi ciałami materialnymi, które przybywają na Ziemię z odległych okolic Kosmosu, toteż badanie meteorytów za pomocą najnowszych metod naukowych może bardzo dużo powiedzieć uczonym o zjawiskach zachodzących w przestrzeni pozaziemskiej.*

*W naszym dość już dziś bogatym piśmiennictwie na temat badań i podboju Kosmosu brak było dotąd popularnej pracy, poświęconej meteorytom. Wzmianki na ten temat w książkach z dziedziny astronomii były bardzo szczupłe; równocześnie jednak w artykułach prasowych pojawiały się często oderwane informacje*

*o fantastycznie brzmiących hipotezach na temat meteorytu tunguskiego, o meteorytach niosących na Ziemię ślady życia spoza Ziemi, o katastrofach spowodowanych przez meteoryty. Czytelnik, który chciałby dowiedzieć się czegoś więcej o „kamieniach spadających z nieba”, poszukiwał odpowiednich publikacji — bezskutecznie.*

*W tych warunkach, jak się wydaje, tłumaczenie książki E. Krinowa, jednego z czołowych radzieckich specjalistów w dziedzinie meteorytyki, zapełnia istotną lukę.*

*Praca Krinowa jest napisana w sposób popularny zrozumiały dla najszerszych kręgów czytelniczych. Równocześnie jednak, pomimo szczupłych rozmiarów, książka ta zawiera spory zasób wiedzy o meteorytach i informacjach, jakie one nam przynoszą z przestrzeni kosmicznej. Autor zwraca również szczególną uwagę na cechy, które pozwalają nam odróżnić meteoryty od zwykłych „ziemskich” kamieni. Dużo miejsca poświęca Krinow zjawiskom, jakie zachodzą w meteorytach w czasie ich lotu przez atmosferę ziemską; Czytelnik zapewne nie bez zainteresowania porówna je z trudnościami, jakie mają do pokonania twórcy sprowadzanych z powrotem na Ziemię sztucznych satelitów i statków kosmicznych.*

*W porównaniu z oryginałem rosyjskim został skrócony nieco rozdział poświęcony meteorytom, które spadły na terenie Związku Radzieckiego. Równocześnie tłumacz uzupełnił\* pracę informacjami o badaniach i obserwacjach, przeprowadzonych w ostatnim czasie, już po ukończeniu pisania książki przez autora; jednocześnie została wzbogacona także część ilustracyjna książki. W ten sposób aktualność całości została doprowadzona do jesieni 1962 roku.*

\* Tekst uzupełniający, dodany przez tłumacza, został zaznaczony pionową linią, umieszczoną z lewej strony tekstu, dodane rysunki — gwiazdką **przy numerze** rysunku (przyp. red.).



## TAJEMNICZE ZJAWISKA

Zdarza się nieraz, że ciemną nocą przetnie czyste niebo, jakby zerwawszy się skądś, jasna gwiazdka i zniknie w mgnieniu oka. Tylko świetlista smuga, ciągnąca się w ślad za nią, rysuje się przez kilka sekund na ciemnym tle nieba.

Z pewnością nieraz widzieliście takie spadające „gwiazdy” lub — jak je nazywają astronomowie — meteory (*meteor* — w języku greckim oznacza „unoszący się w powietrzu”). To tajemnicze zjawisko, jak zresztą wiele innych trudnych do wytłumaczenia zjawisk przyrody, od najdawniejszych czasów przyciągało uwagę ludzi. Wywoływało niepokój i lęk, bo nie dało się przewidzieć, nie występowało regularnie jak noc i dzień, wschód i zachód Słońca, fazy Księżyca. Nie wywoływało określonych skutków, jak deszcz, wiatr, piorun, nie paliło wprawdzie ani zabijało, lecz tym bardziej niepokoiło swą dziwnością. Bujna wyobraźnia ludzka obdarzyła więc tych niebieskich włóczęgów boskim rodowodem i cudownymi właściwościami, oplotła mnóstwem legend i baśni. Koczownicy arabscy opowiadali sobie przy ogniskach, że owe świetlne ślady na niebie to ogniste strzały miotane przez anioły w walce z demonami. Wśród plemion litewskich żyła legenda o wróżce mieszkającej! na niebie, która przędzie złotą nić: jedna nitka dla każdego przychodzącego na świat. Gdy człowiek umiera, nić jego zostaje przerwana, a strzępek jej spada jako ów świetlisty błysk. W wielu krajach wierzono, że gdy po niebie przetoczy się gwiazda — umiera gdzieś człowiek, każdy bowiem ma swoją gwiazdę, która ginie wraz z jego śmiercią. Gdzie indziej znów spadająca



gwiazda zapewniała spełnienie pragnień, tylko trzeba było szybko wyrazić życzenie, zanim zgaśnie na niebie jej błysk.

Do podtrzymania i szerzenia tych wierzeń przyczyniały się niemało religie wszelkich rodzajów i odcieni, które bardzo chętnie adaptowały tajemnicze zjawiska przyrody na swój użytek — podtrzymywania wiary w cuda, znaki boskie, ostrzeżenia, przestrogi. Wpojenie człowiekowi przekonania o bezradności wobec wyroków boskich i potrzebie pokornego poddawania się ich woli znakomicie ułatwiało kierowanie ludzką gromadą, zwłaszcza gdy dawało się niedwuznacznie do zrozumienia, że pośrednictwo' wybranych i „wtajemniczonych" może tu wiele pomóc...

Ale cóż, ludzie jednak myśleli, przybywało wiedzy, piękne legendy pozostały legendami, a nauka szła naprzód, bowiem, jak pisał Lenin, „cudowne przepowiednie to bajka, lecz naukowe przepowiednie to fakt". Wiedza i nauka sprawiły, że zmieniamy przyrodę, wykorzystujemy jej nieprzebrane siły i bogactwa, ujarzmiamy energię atomu, szturmujemy przestrzeń kosmiczną.

Dziełem naukowców, inżynierów i robotników radzieckich było skonstruowanie pierwszych sztucznych satelitów Ziemi, wysłanie w przestrzeń rakiety kosmicznej — satelity Słońca, radziecki proporczyk jako pierwszy dotknął powierzchni Księżyca, kamery fotograficzne przyniosły nam obraz jego niewidocznej strony. Wysłano w Kosmos statki-laboratoria kierowane zdalnie z Ziemi, powracające na 'rozkaz z dalekich przestrzeni i lądujące w wyznaczonym miejscu, wysłana została z Ziemi w kierunku Wenus rakietą międzyplanetarna. Największym triumfem nauki były jednak loty okołoziemskie ludzi. Statki kosmiczne „Wostok — 1", „Wostok — 2", „Wostok — 3" i „Wostok — 4" pilotowane przez Gagarina, Titowa, Nikołajewa i Popowicza zapowiadają urzeczywistnienie odwiecznego marzenia o podróży do gwiazd, choć zapewne nie nastąpi to jeszcze tak szybko.

Okążenie 64 razy kuli ziemskiej w ciągu 94 godzin to nie sprawa tylko osobistego męstwa człowieka. Po-

trzebne było w tym celu rozwiązanie mnóstwa skomplikowanych problemów technicznych, nie mówiąc już o wieloletnich badaniach naukowych. Na przykład wyniesienie na orbitę, na wysokość 244 km, takiego kolosa jak „Wostok-2”, którego masa bez ostatniego stopnia rakiety nośnej wynosiła 4731 kg, i nadanie mu potrzebnej prędkości kosmicznej wymagało postawienia na znakomitym poziomie techniki raketowej. Osiągnięcie tego, że statek kosmiczny leciał po ściśle wyznaczonej orbicie i wylądował w żądanym miejscu, wymagało niesłychanej dokładności i precyzji obliczeń w kierowaniu rakieta i samym statkiem. A całkowicie zautomatyzowane kierowanie, a zapewnienie bezpieczeństwa kosmonautom, a sprawa utrzymania łączności... Pomyślne rozwiązanie tych zagadnień to rezultat wielu lat wytrwałej, mrówczej pracy radzieckich matematyków i mechaników, fizyków i chemików, specjalistów z dziedziny radiotechniki, metalurgii i automatyzacji, biologii, medycyny i wielu innych dziedzin.

Co czeka przyszłych zdobywców przestrzeni międzyplanetarnych, jakie niebezpieczeństwa mogą zagrażać przyszłym statkom kosmicznym i podróżującym w nich ludziom, co zrobić, by zdołali bezpiecznie wylądować na wybranej planecie i powrócić na Ziemię? Na te i wiele innych pytań musi jeszcze odpowiedzieć nauka.

Niemale znaczenie dla poznania Kosmosu, dla astronomii, geofizyki, astronautyki ma zbadanie materii międzyplanetarnej. Jaka jej ilość spada na Ziemię w ciągu określonego czasu, jaki może być skutek bombardowania jej cząstkami powierzchni raket i satelitów? Czy istnieje niebezpieczeństwo zderzenia się tych statków z większymi odłamkami? Czym są te niebieskie kamienie-meteority i skąd spadają na Ziemię?

\*

Meteoroidy to zjawiska świetlne zachodzące w atmosferze ziemskiej. Wywołuje je wtargnięcie do atmosfery znikomo małych twardych okruchów o masie rzędu 0,1 g, czasem nieco większej — kilku gramów. Okruchy te, nazywane cząstkami meteorowymi, poruszają

się w olbrzymich ilościach w przestrzeni międzyplanetarnej z prędkością względem Ziemi dochodzącą do dziesiątków kilometrów na sekundę. Stale wchodzi w drogę Ziemi krążącej po swej orbicie wokół Słońca i w ten sposób dostają się do jej atmosfery, a ponieważ poruszają się z olbrzymią (kosmiczną) prędkością, napotyka ją na silny opór cząsteczek powietrza, z którymi bezustannie zderzają się na swej drodze. Na skutek tych zderzeń nagrzewają się do temperatury tysięcy stopni i po prostu wybuchają świecąc jaskrawo i zamieniając się w rozżarzony gaz. To jest właśnie ta spadająca „gwiazda”, którą obserwujemy na ciemnym tle nieba, świecący zaś jej ślad, to zjonizowane, czyli pozbawione części swych elektronów, atomy. Meteory zaczynają świecić, gdy znajdują się na wysokości 100—120 km nad powierzchnią Ziemi, giną zaś, czyli całkowicie „wyparowują” lub rozpylają się, w odległości około 80 km od Ziemi. Przelot meteoru po niebie trwa przeważnie kilka dziesiątych części sekundy i rzadko dochodzi do 3—4 sekund.

Obliczono, że w ciągu doby wpadają do atmosfery kuli ziemskiej dziesiątki milionów cząstek meteorowych. Z poszczególnych punktów naszego globu możemy obserwować tylko maleńki wycinek atmosfery i dlatego w ciągu jednej nocy zdołamy naliczyć w jakimś określonym punkcie Ziemi niewiele więcej niż 10 do 20 przelatujących meteorów. Codziennie rozprasa się w atmosferze ziemskiej wielka ilość substancji meteorytowej, która w postaci drobnego pyłu osiada na powierzchni Ziemi, miesza się z glebą, lecz wykryć ją, wyizolować jest niezmiernie trudno, gdyż zwłaszcza niższe warstwy powietrza są bardzo silnie zanieczyszczone cząstkami pyłu pochodzącego z gleby, kurzu startych nawierzchni dróg, dymu zakładów przemysłowych itp.

Oprócz cząstek meteorowych przenikają do otaczającej nas atmosfery maleńkie cząstki pyłu kosmicznego, pędzące z wielką prędkością z przestrzeni międzygwiazdnej. Ich szybki ruch zostaje gwałtownie zahamowany już w górnych warstwach atmosfery, tak że nawet nie zdołają się one nagrzać, a więc nie

świecą. Cząstki te, zmieszane z substancją meteorytową, osiadają również na powierzchni Ziemi i także są trudne do wykrycia.

Mimo tych trudności nasza wiedza o ilości dostającej się na Ziemię substancji meteorytowej jest dosyć dokładna. Między innymi dzięki sztucznym satelitom Ziemi udało się obliczyć, że w ciągu każdej doby opada na Ziemię kilkaset ton substancji meteorytowej, łącznie zaś z pyłem kosmicznym — aż dziesiątki tysięcy ton.

Do chwywania pyłu 'kosmicznego stosuje się najczęściej specjalne filtry, ogólną zaś ilość dolatującego do Ziemi pyłu kosmicznego określa się za pomocą aparatury zainstalowanej na raketach kosmicznych i sztucznych satelitach. Rejestruje ona liczbę zderzeń poszczególnych cząstek pyłu ze specjalnymi licznikami.

Im większy jest sam meteor oraz im większą prędkością wpada do atmosfery ziemskiej, tym jest on jaśniejszy i przez to łatwiejszy do zaobserwowania. Najszybsze są te meteory, które biegną naprzeciw naszej Ziemi, co jest zupełnie oczywiste, gdyż prędkość tych ciał w stosunku do Ziemi stanowi sumę ich własnej prędkości oraz ruchu Ziemi po orbicie okołosłonecznej. Prędkość wpadania do atmosfery takich biegnących „z przeciwka” meteorów może osiągać 70 i więcej kilometrów na sekundę. I odwrotnie — najwolniejsze będą te cząstki meteorowe, które jakby dopędzają Ziemię lub też są przez nią dopędzane. Prędkość ich wynosi w przybliżeniu 11 km/sek.

Aby obliczyć, w jakiej odległości od obserwatora przebiega meteor, wystarczy dobrze znać trygonometrię, tę samą dziedzinę matematyki, która pozwala nam obliczyć odległość do jakiegokolwiek niedostępnego punktu na powierzchni Ziemi.

Obserwatorzy, którzy śledziliby jeden i ten sam meteor z dwóch różnych punktów Ziemi, odległych od siebie o parę dziesiątków kilometrów, a potem nanieśli jego drogę na mapę nieba, wskazując strzałką kierunek ruchu i określając gwiazdy, na tle których przeleciał, zauważyliby z łatwością różnicę widomych dróg meteoru na mapie nieba. Wrażenie to powstaje

stać, że meteor przelatuje w atmosferze znacznie bliżej obserwatorów niż gwiazd, na tle których jest widoczny. Znając pozorne przesunięcie drogi meteoru, wyrażone w jednostkach kątowych, a także odległość w kilometrach między obydwoma punktami obserwacyjnymi, możemy bez trudu obliczyć liniową odległość od meteoru, a także wysokość jego pojawienia się i zniknięcia nad powierzchnią ziemi.

Systematyczne prowadzenie obserwacji i badań meteorów przedstawia dużą wartość dla nauki. Pozwala ono przeniknąć niektóre z licznych tajemnic budowy i rozwoju naszego układu słonecznego. Potrzeba tych badań ujawniła się jeszcze wyraźniej w związku z zapoczątkowanym planowym zdobywaniem Kosmosu i przygotowaniem do lotów międzyplanetarnych. Jest to w pełni zrozumiałe. Cząstki meteorowe, a zwłaszcza większe ciała wążające się w przestrzeni międzyplanetarnej stanowią niebezpieczeństwo dla statków kosmicznych. Dlatego też zbadanie tej meteorowej zawartości przestrzeni i opracowanie sposobów, które by usunęły najmniejszą bodaj możliwość katastrofy statku kosmicznego w następstwie napotkania przezeń meteorów, ma olbrzymie znaczenie.

Na przykład pierwsze trzy radzieckie Sputniki szczęśliwie okrążyły Ziemię przez długi czas i nie napotkały na swej drodze żadnych większych cząstek meteorowych. Wiadomo również, że trzeci Łunnik, dzięki któremu udało się sfotografować niewidoczną z Ziemi stronę Księżyca, nagle zamilkł (a ściślej utracił z nim łączność radiową) i zagubił się gdzieś w przestrzeni. Zupełnie prawdopodobne jest przypuszczenie, że zderzył się on z jakimś meteoroidem, który bądź spowodował całkowite zniszczenie statku, bądź też uszkodzenie jego aparatury radiowej.

Wiek XX, a zwłaszcza trzy ostatnie dziesięciolecia, przyniósł duże postępy w badaniach nad meteorami. Najlepsze wyniki dają powszechnie stosowane metody fotograficzne i radiolokacja. Radiolokator wysyła w przestrzeń sygnały radiowe i odbiera ich echo odbite od tych czy innych ciał. Dzięki radiolokacji można śledzić zjonizowane ślady meteorów nie tylko w no-

cy, lecz również za dnia, i to zarówno przy bezchmurnym niebie, jak i w warunkach całkowitego zachmurzenia. Zastosowanie radiolokacji pozwoliło wielokrotnie zwiększyć możliwość obserwowania i badania meteorów.

Wysłanie z Ziemi pierwszych sztucznych satelitów pozwoliło zapoczątkować badania nad najdrobniejszymi meteorami i pyłem kosmicznym. Cząstki te, uderzające w specjalne odbiorniki 'zainstalowane na satelitach, są rejestrowane, a ich uderzenia są drogą radiową przekazywane na Ziemię do specjalnych stacji odbiorczych. Na podstawie przyjętych sygnałów określa się liczne charakterystyki cząstek oraz bada ich ilość.

Wielka rola w obserwowaniu meteorów przypada amatorom. — miłośnikom astronomii. Prowadzenie najprostszej obserwacji meteorów nie wymaga żadnych przyrządów i każdy może się tym zajmować. Z drugiej strony rozstrzygnięcie licznych ważnych zagadnień astronomii meteorowej wymaga prowadzenia bezustannej obserwacji meteorów. Obserwacje takie można z powodzeniem prowadzić wyłącznie przy udziale dużego, zgranego kolektywu. W Związku Radzieckim już od dawna istnieją rozmieszczone w różnych punktach kraju takie zespoły obserwatorów. Prowadzą one systematyczną obserwację meteorów według specjalnego programu, a ich spostrzeżenia stanowią cenną pomoc dla naukowców. Rzetelną kolektywną pracę w zakresie obserwacji meteorów prowadzą w Związku Radzieckim miłośnicy astronomii zrzeszeni we Wszechzwiązkowym Towarzystwie Astronomiczno-Geofizycznym.

Czasami, przeciętnie raz na dziesięć lat, można zaobserwować prawdziwy deszcz „gwiezdny”, a właściwie meteorowy. Na przykład 9 listopada 1933 r. w wielu punktach Związku Radzieckiego zaobserwowano taką ulewę spadających „gwiazd”. Setki i tysiące meteorów na minutę przecinały niebo. Te większe, bardziej jaszkrawo świecące, zostawiały za sobą ogniste smugi śladów. Wszystkie one jakby wylatywały z jednego punktu na niebie; w pobliżu zaś tego punktu można było obserwować nieustanne wybuchy meteorów.

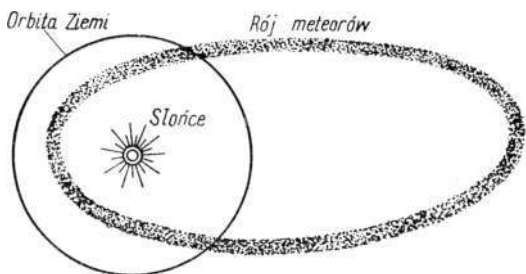
Ten deszcz meteorów trwał około- półtorej godziny stanowiąc niesłychanie atrakcyjne widowisko dla licznych przypadkowych obserwatorów. W Leningradzie tłumy ludzi stały na ulicach z zadartymi głowami podziwiając ten swoisty efektowny fajerwerk niebieski. Uczni obserwujący je z uwagą w różnych punktach Związku Radzieckiego zdobyli wtedy wiele cennych danych naukowych.

Deszcz meteorów był widoczny również w wielu innych krajach, a w niektórych — w co aż się nie chce wierzyć w tym naszym XX wieku — posłużył jako argument duchowieństwu dla przekonania wiernych, iż siły niebieskie raczyły wyrazić swe najwyższe nieukontentowanie z powodu zaniku pobożności wśród ludu. W Portugalii i w Hiszpanii księża otwierali wrota kościołów i wieszcząc koniec świata wzywali wiernych do modlitwy.

Opisy takich obfitych deszczów meteorowych można znaleźć w starych kronikach. Uczni zauważyli — przeglądając takie kronikarskie zapiski — że występowanie tego zjawiska powtarzało się regularnie co określoną liczbę lat. Na przykład stwierdzono, że meteory obserwowane corocznie w środkowej dekadzie października i nazywane Leonidami (od łacińskiej nazwy gwiazdozbioru Lwa — *Leo*, z którego one promieniają) pojawiają się szczególnie obficie co każde 33 z ułamkiem lat. Staroruskie latopisy (kroniki) podają, że deszcz meteorowy Leonid był zaobserwowany już w XIII wieku. Pod datą 1202 r. staroruski kronikarz pisał: „owej zimy płynęło całe niebo i było czarne... i widziano potoki gwiazdne będące na niebiesiech”. W tzw. Nikonowskim latopisie zapis z 1533 r. podaje: „w... nocy z piątku na sobotę, w grodzie Moskwie mnoży ludzie widzieli: gwiazdy po niebie przeciągały jako powróśła, leciały ze wschodu na północny zachód”,

W jaki sposób można wytłumaczyć występowanie deszczów meteorowych? Otóż oprócz pojedynczych ciał i cząstek meteorowych, których wpadanie w atmosferę objawia się w postaci świecących „gwiazd”, istnieją w przestrzeni międzyplanetarnej roje meteorów. Są to skupiska niezliczonej liczby cząstek me-

teorowych, które obiegają Słońce po określonych orbitach. W niektórych punktach na orbitach tworzą one miejscowe zagęszczenia (rys. 1). Krążąca wokół Słońca Ziemia w pewnych dniach roku przecina orbity to tych, to innych rojów meteorowych i wtedy właśnie napotyka tak liczne cząstki meteorowe, które wpadając do atmosfery powodują zjawisko deszczu meteorów.



Rys. 1. Rój meteorów w przestrzeni międzyplanetarnej

Najczęściej roje meteorów są bardzo słabe, mało aktywne. Śledząc na przykład określony wycinek nieba, gdzie powinien występować deszcz meteorów, można w ciągu godziny naliczyć ich zaledwie koło dziesięciu, czasem tylko (niewiele więcej).

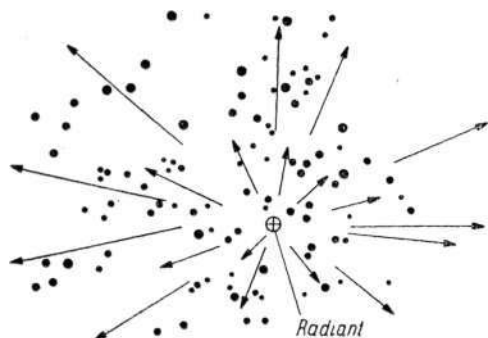
Niekiedy jednak, podczas przechodzenia przez orbitę roju meteorów, Ziemia może dostać się w zagęszczenie tych cząstek i wtedy wystąpi obfity deszcz meteorów. Takie przypadki jednak zdarzają się rzadko; zwykle w czasie przecinania orbity roju meteorów można dostrzec tylko niewielką ich liczbę.

Gdybyśmy obserwując rój meteorów nakreślili drogę każdego z nich na gwiazdnej mapie nieba i oznaczyli strzałkami, gdzie pojawił się i zniknął każdy niebieski włóczęga oraz na tle jakich gwiazd przeleciał, stwierdzilibyśmy, że meteory rozlatują się jakby wachlarzowo z jednego określonego wycinka nieba. Gdybyśmy następnie przedłużyli strzałki w ostronę, z której wyleciał każdy meteor, przecięłyby się one mniej więcej w jednym punkcie nazywanym *radiantem* (rys. 2).

To wachlarzowate rozbieganie się meteorów po nie-



bie jest tylko złudzeniem. W rzeczywistości cząstki meteorowe poruszają się w przestrzeni równolegle jedna w stosunku do drugiej. Tylko na skutek tego, że wlatując do atmosfery przybliżają się do obserwatora, powstaje owo wrażenie rozlatywania się w różne strony. Podobnie wydaje się, że tory kolejowe, bądź drzewa rosnące po obu stronach drogi wychodzą jakby z jednego punktu w przestrzeni, gdy tymczasem biegną one cały czas równolegle.



Rys. 2. Schematyczny rysunek radiantu roju meteorów

Każdy rój meteorów otrzymuje nazwę od gwiazdozbioru, w którym znajduje się jego radiant.

Liczba znanych obecnie rojów meteorowych jest dość znaczna, jednak tylko niektóre z nich odznaczają się aktywnością. Tak więc w dniach 1—4 stycznia obserwuje się w gwiazdozborze Smoka rój Kwadrantyd, 16—23 lutego w gwiazdozborze Lutni pojawiają się Lirydy, 1—5 maja w gwiazdozborze Wodnika — Akwarydy Majowe, 20—31 lipca w tej samej konstelacji — Akwarydy Lipcowe, 1—20 sierpnia w gwiazdozborze Perseusza — Perseidy, 7—10 października występuje w konstelacji Smoka rój Drakonid (stąd wywodził się właśnie opisany wyżej deszcz meteorowy), 16—23 października w gwiazdozborze Oriona — rój Orionid, 10—18 listopada w gwiazdozborze Lwa — rój Leonid i wreszcie 5—15 grudnia w gwiazdozborze Bliźniąt — rój Geminid.

Rój meteorów trwa zwykle kilka dni, czasem dłużej. Obserwując przez kilka nocy meteory jakiegokolwiek roju możemy zauważyć, że ich radiant nie pozostaje w jednym miejscu, lecz powoli przesuwa się po niebie. Jak to wytłumaczyć? Otóż po prostu w miarę przechodzenia Ziemi w poprzek roju kierunek jego orbity, a w następstwie i ruch poszczególnych cząstek (w stosunku do Ziemi) zmienia się.

Określenie za pomocą pomiarów położenia radiantów ma niebie i ich przesunięcia (w czasie przechodzenia poszczególnych rojów) pozwala ustalić orbitę roju, zbadać jego strukturę i rozwój, a także ustalić wiele innych ważnych danych.

Systematyczne badania dawno już nasunęły badaczom myśl, że roje meteorów mają coś wspólnego ze szczególnym zjawiskiem niebieskim zwanym kornetą. Uczony rosyjski F. A. Bredichin pierwszy wysunął teorię powstawania rojów meteorowych z komet.

Komety zbudowane są z niezbyt zwartej masy zestalonych gazów (metanu, amoniaku i innych), a także z kryształków zamrożonej wody, zanieczyszczonej wtrąceniami najrozmaitszych cząstek stałych — żelaznych i kamiennych. Różnią się one wyraźnie swym wyglądem zewnętrznym od innych ciał niebieskich, na przykład gwiazd bądź planet, ponieważ zwykle mają warkocz. Składa się on z najdrobniejszych pyłków i gazu; u dużych jasnych komet może być bardzo długi i ciągnąć się daleko po niebie (rys. 3). Niektóre komety są widoczne w ciągu wielu nocy, a zdarza się nawet, że przez kilka tygodni lub miesięcy.

Obserwując jakąkolwiek kometę można łatwo zauważyć, że już w ciągu jednej nocy, a niekiedy kilku godzin, przesunie się ona wyraźnie na tle gwiazd. Komety, tak samo jak planety, znajdują się daleko poza granicą atmosfery ziemskiej; ich odległość od Ziemi mierzy się dziesiątkami i setkami milionów kilometrów. Jednakże mogą one zbliżać się do Ziemi na mniejsze odległości, a nawet niekiedy ich orbity mogą przecinać orbitę naszej planety.

Komety obserwuje się na niebie każdego roku, jednak są one zwykle tak słabo widoczne, że mogą być



Rys. 3. Jasna kometa

dostrzeżone tylko przez teleskop. W rzadkich bardzo przypadkach, przeważnie nie częściej niż raz na dziesięć lat, pojawia się na niebie jasna kometa z długim warkoczem, widoczna (nieuzbrojonym okiem).

Badania komet wykazały, że są to ciała niebieskie bardzo nietrwałe. Z czasem każda kometa rozpada się na poszczególne części; twarde cząstki stopniowo rozpraszają się po orbicie, a kryształki lodu wyparowują.

Szczególnie dużo materiału naukowego dostarczyła kometa nazwana kometa Bieli na cześć czeskiego miłośnika astronomii, który ją odkrył. Kometa Bieli dokonywała pełnego okrążenia wokół Słońca w ciągu

6,5 roku. W kilka dni po pojawieniu się w 1846 r. rozpadła się na dwie części; zamiast jednej, na niebie pojawiły się dwie komety, bardzo do siebie podobne. Stopniowo oddalały się od siebie i gdy w 1852 r. znów obie dostrzeżono na niebie, odległość między nimi zwiększyła się mniej więcej dziesięciokrotnie w porównaniu z tą, którą obserwowano w czasie ich pierwszego pojawienia się. Następnie obie komety przepadły. Powinny były zbliżyć się do Ziemi i pojawić się znowu 27 listopada 1872 r., lecz zamiast nich posypał się olbrzymi deszcz meteorów. Badania wykazały, że został on spowodowany przez rój meteorów, którego orbita zgadzała się dokładnie z orbitą komety Bieli. Właśnie w momencie pojawienia się deszczu meteorów Ziemia przecinała jego orbitę, a ściślej orbitę dawnej komety.

Przy tym wypadku ustalono, że i pewne roje meteorów związane są z określonymi kometami. Niektóre z tych komet istnieją jeszcze do tej pory i co pewien czas pojawiają się na niebie, chociaż stają się coraz słabsze. Inne zakończyły swój żywot i rozpadły się całkowicie na rój meteorów.

Deszcz meteorów zaobserwowany 9 października 1933 r. był spowodowany przejściem Ziemi przez zgęszczenie cząstek meteorowych, które oddzieliły się od komety Giacobini-Zinnera i poruszały po orbicie tej komety. Rój meteorów otrzymał nazwę Drakonid, gdyż jego radiant znajdował się w gwiazdozbiornie Smoka (Drakona).

Nocą z 9 na 10 października 1946 r. Ziemia znów powinna była przeciąć orbitę komety Giacobini-Zinnera i napotkać zgęszczenie cząstek meteorowych. Astronomowie oczekiwali dlatego pojawienia się obfitego deszczu meteorów. Przygotowywano się więc pilnie do przeprowadzenia obserwacji, zainstalowano też aparaturę radiolokacyjną. Przewidywania astronomów sprawdziły się, lecz niestety „opad” deszczu meteorowego (na terytorium ZSRR) nastąpił nad ranem, a największe jego nasilenie miało miejsce o godzinie 10 rano, a więc w pełnym świetle dziennym. Nie można było zobaczyć meteorów nieuzbrojonym

okiem i zostały one tylko zarejestrowane za pomocą aparatury radiolokacyjnej\*.

Następne z kolei przecięcie przez Ziemię zgęszczenia cząstek meteorowych komety Giacobini-Zinnera powinno było nastąpić w 1959 r. Badając zmianę orbity roju meteorów związanego z tą kłometą (na podstawie



Rys. 4. Bolid widziany nocą

obserwacji z 1933 i 1946 r.) astronomowie ustalili, że orbita jej uległa zmianie i że w 1959 r. Ziemia przejdzie obok zgęszczenia cząstek komety. Uczni zapowiedzieli, że w 1959 r. nie wystąpi deszcz meteorowy. I rzeczywiście, nawet najstaranniej prowadzone obserwacje nie zdołały go wykryć.

Zdarza się czasami nocą, że nagle całe niebo rozjaśnia się jaskrawym migotliwym blaskiem, staje się jasno co najmniej jak podczas pełni Księżyca. Po niebie przelatuje ognista kula ciągnąc sypiący iskrami ogon (rys. 4) i pozostawiając za sobą jasny, jakby mglisty ślad. Ta kula ognista to bolid, który przelatuje w ciągu kilku sekund i nie osiagając Ziemi

\* Obserwowano je jednak wizualnie gdzie indziej, m.in. w Polsce (*przyp. red.*).

ginie tak samo nagle, jak się pojawił. Blask gaśnie i znów wszystko wokół pogrąża się w ciemnościach. Zwykle w kilka minut po zniknięciu bolidu rozlegają się przerywane grzmoty przypominające wybuchy, po nich następuje łoskot i trzask, a następnie stopniowo cichnące dudnienie. Zjawiska te występują niekiedy z bardzo dużą siłą. Grzmoty bywają słyszane w odległości 100 km, a blask i przelatujący bolid dają się obserwować w promieniu kilkuset kilometrów.

Jasne bolidy bywają czasem widoczne także podczas dnia przy bezchmurnym niebie, w pełnym Słońcu; zwykle pozostawiają one ślady w postaci jasnoszarych pasm. W dolnej części śladu nierzadko widoczny jest ciemny, czasem zaś prawie czarny obłoczek.



Rys. 5. ślad **bolidu** sfotografowany w **dniu 19** października **1941** x. na Półwyspie **Czukockim**



Rys. 6. Ten sam ślad sfotografowany w jakiś czas później, już zniekształcony przez prądy powietrza

Ślady bolidów mogą utrzymywać się na niebie dość długo, od kilku minut nawet do paru godzin. Początkowo ślad taki ma kształt prostej linii i ciągnie się wzdłuż toru bolidu. Wkrótce jednak silne wiatry wiejące w stratosferze na różnych wysokościach i w różnych kierunkach zaczynają rozwiewać i wyginać ślad, który jak bajkowy gigantyczny smok przyjmuje kształt zygzakowaty i zaczyna przesuwac się *po* niebie (rys. 5 i rys. 6). Jasność śladu stopniowo słabnie, rozrywa się on na kłęby, które wiatr roznosi i w końcu rozprasza całkowicie.

Bolidy i pozostawiane przez nie ślady przyczyniły się zapewne do stworzenia kiedyś baśni o smokach ognistych; tu prawdopodobnie należy szukać źródeł ich narodzin.

Na przestrzeni wieków religie wykorzystywały pojawienie się bolidów dla podtrzymania wśród ludzi uczucia strachu przed mocami niebieskimi. Duchowni

głosili, że każdy bolid to zapowiedź kary za grzechy, Tego rodzaju przepowiednię można znaleźć w różnych księgach kościelnych, w których zapisano liczne przypadki pojawiania się bolidów.

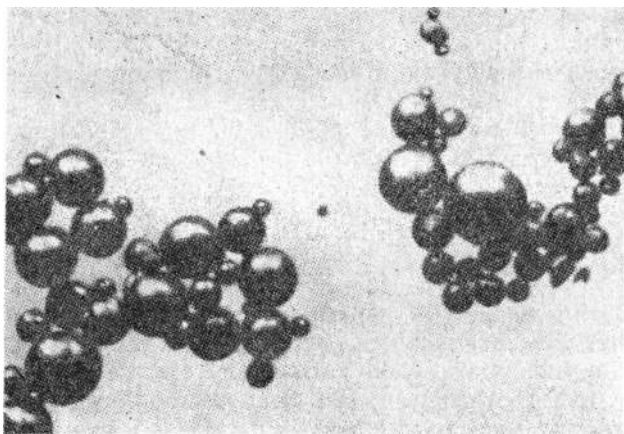
Jak nauka tłumaczy występowanie bolidów?

Bolidy są wywoływane przez wtargnięcie w atmosferę ziemską meteoru z przestrzeni międzyplanetarnej. Wielkość tego ciała znacznie przewyższa wymiary maleńkich okruchów, których cząstki powodują pojawienie się zwykłych meteorów. Wiadomo, że ciała meteorowe wpadające w atmosferę ziemską są najrozmaitszej wielkości — od maleńkich cząstek do dużych kamieni. Dlatego obserwuje się meteory i bolidy różnych rozmiarów i jasności — od słabych meteorów widzianych tylko przez teleskopy do bardzo jasnych bolidów dostrzegalnych nawet w dzień, przy pełnym słońcu.

Cząstki meteorowe wpadają do atmosfery ziemskiej z olbrzymią prędkością. Już w wysokich, bardzo rozrzedzonych warstwach atmosfery napotykają one silny opór powietrza. Przed lecącym meteorom tworzy się coś w rodzaju poduszki z silnie sprężonego powietrza. Ta poduszka powietrzna silnie nagrzewa się do temperatury tysięcy stopni i świeci oślepiająco jaskrawym światłem. Nagrzewa się również powierzchnia meteoru. W tym właśnie momencie widzimy na niebie lecący bolid. Początek świecenia (pojawienie się bolidu) następuje zwykle na wysokości 100—120 kilometrów nad powierzchnią Ziemi. Z powodu wysokiej temperatury powierzchnia meteoru nagrzewa się, topi, a nawet wyparowuje. Pęd powietrza odrywa stopniowo cząstki wierzchniej jego warstwy i w ten sposób za meteorom tworzy się z nich ognisty warokocz. Stopniowo substancja rozpryskuje się w atmosferze na maleńkie kropelki, które natychmiast zastygają i zmieniają się w kuleczki o średnicy dziesiątych i setnych części milimetra (rys. 7). Z takich właśnie cząstek składają się pyłowe ślady bolidów. Kuleczki, z których tworzy się ślad bolidu, stopniowo rozpraszają się w atmosferze i osiadają na powierzchni Ziemi, mieszając się z glebą.



Prędkość ruchu meteoru w atmosferze stopniowo maleje z powodu oporu powietrza, zwłaszcza w niższych, bardziej gęstych warstwach atmosfery. Jednocześnie zmniejsza się i sam meteor — spala się on jakby w atmosferze.



Rys. 7. Te kuleczki to cząstki pyłowego śladu bolidu; wydobyto je z ziemi w rejonie spadku sichte-alińskiego deszczu meteorytów żelaznych

W czasie ruchu z kosmiczną prędkością w atmosferze tworzy się wokół meteoru fala balistyczna. Ta fala sprężonego powietrza opływa w postaci stożka przednią stronę meteoru, a następnie przybiera kształt cylindryczny. Osiągając powierzchnię Ziemi rodzi ona dźwięki, huki, grzmoty, trzaski itd. Fale balistyczne tworzą się wokół każdego ciała stałego, na przykład wokół pocisku, poruszającego się w powietrzu z prędkością naddźwiękową, czyli większą od 330 m/sek (na poziomie morza). Jednakże fale balistyczne tworzące się wokół meteorów w następstwie ich wielkiej prędkości są nieporównanie silniejsze. Są one zdolne nie tylko spowodować ogłuszające grzmoty, lecz także wyrzucić pewne działanie mechaniczne, np. wstrząsy Ziemi, drżenie i wypadanie szyb okiennych, spadanie

przedmiotów itp. Najwyraźniej można takie skutki obserwować w miejscach, nad którymi przeleciał bolid.

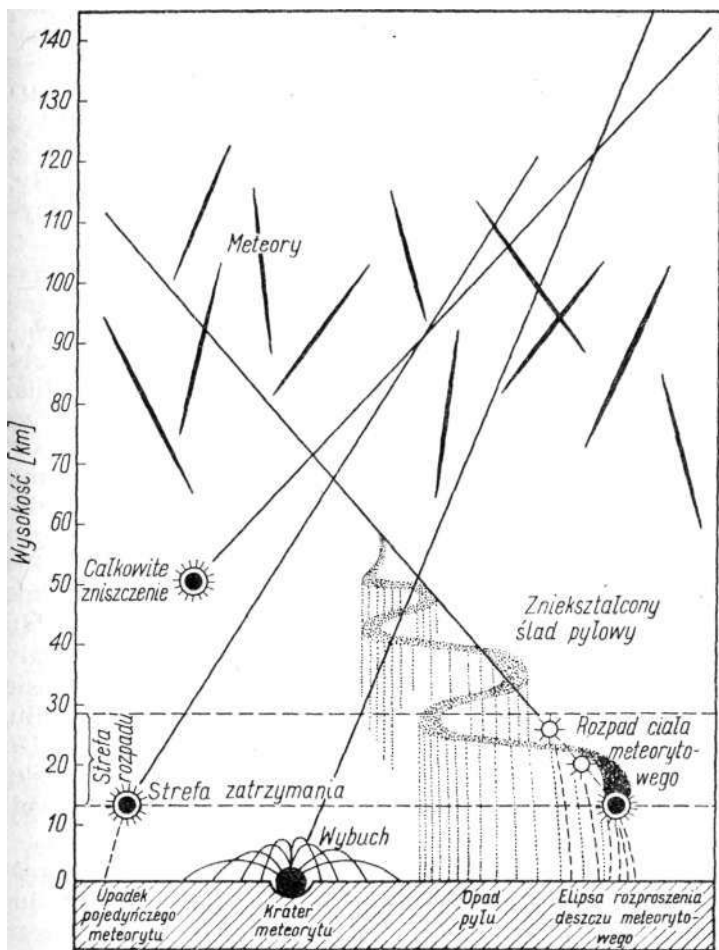
Wyraźne, urywane dźwięki wywoływane przez fale balistyczne (podobne do grzmotów wywoływanych przez bolidy) można często słyszeć po przelocie z prędkością naddźwiękową samolotów odrzutowych.

Fale dźwiękowe powstają po przeniknięciu meteoru na wysokość mniej więcej 50—60 km nad powierzchnią Ziemi (dopiero na tej wysokości atmosfera ziemską jest dostatecznie gęsta, by mogły się w niej rozchodzić fale dźwiękowe).

To co pozostało z meteoru, co nie zdążyło- spalić się i wyparować w atmosferze — spada na Ziemię w postaci kamienia lub kawałka żelaza. Te właśnie kamienne lub żelazne odłamki nazywamy meteorytami.

Aby lecący w 'kierunku Ziemi meteor mógł spaść na jej powierzchnię, potrzebne są dwa warunki — dostateczna jego wielkość oraz ruch w tym samym kierunku, w którym porusza się Ziemia. Prędkość wpadania do atmosfery takich „doganiających” ją lub „doganianych” przez nią cząstek meteorowych jest najmniejsza, równa w przybliżeniu 11 do 15 km/sek, i dzięki temu tylko takie doganiające lub doganiane meteory zdołają się ostać przed zupełnym zniszczeniem.

Cząstka meteorowa, która wpada do atmosfery ziemskiej i dostaje się w coraz niższe, bardziej gęste jej warstwy, natrafia na stale wzrastający opór powietrza. Prędkość jej ciągle się zmniejsza, tak że na wysokości 5—20 km nad powierzchnią Ziemi ta resztką meteoru, która się zachowała, prawie całkowicie traci swą prędkość kosmiczną. Ten odcinek drogi meteoru, gdzie przestaje on już ulegać dalszemu nagrzewaniu, nazywa się strefą zatrzymania. Cienka warstewka roztopionej materii na powierzchni meteoru bardzo szybko stygnie i twardnieje, tworząc cienką skorupę. W tym właśnie momencie lecący po niebie bolid ginie nam z oczu, znika rozjaśniający ciemności nocne blask i resztką meteoru zmieniając kierunek swego ruchu w stosunku do Ziemi (który do tego momentu może być dowolny) spada niemal prostopadle na Ziemię podlegając sile jej przyciągania (rys. 8).



Rys. 8. Schemat lotu i spadania meteoroidów

Spadaniu pozostałości ciała meteoroidalnego — meteoroidu — po przejściu strefy zatrzymania nie towarzyszą już zjawiska świetlne. Meteoroid nie ulega bowiem od tej chwili nagrzewaniu, lecz przeciwnie — obniża swą temperaturę, pokrywa się wystygłą sko-

rupą. Meteoryty spadają na Ziemię już tylko ciepłe, niekiedy gorące, ale nie rozżarzone, jak niektórzy sądzą. Przecież czas przelotu meteoru przez atmosferę ziemską (z prędkością kosmiczną), gdy ulega on silnemu nagrzewaniu, trwa zaledwie kilka sekund. Przez ten bardzo krótki czas meteory nie zdążą rozgrzać się całe i w głębi pozostają tak samo chłodne, jakie były, zanim wtargnęły do atmosfery z przestrzeni międzyplanetarnej.

Spadający meteoryt nie może wywołać pożaru, nawet jeśli upadnie na łatwopalne materiały. Znane są liczne przypadki, gdy meteoryty spadały na słomę, na kryte' papą dachy itp. i nie tylko nie wznicały pożaru, lecz nawet nie pozostawiały śladów opalenia. Wszelkie wieści o tym, że gdzieś tam spłonął dom czy stodoła od meteorytu, są najzupełniej nieprawdziwe.

Atmosfera ziemską stawia silny opór pędzącemu meteorowi. Oprócz tego stwarza ona olbrzymie ciśnienie na jego powierzchni. W następstwie nagrzewania się i ciśnienia powietrza meteor rozpada się zwykle na mniejsze cząstki. Obserwatorzy widzą właśnie w tym momencie rozpryskiwanie się lecącego bolidu na ogniste okruchy. Od meteoru niemal przez cały czas odrywają się drobne odłamki, które żarząc się wywołują wrażenie iskier odpryskujących od bolidu. Najczęściej meteory ulegają rozdrobnieniu w pobliżu strefy zatrzymania. Dlatego świadkowie tego zjawiska często stwierdzają, że bolid przed zniknięciem rozpadł się na części sypiąc snopami iskier.

Rozpadanie się meteorów jest powodem, że najczęściej meteoryty opadają na Ziemię jednocześnie w dużych ilościach, niekiedy nawet w postaci tak zwanego kamiennego lub żelaznego deszczu meteorytowego. Po takim „opadzie” zbiera się na Ziemi dziesiątki, setki, a nawet tysiące meteorytów (p. rys. 8).

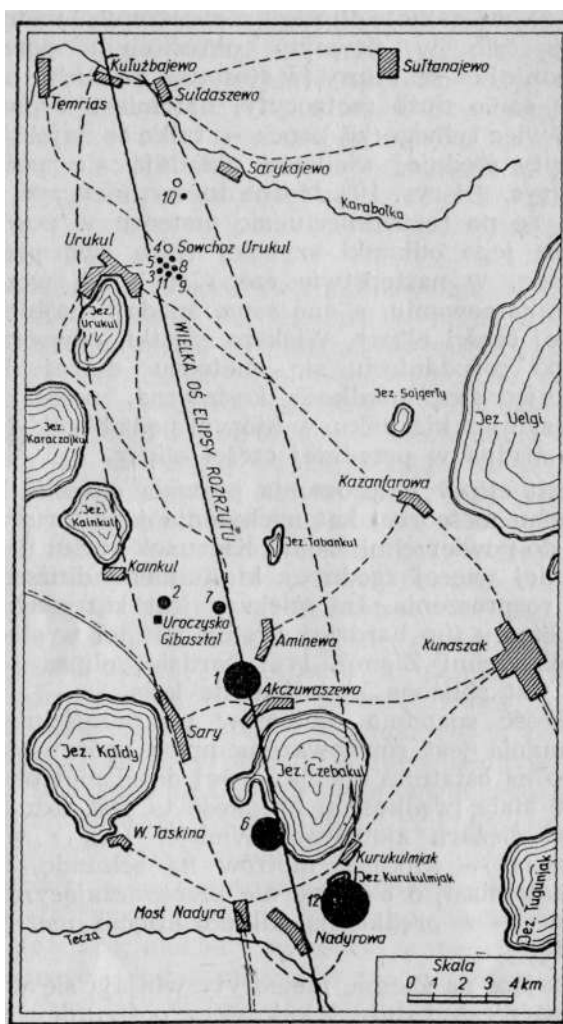
Meteoryty spadające w postaci żelaznego bądź kamiennego deszczu zostają rozsiane na powierzchni Ziemi na pewnej przestrzeni, którą można by zamknąć w kształcie elipsy, i dlatego miejsca ich upadku nazywane są elipsami rozproszenia. Cie-

kawę, że w takiej elipsie rozproszenia meteoryty układają się w pewnym określonym porządku. W przedniej części elipsy (w stosunku do ruchu bolidu) spadają same duże meteoryty, natomiast z przeciwnego, a więc tylnego jej końca — tylko te najmniejsze; meteoryty średniej wielkości układają się pośrodku elipsy (rys. 9 i rys. 10). Można to wytłumaczyć w ten sposób, że po rozpadnięciu się meteoru w powietrzu mniejsze jego odłamki szybciej tracą swą prędkość kosmiczną, w następstwie czego ruch ich wcześniej ulega zahamowaniu, a one same spadają najbliżej — w tylnej części elipsy. Większe cząstki, odwrotnie — będą po rozpadnięciu się meteoru dłużej leciały zachowując swą prędkość kosmiczną, polecą dalej w tym samym kierunku, w którym pędził bolid i oczywiście spadną w przedniej części elipsy.

Kształt elipsy rozproszenia pozwala określić kierunek ruchu meteoru i kąt nachylenia jego toru w stosunku do powierzchni Ziemi. Kierunek ruchu meteoru jest mniej więcej zgodny z kierunkiem dłuższej osi elipsy rozproszenia. Im większy jest kąt nachylenia toru meteoru (im bardziej stromy jest tor w stosunku do powierzchni Ziemi), tym bardziej elipsa rozproszenia jest zbliżona kształtem do koła.

Prędkość spadania meteorów po przejściu strefy zatrzymania jest równoważona przez opór powietrza. Dlatego na ostatnim odcinku swej drogi meteory opadają ze Stałą prędkością. Prędkość ta jest różna i zależy od ciężaru meteorów. Większe lecą z większą prędkością — kilkuset metrów na sekundę, bardzo małe natomiast, o ciężarze nie przekraczającym kilku gramów — z prędkością kilkudziesięciu metrów na sekundę.

Spadające na Ziemię meteoryty wbijają się w glebę i tworzą niezbyt duże leje-kratery o średnicy równej mniej więcej średnicy meteorytu. Głębokość leja zależy od rodzaju gleby, ciężaru i kształtu meteorytu; może ona osiągać 1 do 2 m. Rzadko kiedy meteoryty zagłębiają się w ziemię na większą głębokość. Grudki ziemi wokół leja zostają rozrzucone na odległość dziesiątków metrów. Często się zdarza, że większe mete-



Rys. 9. Elipsa rozproszenia deszczu meteorytowego Kunaszak, który spadł w obwodzie czelabińskim 11 czerwca 1949 r. (ZSRR). Za pomocą kółek czarnych, jasnych i kropek oznaczono miejsca spadku poszczególnych meteorytów znalezionych, zagubionych i przypuszczalnych. Wielkości kółek odpowiadają względnym wymiarom kamieni

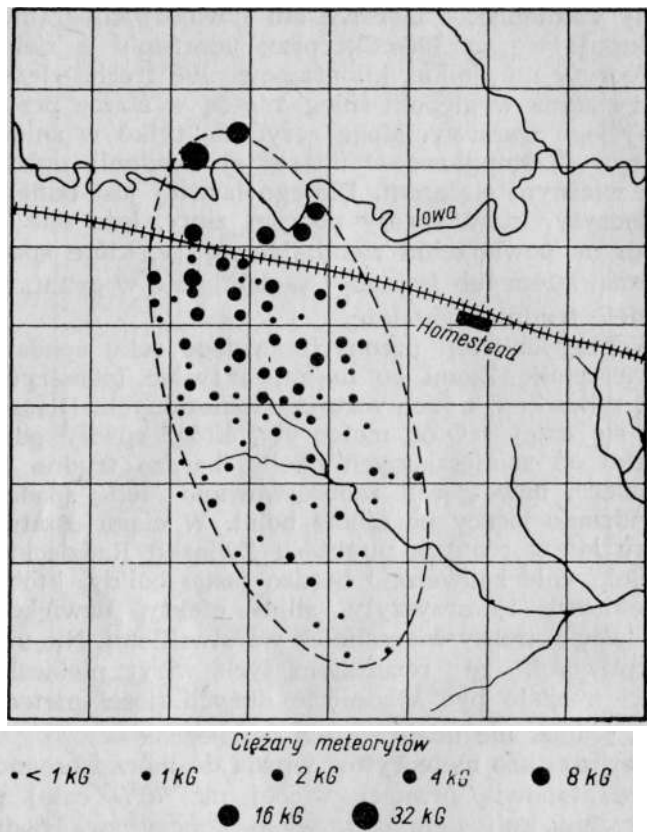
oryty kamienne, o ciężarze stu i więcej kilogramów, rozłupują się na kawałki' przy uderzeniu o ziemię. Meteoryty niewielkie, kilogramowe lub trochę cięższe, jeśli spadną w głęboki śnieg, nie są w stanie przebić całej jego warstwy. Mogą zaryć się tylko w<sup>7</sup> śnieżną pokrywę i stopniowo w miarę jej topnienia opadają pod własnym ciężarem. Dlatego łatwiej jest odnaleźć meteoryty, które spadły podczas zimy, leżą one bowiem na powierzchni ziemi. Meteoryty, które spadły wiosną, latem lub jesienią i zagłębiły się w grunt, jest o wiele trudniej odnaleźć.

Według obliczeń uczonych każdego roku spada na powierzchnię Ziemi co najmniej tysiąc meteorytów, lecz tylko 3—5 z nich zostaje odnalezionych. Dlaczego tak się dzieje? Otóż meteoryty, które spadły gdzieś daleko od zamieszkanym okolic, bardzo trudno jest odnaleźć, nawet jeśli zaobserwowano ich spадanie i widziano lecący po niebie bolid. W ciągu ostatnich kilku lat w różnych punktach Związku Radzieckiego wielokrotnie zauważono bardzo jasne bolidy, których przelotowi towarzyszyły silne efekty dźwiękowe, a nawet wstrząsy wierzchnich warstw Ziemi. Nie ulega wątpliwości, że rezultatem tych wizyt niebieskich gości musiało być spadnięcie dużych ilości meteorytów, jednak nie udało się ich odnaleźć.

Bardzo dużo meteorytów wpada do mórz i oceanów, które stanowią przecież więcej niż 70% całej powierzchni kuli ziemskiej, wiele kończy swą podróż wśród pustyń, w okolicach biegunów, w okolicach górskich, na obszarach pokrytych lasami i w innych mało zaludnionych okolicach. Leżą one tam przez wiele lat i w końcu z upływem czasu ulegają zupełnemu zniszczeniu.

Dotychczas zebrano na całej kuli ziemskiej meteoryty po 1700 spadkach. Trzeba przy tym uwzględnić, że niejednokrotnie zebrano ich od razu setki i tysiące w rezultacie deszczów meteorytowych. Dlatego też w licznych muzeach na całym świecie przechowuje się wiele dziesiątków tysięcy meteorytów i ich odłamków. Według przybliżonych obliczeń zebrano w całym





Rys. 10\*. Elipsa rozproszenia deszczu meteorytowego Homestead w stanie Iowa (USA)

świecie około 500 ton meteorytów, z czego mniej więcej połowę znaleziono przypadkiem, to znaczy, że ich spadku nikt nie zaobserwował. Wiele z nich przez wiele setek, a nawet tysięcy lat przeleżało w ziemi, zanim ktoś na nie natrafił.

Meteoryty zebrane w Związku Radzieckim są rezultatem 128 spadków. Kilka ciekawszych opisów znalezienia tych okrusów materii pozaziemskiej przytoczymy dalej.

Zgodnie z panującym obyczajem meteoryty otrzymują imię od nazwy miejscowości, w pobliżu której spadły na Ziemię. Tak więc mamy meteoryty o nazwach: Bogusławka, Stare Boryskino, Orłówka, Helenówka itd.

Wiele ludzi niepokoi pytanie, czy meteoryty są niebezpieczne? No bo jeśli taki kamyk spadnie komuś na głowę?... Oczywiście, gdyby spadający meteoryt trafił człowieka, mógłby go zranić lub nawet zabić, lecz prawdopodobieństwo takiego wypadku jest znikomym małe, praktycznie równe zeru. Pomimo że meteoryty spadają na Ziemię w tak wielkich ilościach, do tej pory zanotowano tylko jeden jedyny wypadek, gdy meteoryt trafił w człowieka i zranił go. Zdarzyło się to w Stanach Zjednoczonych 30 listopada 1954 r. Kamienny meteoryt o ciężarze 3,8 kG upadł na dach domu mieszkalnego, przebił go, przedziurawił strop, wpadł do pokoju i uderzył w radioodbiornik. Odbił się od niego i trafił leżącą w łóżku pod dwoma pikowanymi kołdrami kobietę, która poniosła szwank w postaci kilku siniaków na lewym udzie i przegubie lewej ręki. Podano również, że w Japonii mały meteoryt trafił dziewczynkę, lecz nie uczynił jej krzywdy, tylko zaplątał się w fałdach jej kimona. Nawet trafienia meteorytów w budynki zanotowano zaledwie w ponad 30 przypadkach, a przecież budowle zajmują przestrzeń nieporównanie większą niż ludzie znajdujący się akurat pod gołym niebem. Jeden z takich meteorytów o ciężarze około 250 G, który spadł w obwodzie czelabińskim 11 czerwca 1949 r., trafił w kryty papą dach suszarni zboża. Przebił on dach, uszkodził krokwie, strop i przez otwór w suficie spadł na podłogę suszarni, gdzie go znaleziono.

Podobny przypadek miał miejsce w USA 13 października 1959 r. Niewielki kamienny meteoryt mający ciężar około 2 kG spadł na dach domu mieszkalnego. Uderzył o brzeg dachu, po czym odłupawszy kawałek muru i rury wodociągowej spadł na podwórze. Tam też go znaleziono.

Mimo że jak wynika, meteoryty nie są groźne, z dawien dawna budziły lęk wśród ludzi; wykorzystywali

to w starożytności kapłani, a w późniejszym okresie duchowni wszystkich religii. Upadek meteorytu stanowił bardzo zły znak — wróżył wszelkie możliwe plagi: wojnę, epidemię, głód, nieurodzaj. Meteoryty były uważane za wysłanników niebios i traktowane jako święte kamienie. Przypisywano im cudowne właściwości, umieszczano w świątyniach, opatrywano nimi nieboszczyków na ostatnią podróż (w muzeach przechowywane są meteoryty znalezione przez archeologów w starych grobach). Niektórym oddawano cześć boską i odprawiano przed nimi ceremonie religijne. Z kronik, które zachowały się do naszych czasów, wiadomo, że kult meteorytów istniał już 3000 lat temu. Na mone-tach pochodzących z tamtych czasów znajdujemy wi-zerunek meteorytu.

U wielu starożytnych ludów sporządzano z żelaznych meteorytów najróżniejsze narzędzia domowe i prymitywną broń — noże, oszczepy, groty strzał itp.

W roku 1009 sułtan Chorezmu postawił swoich płatnerzy w kłopotliwej sytuacji, gdy im kazał wykuć szablę z żelaznego meteorytu. Okazało się, że poogrzaniu żelazo nie nadaje się do kucia; jest to charakterystyczna cecha meteorytów żelaznych, które po nagrzeniu stają się kruche, a kowalne są tylko na zimno.

Wiele szczęścia miał Dżehangir, władca indyjskiego księstwa Lahore. W roku 1621 miejscowi rzemieślnicy wykuli mu z meteorytu o ciężarze 1,25 kG dwie szabelki, sztylet i ostrze lancy.

Nawet obecnie u niektórych ludów można jeszcze znaleźć różne wyroby z żelaza meteorytowego. I Niektórych podróży

nie prymitywnych noży żelaznych przez Eskimosów, którzy nigdy nie mieli kontaktów z rudą żelaza, a tym bardziej z hutnictwem w jakiegokolwiek postaci. Po zbadaniu okazało się, że noże te wykonane były z żelaza meteorytowego.

W średniowiecznych księgach zanotowano wiele faktów upadku meteorytów na Ziemię, jako że i w tych czasach uważano je za kamienie święte, wysłańców bożych itd. Duchowni każdy fakt zaobserwowania

upadku meteorytu traktowali jako okazję do przepowiadania, zależnie od potrzeby, wielkich nieszczęść, kary za grzechy, za upadek wiary itp. Przynosiły też one spory dochód — w miejscach gdzie je znaleziono, budowano kaplice, organizowano nabożeństwa i procesje i oczywiście zbierano datki od przestraszonych należycie wiernych.

Kamienny 127 kG meteoryt, który spadł 1942 r. w Niemczech w pobliżu Ensisheim nad górnym Renem, był przechowywany w tamtejszym kościele. Leżał on przykuty łańcuchami do muru, aby nie mógł ulecieć z powrotem do nieba, -a pobożny lud oddawał mu cześć jako wysłannikowi bożemu.

W 1296 r. w okolicy miasta Wielikij Ustiug spadł duży meteoryt. Popi ogłosili natychmiast, że ta „kamienna chmura” została zesłana dla ukarania mieszkańców grodu za osłabnięcie wiary, lecz modlitwy nawiedzonego Prokopija żyjącego w tymże grodzie zdołały przebłagać zagniewanego Stwórcę i chmura ominęła miasto; kamień, który miał być narzędziem kary, spadł kilkadziesiąt kilometrów dalej. W miejscu, gdzie znaleziono meteoryt, stanęła kaplica, w której w określonym dniu tygodnia odbywała się procesja i nabożeństwo dziękczynne za ocalenie grodu.

W Japonii do dnia dzisiejszego uważa się meteoryty za kamienie święte.

W świętym mieście muzułman — Mekce — wmurowany jest w ścianę świątyni niewielki kamienny meteoryt, tak zwany czarny kamień Kaaby. Tłumy wiernych odbywają co roku pielgrzymki do Mekki, aby mu oddać cześć. Miliony pocałunków składane na nim wygładziły go już i wypolerowały do połysku.

Znachorzy i cudotwórcy i wielekroć wykorzystywali (zresztą gdzieś tam robią to do dziś) znalezione meteoryty jako środek uzdrawiający z wszystkich chorób. Zmielony i roztarty na proszek meteoryt mieszano z wodą i dawano do wypicia chorym. Oczywiście meteoryty nie mają żadnych własności leczniczych.

Badaniu meteorytów uczeni poświęcają wiele uwagi. W Związku Radzieckim zebrano i zabezpieczono meteoryty z wielu spadków. Jedne znaleziono przypad-

kowo, inne zaobserwowano spadające. Stanowią one oczywiście tylko nieznaczną część tego, co spadło w przeciągli! 160 lat, tj. od chwili gdy zaczęła się nimi interesować nauka.

Udało się zebrać ciekawe i dokładne opisy upadków licznych meteorytów. Dla niektórych z nich można było określić tor lotu w atmosferze ziemskiej i orbitę w przestrzeni międzyplanetarnej oraz zbadać zjawiska, które towarzyszyły ich poruszaniu się w atmosferze.

Oto kilka najbardziej interesujących spadków meteorytów XX wieku.

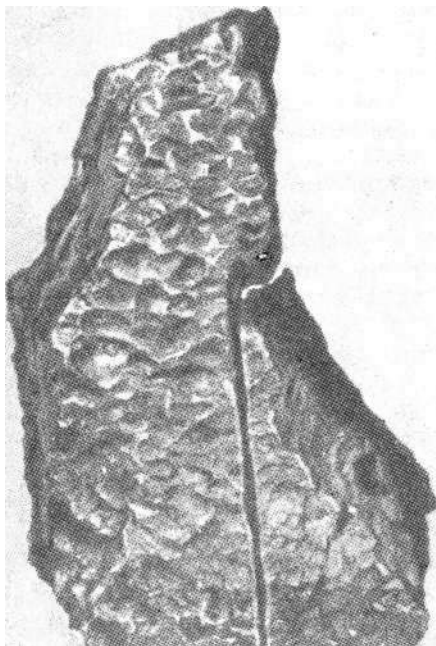
22 maja 1904 r. o godzinie 23.34 rozprysnął się w powietrzu bolid i spadł w postaci deszczu meteorytów pod Barnaułem w pobliżu jeziora Teleuckiego. Śpiących w baraku drwali zbudził grzmot, który towarzyszył spadaniu meteorytów. Wybiegli więc z baraku i usłyszeli stuk odłamków spadających na dach. Następnego dnia zebrali dziesiątki maleńkich 1–2-gramowych kamyczków.

18 października 1916 r. w pobliżu wsi Bogusławka w obecnym Kraju Przymorskim o godzinie 11.45 według czasu miejscowego, przy bezchmurnym niebie spadł duży meteoryt żelazny. Upadkowi jego towarzyszyły zjawiska świetlne: po niebie przeleciał duży i jasny bolid, który pozostawił po sobie wyraźny ślad jakby dymu. Znalaziono tam później dwie potężne bryły (rys, 11). Większa z nich, 199-kilogramowa, spadła na piaszczysty grunt i utworzyła lej o głębokości 130 cm i średnicy 280 cm. Druga, mniejsza, o ciężarze 58 kg, spadła o pół kilometra dalej na gliniaste podłoże tworząc lej głęboki na 2 m i szeroki na 90 cm.

27 lutego 1918 r., w dzień, duży meteoryt kamienny spadł do ogródka we wsi Głazatowo w pobliżu miasta Kaszino w dawnej guberni twerskiej. Miał on ciężar ponad 120 kg. Niebo było zachmurzone, a na ziemi leżała gruba warstwa śniegu. Meteoryt zarył się w zmarzniętą ziemię na głębokość 14 cm i utworzył lej o szerokości 1 m. Naokoło leja w odległości 20–30 m leżały rozrzucone bryły ziemi. Upadek meteorytu widzieli dwaj chłopcy, którzy zauważyli, jak bryły ziemi zostały wyrzucone w górę. Podbiegłszy

do miejsca, gdzie spadł dziwny kamień, zobaczyli, że koniec jego sterczy spod śniegu. Był on zimny, lecz woda na nim nie zamarzała.

W tym samym 1918 r., 6 sierpnia około godziny 15, przeleciał ze wschodu na zachód jasny bolid nad północnymi powiatami byłej guberni saratowskiej. Świad-



Rys. 11. Meteoryt żelazny Bogusławka

kowie zauważyli, że rozpadł się on na dwie części, z których jedna wkrótce też się rozpadła na połowy sypiąc mnóstwem iskier. Po zniknięciu bolidu pozostał na niebie szeroki ślad. Słyszano także grzmoty i łoskot. Następnego dnia znaleziono 4 meteoryty. Skrajne punkty ich upadku znajdowały się w odległości powyżej 130 km jeden od drugiego. Ogólny ciężar wszystkich znalezionych kamieni wynosił w przybliżeniu 220 kG.

1 marca 1929 r. bardzo wcześnie rano, gdy jeszcze było ciemno, zaobserwowano deszcz meteorytów kamiennych w pobliżu wsi Chmielowka w byłym okręgu omskim w zachodniej Syberii. Poprzedził go przelot dużego bolidu, który zalał jaskrawym światłem okolicę na przestrzeni wielu kilometrów. Obserwujący to zjawisko ludzie twierdzili, że „było jasno jak w dzień”. W kilka minut po rozpadnięciu się bolidu rozległ się silny grzmot, który przeszedł następnie w głucho dudnienie. Gdzieśgdzie dzwoniły szyby w oknach, drżały ściany i kominy, otwierały się lub zatrzaśkiwały drzwi, trzęsły domy, a nawet obserwowano kołysanie się ziemi pod stopami. Silne grzmoty rozbudziły wiele śpiących w domach ludzi. Meteoryty z tego spadku znaleziono latem w czasie sianokosów w odległości 3 km od Chmielówki. W jednym przypadku dosłownie „trafiła, kosa na kamień”; kosiarz zaczepił nią o odłamek meteorytu ukryty w trawie. Znaleziono wtedy na łące 5 albo 6 kamieni, lecz zaginęły one gdzieś i ocalał tylko jeden 6-kilogramowy odłamek, przechowywany u jednego z chłopów z tej wsi. Tam też odkrył go profesor P. Drawert, który przez wiele lat zajmował się gromadzeniem i badaniem meteorytów.

Kamienny meteoryt spadł 20 kwietnia 1930 r. we wsi Stare Boryskino w byłym kraju środkowo-wołyńskim. Przelot bolidu był słabo widoczny, za to grzmoty i łoskot bardzo donośne. Po zniknięciu bolidu pozostał na bezchmurnym niebie ślad w postaci delikatnego mglistego pasma. Liczni świadkowie opowiadali, że w kilka minut po przelocie bolidu usłyszeli świst meteorytu i uderzenie o ziemię. Meteoryt spadł do ogrodu jednego z mieszkańców Starego Boryskina i zarył się w ziemię na głębokość kilkadziesiątu centymetrów. Gdy go wyciągnięto, był jeszcze ciepły. Ciężar jego wynosił ponad kilogram. W odległości 3 km od tego miejsca, na skraju wsi, znaleziono tego samego dnia jeszcze jeden kamień 300-gramowy. Meteoryt ten leżał w trawie w pobliżu drogi.

2 października 1933 r. wczesnym rankiem spadł niezbyt obfity deszcz meteorytów kamiennych w pobliżu wsi Stare Piesjane w obwodzie kurgańskim.

Jasny bolid zalał światłem okolicę i zostawił po sobie ślad na niebie. Siad ten wkrótce wygiął się, przyjął zygzakowaty kształt i szeroko rozciągnął po niebie. Po przelocie bolidu słyszano grzmoty i huki, zadrżała ziemia i budynki. Deszcz meteorytowy spadł za granicami wsi. Kołchoźnicy znaleźli i zebrali kilkanaście kamieni o ogólnym ciężarze ponad 3 kG. Były to meteoryty dość rzadko spotykane, pokryte jasną skorupą nadtopionej materii i o oryginalnej wewnętrznej strukturze.

11 lipca 1935 r. w pobliżu osady Nikołajewka w Kazachstanie spadł 4-kilogramowy meteoryt kamienny. Wielu kołchoźników widziało lecący po niebie jasny bolid i pozostawiony przezeń ślad. Gdy bolid zgiął, usłyszeli silne grzmoty i w chwilę potem zobaczyli spadający na ziemię meteoryt. Tam gdzie upadł, wzniosł się w górę słup pyłu. Przypuszczali, że mogła to być bomba, więc obawiali się podejść bliżej. Gdy wreszcie zdobyli się na odwagę, znaleźli ze zdumieniem tylko czarny kamień, który do tej pory już zdążył ostygnąć. Odłupali od niego niewielki kawałek, a resztę pozostawili na miejscu, gdzie upadł. Jednak jeden z uczniów miejscowej szkoły doszedł do wniosku, że dziwny kamień z nieba może przedstawiać jakąś wartość dla nauki i troskliwie przeniósł go do kołchozowego magaizynu. Zarząd kołchozu odesłał meteoryt do redakcji rejonowej gazety, skąd przesłano go z kolei do Akademii Nauk ZSRR.

Obfity deszcz kamiennych meteorytów spadł 13 września 1937 r. w Tatarskiej Autonomicznej Republice Radzieckiej. Wielu kołchoźników pracowało wtedy w polu i było świadkami deszczu meteorytowego. Słyszeli grzmoty i łoskot, a niektórzy zdołali dostrzec też same spadające meteoryty, które podniosły 'słup kurzu. Przelot bolidu natomiast zauważyło tylko kilka osób: widocznie nie odznaczał się on jasnością, a poza tym na tle jasnego nieba był mało widoczny. Jedną z kołchożnic zważył z nóg podmuch powietrza od meteorytu o ciężarze 53 kG, jaki upadł w odległości około 4 m od miejsca, w którym stała. Największy kamień znaleziony koło wsi Kainsaz miał ciężar 102,5 kG.



Spadając połamiał gałęzie drzewa i utworzył lej prawie metrowej głębokości. Znalezione też jeszcze jeden duży kamień o ciężarze 27 kG. Najmniejszy natomiast 7,6-gramowy, był wielkości orzecha laskowego. Spadł on na drodze i tam go znaleźli kołchoźnicy. Razem zebrano ponad dwadzieścia kamieni o ogólnym ciężarze 200 kG. Skrajne punkty, gdzie znaleziono meteoryty, były oddalone od siebie więcej niż o 30 km.

11 stycznia 1938 r., w dzień, w pobliżu wsi Ławrientiewka w obwodzie orenburskim spadł 800-gramowy kamienny meteoryt. Grzmoty i hu'ki, które poprzedziły jego upadek, słyszało wiele osób, lecz nikomu nie udało się zaobserwować bolidu, chociaż niebo było bezchmurne. Kamień upadł w odległości 18 im od idącego polem myśliwego, który widział, jak przez kilka chwil wirował on niby bąk na zamarzniętej, lecz prawie nie pokrytej śniegiem ziemi. Podbiegł i wziął kamień w ręce, lecz zaraz musiał wypuścić, tak był gorący. Za chwilę ostygł i myśliwy wziął go ze sobą. Potem, po długich perypetiach, dostał się do zbiorów Akademii Nauk ZSRR.

Nocą 9 października tegoż roku w pobliżu chutoru Żowniewyj w Ukraińskiej SRR spadł deszcz dużych meteorytów kamiennych. Działo się to akurat w czasie, gdy mieszkańcy okolicznych wiosek jechali na targ, tak że wiele osób oglądało to zjawisko. Było ono tym ciekawsze, że towarzyszył mu przelot bardzo jasnego bolidu, który rozjaśnił ciemności nocne na przestrzeni setek kilometrów jaskrawym migotliwym blaskiem. Za chwilę, gdy bolid zginął i znów zapanowała ciemność, rozległ się ogłuszający grzmot i łoskot. W kilka dni później znaleziono podczas zbierania z pól kukurydzy duży 32-kilogramowy meteoryt. Leżał on w leju o głębokości 70 cm i średnicy około 50 m. Miesiąc później w odległości 2,5 km od pierwszego znaleziono drugi mniejszy kamień. Miał on ciężar 19 kG. Przy upadku rozłupał się na dwie części. Dwa następne kamienie o ciężarze 21 i 13 kG znaleziono w pobliżu wiosną 1939 r. Natknął się na nie traktorzysta w czasie orki. Oba meteoryty leżały w dołkach, które utworzyły się przy ich upadku, w odległości około 1 km jeden

od drugiego. W następnych latach znaleziono w tej okolicy jeszcze dalszych 13 meteorytów o ogólnym ciężarze 107 kG. Wielu jednak nie odnaleziono w ogóle.

Ciekawie przedstawiał się deszcz meteorytowy, który spadł 21 stycznia 1946 r. w okolicy wsi Krymki w obwodzie odeskim. Kilka osób widziało bolid, który przemknął na podobieństwo błyskawicy w przerwach między chmurami. Mimo to na dużym terytorium widoczna była jasna poświata. Meteoryty będące okruciami tego bolidu znaleziono dopiero kilka miesięcy później w czasie wiosennych prac polowych. Leżały one przeważnie na powierzchni i tylko niektóre cięższe zaryły się nieco w grunt. Mimo to trzeba było bardzo uważnie wypatrywać, by dostrzec niewielkie czarne kamienie. W ciągu 5 lat zebrano tam 70 kamieni o ogólnym ciężarze około 40 kG. Były one rozsiiane na przestrzeni około 50 km<sup>2</sup>.

11 czerwca **1949 r.** o godzinie 8.14 spadł dość obfity deszcz meteorytów w rejonie kunaszakskim w obwodzie czelabińskim. Tu na przestrzeni powyżej 150 km<sup>2</sup> znaleziono około **20** meteorytów rozsianych na powierzchni o kształcie wydłużonej elipsy, której dłuższa oś wynosiła 35 km (p. rys. 9). Największy z nich miał ciężar około **120** kG, lecz przy upadku rozłupał się na kilka części. Drugie miejsce pod względem wielkości zajmował 40-kilogramowy kamień, trzecie 36-kilogramowy, potem szły dwa o ciężarze mniej więcej po 2 kG, jeden kilogramowy i powyżej dziesięciu parasetgramowych. Spadek deszczu meteorytowego poprzedził przelot bolidu oślepiającej jasności. Pomimo, że Słońce świeciło pełnym blaskiem, wiele osób zaobserwowało, i to na bardzo dużej przestrzeni, bo w promieniu 350 km, bolid na tle błękitnego nieba. Światło jego było tak jaskrawe, że aż oślepiające. Gdy zniknął, rozległy się głośnie grzmoty i dudnienie. Liczni świadkowie słyszeli wycie i gwizd zbliżających się do ziemi meteorytów. W niektórych wsiach, nad którymi przelatywał bolid, odczuwano drżenie ziemi, dzwięczały, a nawet wylatywały szyby z okien.

I wreszcie „wiadomość z ostatniej chwili” —  
**19** marca 1962 r. około godziny 16.00 meteoryt

wpadł przez okno do mieszkania inżyniera Zołotowa w Kłajpedzie. Sam inż. Zołotow tak opisuje to niecodzienne wydarzenie: „Akurat siedliśmy do obiadu. Żona zaczęła rozlewać zupeę na talerze, gdy nagle rozległ się brzęk tłuczonej szyby i do poikaju wleciał kamień. Żonie wypadł z rąk talerz i oczywiście stłukł się, zupa się wylała, wnuczka zaczęła płakać, nastąpiło ogólne zamieszanie. — Co za chuligaństwo — pomyślałem podnosząc kamień z dywanu. W pierwszym odruchu chciałem go wyrzucić, lecz zauważyłem, że jest ciepły, mniej więcej tak, jak szklanka z niezbyt gorącą herbatą. Później zwróciłem uwagę, że upadł pod dość dużym kątem (mniej więcej 80—85°). Zdziwiałające było również, że podwójne szyby nie były rozbite, lecz jakby przestrzelone pociskiem — widniały w nich na różnej wysokości dwie okrągłe dziurki. Było jasne, że w żaden sposób nie można by cisnąć kamienia z taką siłą na trzecie piętro! Zacząłem go uważnie oglądać. Byłaś to dość ciężka bryła o wymiarach: długość 10,6 cm, szerokość 7,9 cm, grubość 4,5 cm. Była podobna i jednocześnie niepodobna do zwyczajnych kamieni. Doszedłem do przekonania, że do mojego domu wpadł kosmiczny gość — meteoryt. Aby się upewnić o słuszności swego wniosku, posłałem kamień do Wilna — do Instytutu Geologii i Geografii i wkrótce otrzymałem odpowiedź: tak, jest to rzadkiego typu meteoryt kamienny (chondryt), zapewne odłamek jakiegoś większego ciała. Załączono też dość szczegółowy opis". Meteoryt, który wpadł do mieszkania inż. Zołotowa, otrzymał imię „Kłajpeda”.

Pewną ilość meteorytów znaleziono przypadkiem — nikt nie widział, jak upadały. Historie niektórych takich znalezisk są dość ciekawe.

W 1807 r. znaleziono' w pobliżu wsi Kaporenka obecnego rejonu bragińskiego Białoruskiej SRR dwa meteoryty żelazokamiennie (pallasyty). Otrzymały one wspólną nazwę Bragin. P-o upływie prawie stu lat, w końcu XIX w., natrafiono na trzeci taki sam mete-

oryt w odległości 15 km od Kaporenki; miał on ciężar **182** kG. W początkach XX w. w pobliżu miejsca, gdzie leżały poprzednie trzy, odkryto jeszcze dwa meteoryty, z których jeden wyciągnięto z ziemi podczas wiercenia studni z głębokości 90-100 cm. Drugi ze znalezionych kamieni, znajdujący się obecnie w zbiorach Akademii Nauk ZSRR, miał ciężar 66 kG. W 1927 r. niedaleko wsi Kołybań znaleziono jeszcze dwa meteoryty; jeden 500-, a drugi 300-gramowy. W 1937 r. o pół kilometra od wsi Kruki wykopano z głębokości **120** cm największy meteoryt pochodzący z tej samej grupy. Ten z kolei miał ciężar 270 kG. W **1938** r. o 2 km na wschód od Kaporenki odkryty został zagłębiony na około 40 cm w ziemię meteoryt o ciężarze 16 kG. Dwa te ostatnie kamienie były przechowywane w Instytucie Geologii Białoruskiej Akademii Nauk, lecz podczas okupacji Mińska zostały zniszczone przez Niemców. W 1954 r. w rejonie Bragina znaleziono jeszcze jeden kamień, tym razem o ciężarze 72 kG. Znajduje się on w zbiorach Instytutu Geologii Białoruskiej Akademii Nauk.

Obszar, w którym znajdowano bragińskie meteoryty, rozciąga się na przestrzeni 15 km. Najwidoczniej kiedyś, bardzo dawno, spadł tutaj obfity deszcz meteorytów żelazokamiennych. Możliwe, że wiele kamieni do **tej** pory leży gdzieś ukrytych pod cienką warstwą ziemi i że jeszcze nieraz natrafi się na nie przypadkiem lub podczas poszukiwań. Ciężar wszystkich znalezionych dotychczas meteorytów bragińskich wynosi 700 kG.

Interesująca jest historia znalezienia niewielkiego meteorytu kamiennego noszącego nazwę Bierdiańsk (2,4 kG). Istnieją dane, że został on odkopany w kurhanie podczas poszukiwań archeologicznych na południu Ukrainy. Jeśli rzeczywiście tak było, znaczy to, że meteoryt ów spadł kilka tysięcy lat temu i został pochowany razem z nieboszczykiem, zapewne jako jeden z przedmiotów przydatnych na tamtym świecie. Jest to jeden z najstarszych zachowanych meteorytów.

W 1873 r. odkryto w tajdze w pobliżu wsi Syromołotowo w byłej guberni jeniejskiej duży 217 kG

meteoryt żelazny. Znalazł go myśliwy, który przysiadł sobie dla odpoczynku na niewielkim wzgórku obrosniętym mchem. Poczul pod sobą coś twardego, więc wstał, rozgrzebał mech i zobaczył wystającą z ziemi bryłę żelaza. Zawiózł ją do swego brata, kowala, który próbował z niej wykuć jakieś narzędzia, lecz stwierdził, że dziwne żelazo nie poddaje się obróbce cieplnej i na nic mu się nie przyda. Meteoryt ten znajduje się obecnie wśród zbiorów Akademii Nauk ZSRR.

W 1912 r. w rozmytym przez wodę brzegu rzeki Urgajtyk-Czinge obecnej autonomicznej Republiki Tuwińskiej znaleziono około 30 odłamków żelaznego meteorytu. Były one różnej wielkości, a ich ogólny ciężar wynosił 80 kG. Powierzchnię ich pokrywała warstwa rdzy, kształty miały płaskie i wygięte, z nierównymi krawędziami, niektóre były popękane. Sądząc po tych odłamkach można przypuszczać, że spadł tu kiedyś gigantycznych rozmiarów meteoryt, który musiał utworzyć krater, podobnie jak inne wielkie meteority.

W 1938 r. w jednym z pokładów złotoonośnych w górze rzeki Kołymy znaleziono żelazny meteoryt Maldiak. Meteoryt ten mający ciężar 992 G odkrył jeden z robotników w wykopie eksploatacyjnym na głębokości 4,6 m. Sądził on, że natrafił na bryłę rodzimej platyny lub srebra, lecz postukawszy w nią młotem szybko przekonał się o swej omyłce. Uznał, że to zwykły kawał żelaza, więc go wyrzucił. Zauważył to główny inżynier, geolog B. Wroński, który rozpiłował bryłę i poddał jej powierzchnię działaniu kwasu. Wystąpiły na niej charakterystyczne figury Widmanstaettena (p. rys. 25), po których inżynier Wroński już bez wątpliwości rozpoznał meteoryt.

Oto krótki przegląd przypadkowych znalezień meteorytów. Widać z niego, jak rozmaite mogą być okoliczności, w których znajdują się meteority. Żeby je znaleźć, trzeba bardzo uważnie oglądać wszystkie walające się po ziemi odłamki żelazne lub kamienne, które z wyglądu przypominają meteority. Mogą się wśród nich znaleźć i „kamienie z nieba”.



## WIZYTÓWKI METEORYTÓW

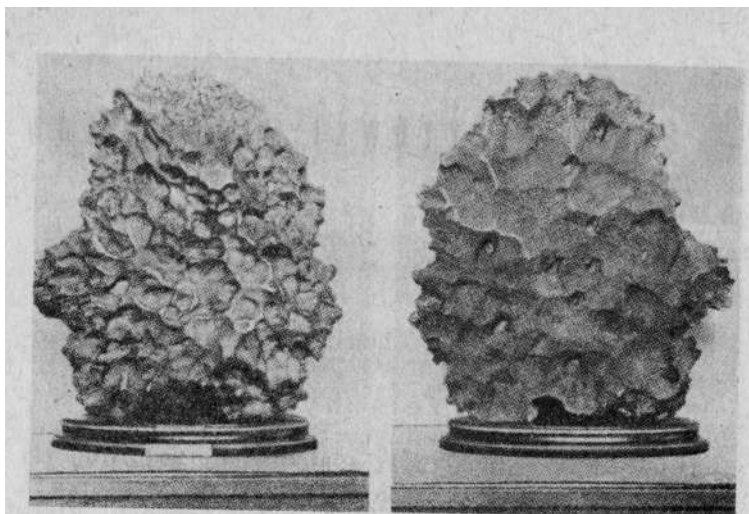
Meteoryty mogą być żelazne, kamienne lub żelazokamienne.

Spadki meteorytów żelaznych zdarzają się znacznie rzadziej niż kamiennych. Średnio na każde 16 meteorytów kamiennych trafia się jeden żelazny. Na terenie Związku Radzieckiego znaleziono w sumie 5 meteorytów żelaznych, natomiast kamiennych, które zaobserwowano podczas spadku, znaleziono 84. Spadku pozostałych (z ogólnej liczby 128 meteorytów znalezionych) nikt nie zaobserwował. Meteoryty te zostały znalezione przypadkowo i nie wiadomo, kiedy spadły na Ziemię. Pośród znalezionych przypadkowo przeważają meteoryty żelazne, gdyż bardziej rzucają się w oczy i zwracają uwagę niż kamienne oraz dłużej zachowują się w ziemi. Żelazokamienne meteoryty trafiają się jeszcze rzadziej niż żelazne. Jak dotąd, na terenie Związku Radzieckiego nie znaleziono ani jednego meteorytu żelazokamiennego, którego spadek byłby obserwowany. Przypadkiem znaleziono tylko 5 takich meteorytów.

Meteoryty żelazne prawie całkowicie składają się z żelaza z domieszką niklu.

Na rysunkach 11, 12\*, 13\* i 14\* pokazano kilka meteorytów żelaznych, znalezionych w różnych krajach.

Meteoryty kamienne po przełamaniu przypominają na pierwszy rzut oka odłamki naszych ziemskich skał. Najczęściej są one popielatoszare, niekiedy spotyka się meteoryty wewnątrz ciemne, a nawet czarne, czasem zaś spadają kamienie bardzo jasne, prawie białe. W większości kamiennych meteorytów spotyka się

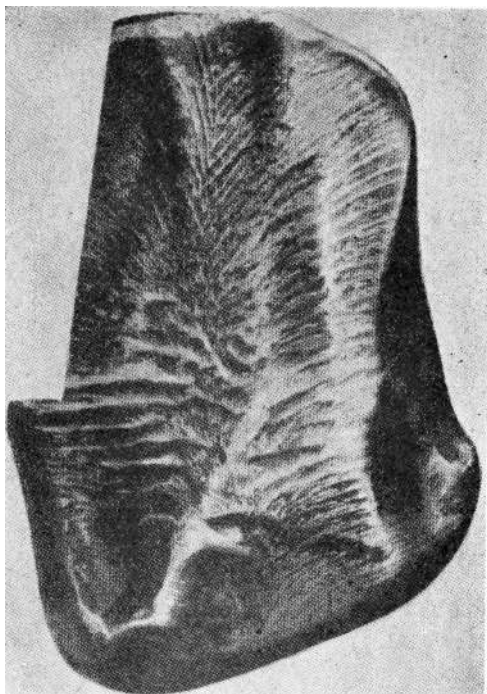


Rys. 12\*. Meteoryt żelazny Cabin Creek (Arkansas) o ciężarze  
49 kG:  
*a* — w ki ok z przodu: *b* ~ wli.dok z tyłu



»

Rys. 13\*. Meteoryt żelazny **Bruno** (Kanada) o ciężarze 13 kG



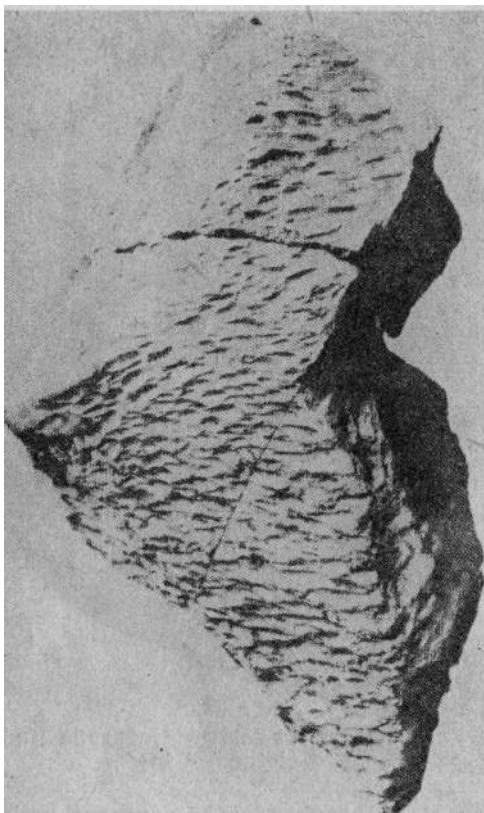
Rys. 14\*. Meteoryt żelazny Nedagolla (India)  
o ciężarze 4 kG

drobne, mniej lub bardziej równomiernie rozsiane wtrącenia żelazoniklu. Są one widoczne w przełomie w postaci drobnych blaszek o białej barwie. Wśród takich blaszek widać złocistożółte ziarenka i grudki. Są to okruszyny minerału zwanego troilitem — związku żelaza i siarki. Zdarza się często, że osoby, które znajdują taki meteoryt, biorą wtrącenia za złoto i usiłują je wydobyć krusząc i niszcząc kamień.

Na rysunkach 15\*, 16\*, 17\* i 18\* pokazano kilka różnych meteorytów kamiennych.

W meteorytach żelazno kamiennych żelazonikiel stanowi mniej więcej; połowę ich ciężaru. W jednych meteorytach znajduje się on w postaci dużych wtrąceń rozłożonych mniej lub bardziej równomiernie





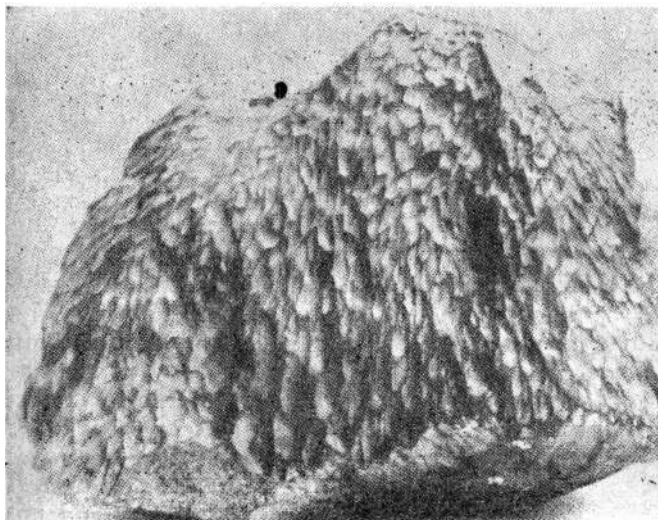
Rys. 15\*. Meteoryt kamienny Long Island  
(Kansas) o ciężarze 564 kG

w całej ich masie. Meteoryty takie nazywamy *mezo-syderytami* (po grecku *mezo* znaczy — pośredni). W innych, zwanych *pallasytami* (dzięki podobieństwu ich struktury do pierwszego znalezionego przez P. S. Pallas meteorytu tego rodzaju), żelazonikiel tworzy jakby gąbkę; puste miejsca są wypełnione oliwinem — materiałem skalnym, przezroczystawym minerałem żółtozielonego koloru (rys. 19).

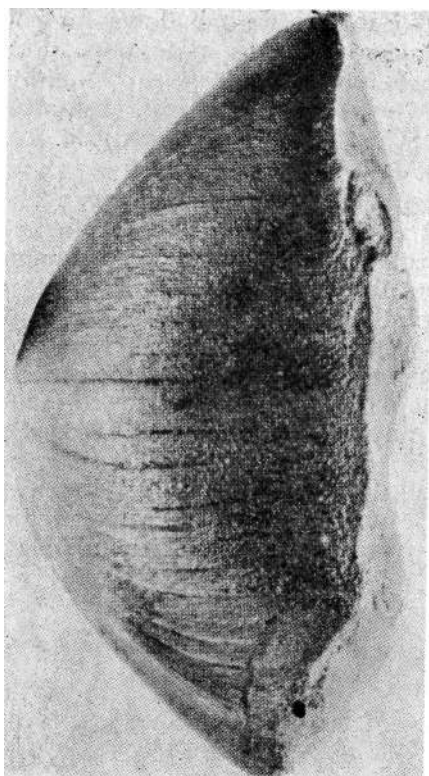
W następnym rozdziale zapoznamy się ze składem

chemicznym i wewnętrzną budową meteorytów i dowiemy się inieco więcej o -minerałach, które wchodzą w ich skład, natomiast obecnie zatrzymamy się na opisie ich zewnętrznego wyglądu, kształtu, wielkości i innych właściwości morfologicznych oraz charakterystycznych cech.

Jedną z najbardziej charakterystycznych cech meteorytów jest skorupa, która tworzy się na meteorycie podczas przelotu przez strefę zatrzymania, czyli na tym odcinku drogi w atmosferze ziemskiej, na którym meteoryt traci swą prędkość kosmiczną i przestaje się nagrzewać. W tym czasie cienka, roztopiona wierzchnia warstwa meteorytu zaczyna twardnieć przy obniżaniu się temperatury i tworzy *otoczkę obtopienia*. Pokrywa ona niby łupiną meteoryt ze wszystkich stron — jeśli nie rozpadł się on przy uderzeniu o ziemię lub nie uszkodzili jej znalazcy. Szczególnie wyraźnie widoczna jest otoczka obtopienia na meteorytach kamiennych, wewnątrz jasnoszarych lub białych. Skoru-

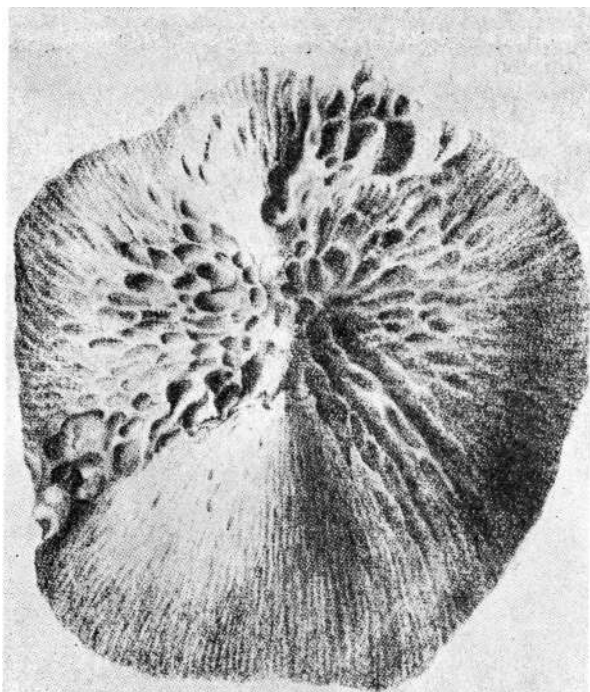


Rys, 16\*. Meteoryt kamienny Bath Furnace (Kentucky) o ciężarze 6 kG



Rys. 17\*. Meteoryt kamienny Lafayette (Indiana)

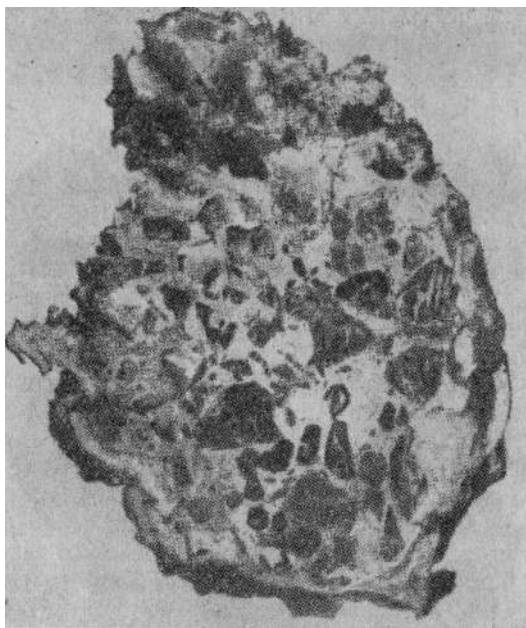
pa ta jest zwykle czarna, matowa, nieco szorstka i wyraźnie różni się od miejsc nie pokrytych nią, np. na przełomach. Oglądając skorupę na krawędzi przełomu stwierdzimy, że grubość jej jest niewielka, wynosi zaledwie dziesiąte części milimetra i rzadko dochodzi do 1 - 1,5 mm (rys. 20). Spotyka się meteoryty pokryte czarną, błyszczącą, jakby polakierowaną otoczką o pomarszczonej powierzchni. Bardzo rzadko natomiast zdarzają się meteoryty pokryte skorupą jasną, na pół przezroczystą, poprzez którą prześwituje wewnętrzna materia meteorytu. Na koniec jeszcze rzadsze są me-



Rys. 18\*. Widok z przodu kamiennego meteorytu  
Goalpara (India) o ciężarze 3 kG

teoryty pozbawione w ogóle otoczki obtopienia. Powierzchnia ich jest gładka, jakby oszlifowana i nie różni się kolorem od reszty kamienia. Z rzadka tylko w poszczególnych miejscach takiego meteorytu można zobaczyć małe odcinki pokryte skorupą.

Na meteorytach żelaznych i żelazokamiennych otoczka jest mniej wyraźna. Jest ona jeszcze cieńsza niż przy kamiennych i nie przekracza jednej do dwu<sup>7</sup> części milimetra. Barwy jest najczęściej czarnej z burawym lub niebieskawym odcieniem. Miejscami widoczne są złuszczenia w postaci pojedyn-



Rys. 19. Pallasytowa struktura meteorytu żelazokamiennego Lipowski Chutor

czych plam; w miejscach tych można dostrzec białą barwę żelazoniklu, z którego składa się meteoryt żelazny.

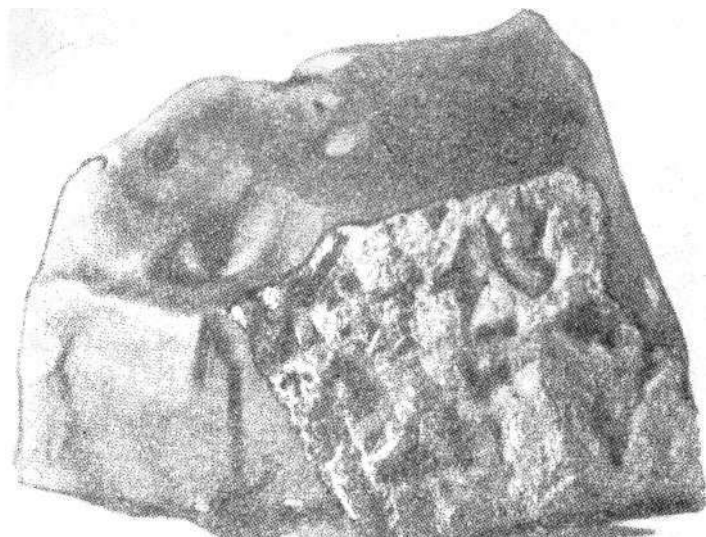
Za pomocą mocnej lupy (powiększenie 30—40-krotne), a czasami nawet nieuzbrojonym okiem można zobaczyć budowę otoczki obtopienia. Można z niej odczytać działanie powietrza na meteoryt w strefie zatrzymania, w czasie tworzenia się na nim skorupy.

W meteorytach, które długo przeleżały w ziemi, otoczka ulega utlenieniu i zniszczeniu. Na powierzchni znalezionych przypadkowo meteorytów, które spadły na Ziemię wiele lat temu, nie znajdziemy najczęściej skorupy; powierzchnia ich pokryta będzie warstwą rdzy. Wyraźnie też jest widoczne ogólne wygładzenie,

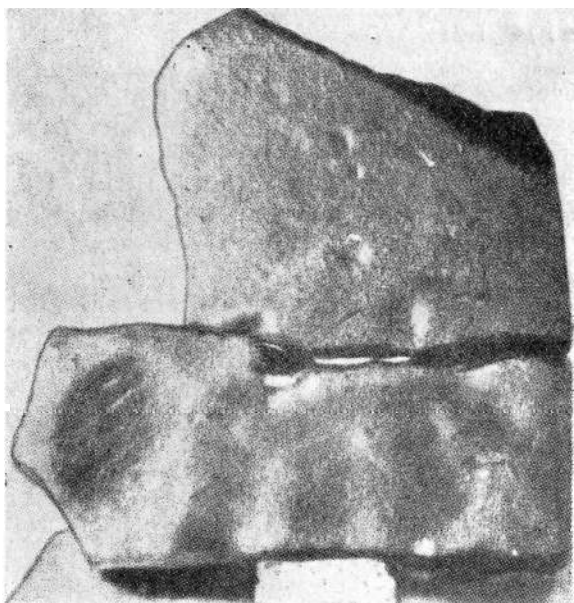
stępienie krawędzi i ostrych brzegów meteorytu (p. rys. 14\* i 21).

Kształty spotykanych meteorytów są różne. Bywają meteoryty okrągłe lub też w postaci niemal prawidłowego stożka, tak zwane zorientowane, przypominające czub pocisku (p. rys. 15\* i 17\*). Taki kształt mają na przykład znane meteoryty: Karakoł (1840 r.) i Zabrodzie (1893 r.), które spadły na terytorium Rosji. Oba one mają prawie identyczny stożkowaty kształt (rys. 22).

Zdarzają się meteoryty o innych nie mniej dziwnych kształtach. Na przykład stary kamienny meteoryt Timochina (spadł w 1807 r. w byłej guberni smoleńskiej, ma ciężar 65,5 kG) jest wielościanem i przypomina duży kryształ (rys. 23). Jeden z odłamków meteorytu pochodzącego z deszczu meteorytowego Kuźniecowo (26 maja 1932 r.) ma kształt osełki (p. rys. 21).



Rys. 20. Meteoryt kamienny Wengerowo częściowo pokryty skorupą powstałą z obtopienia powierzchni meteorytu



Rys. 21. Dwa okazy meteorytu kamiennego Kuźniewcowo; mają kształt wieloboczny i zestawione są razem wzdłuż linii pęknięcia

Kształt 'zorientowany (stożkowy) tworzy się wtedy, gdy meteoryt podczas poruszania się z kosmiczną prędkością nie rozłupuje się na części. W tym przypadku jego powierzchnia zewnętrzna podlega silnemu działaniu atmosfery, niby obróbce mechanicznej, jest jakby obtalczana podczas całej drogi w strefie zatrzymania. Przednia część takiego zorientowanego meteorytu tworzy wierzchołek stożka, tylna natomiast podstawę.

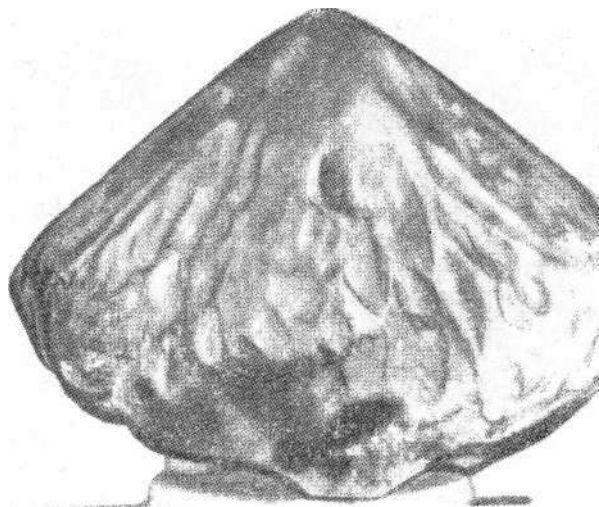
Kształt wielościanu jest wynikiem rozłupania się meteorytu na części w czasie jego poruszania się w atmosferze z kosmiczną prędkością.

Drugą istotną cechą meteorytów stanowią charakterystyczne wgłębienia na ich powierzchni nazywane *regmagliptami* (p. rys. 11, 12\*, 13\*, 14\*, 15\*, 16\*, 18\* i 22). Przypominają one wgłębienia, które powstają po wgnieceniu palcem powierzchni miękkiej gliny

lub plasteliny. Regmaglipty są następstwem wierącego działania strumienia- powietrza, gdy meteoryt przelatuje przez atmosferę z kosmiczną prędkością. Tworzeniu się regmagliptów sprzyja także niejednorodna wewnętrzna struktura meteorytów oraz to, że zawierają one wtrącenia różnych bardziej łatwotopliwych minerałów.

Regmaglipty nie występują na wszystkich meteorytach; -niekiedy spotyka się kamienie o zupełnie gładkiej powierzchni. Wyglądają one wtedy jak obtoczone kamienie polne, używane do brukowania dróg, lub otoczaki na dnie rzek i strumieni, wygładzone przez wodę. Brak regmagliptów na powierzchni meteorytów tłumaczymy tym, że podczas przebywania warstw atmosfery obracają się one ruchem wirowym, skutkiem czego zostają obtoczone prawie jak na tokarce.

Jeszcze jedną cechą charakterystyczną meteorytów są ich własności magnetyczne. Wykazują je nie tylko meteoryty żelazne, lecz również kamienne, co można łatwo sprawdzić zbliżając do nich kompas i obserwując



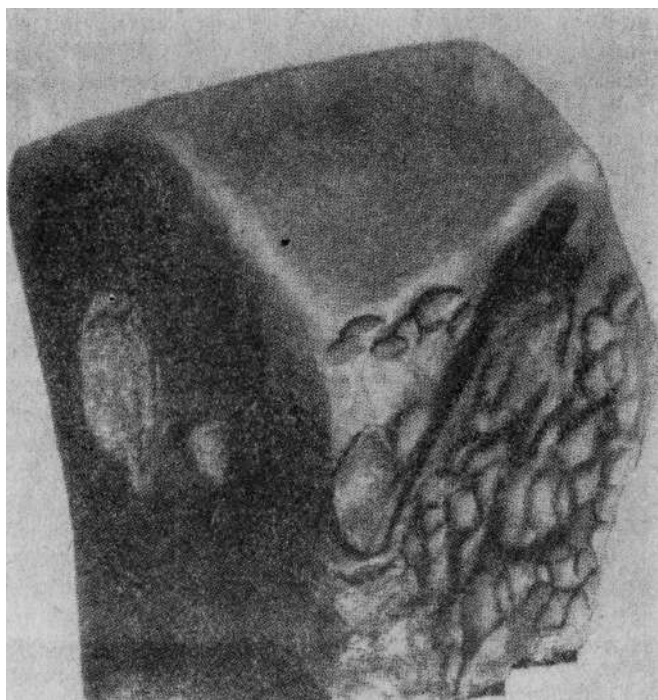
Rys. 22. Meteoryt kamienny Karakoł o zorientowanym (stożkowym kształcie)



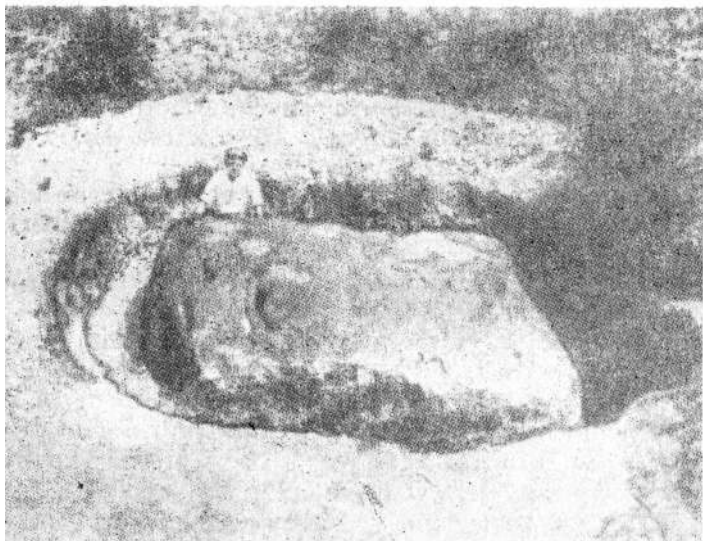
wyraźne wychylenie igły. Ta właściwość jest spowodowana obecnością rozproszonych wtrąceń żelazoniklu. Tylko bardzo nieliczne meteoryty kamienne nie zawierające wcale żelazoniklu nie wykazują działania magnetycznego.

W przełomach meteorytów kamiennych można często dostrzec cienkie prawie czarne żyłki. Czasami są one widoczne na całej powierzchni przełomu; to krzyżują się, to rozgałęziają lub zlewają ze sobą, bądź wreszcie biegną obok siebie równolegle.

Najbardziej pewną cechą meteorytów żelaznych jest zawartość w nich niklu, który występuje zawsze i to



Rys. 23. Meteoryt kamienny Timochina o kształcie wieloboku przypominającym kryształ



Rys. 24. Największy żelazny meteoryt Hoba w miejscu, gdzie został znaleziony

w dość dużej ilości, bo od 5 do 20 i więcej procent. Dotychczas nie znaleziono ani jednego żelaznego meteorytu, w którym by zawartość niklu była mniejsza niż 5%, podczas gdy w rodzimym żelazie pochodzenia ziemskiego nie przekracza ona 1‰.

Jeżeli chodzi o wielkości i ciężary meteorytów, to można powiedzieć, że charakteryzują się one dużą rozpiętością.

Największym na świecie meteorytem, który spadł w całości, jest Hoba — olbrzymia bryła o ciężarze prawie 60 ton, znaleziona w 1920 r. w Afryce Południowo-Zachodniej. Meteoryt ten zaraz po upadku był jeszcze większy i miał ciężar około 90 ton, lecz leżąc długi czas stracił na skutek utlenienia i mechanicznego niszczenia na powierzchni około 1/3 swego pierwotnego ciężaru. Meteoryt Hoba ma kształt płyty o bokach 3X3 m i grubości około 1 m (rys. 24).

Meteoryt Hoba zawiera 16% niklu. O jego niezwykłej twardości świadczy następujący fakt: kiedy próbowano odpiłować od niego kawałek dla dokonania analiz chemicznych, robotnicy pracowali dwa dni, zmieniając stale ostrza stalowych pił.

Największym pod względem ogólnej masy substancji meteorytowej spadłej na Ziemię deszczem meteorytowym był siehote-aliński żelazny deszcz meteorytowy. Ogólny ciężar znalezionych po nim meteorytów wynosił 70 ton.

Drugie miejsce pod względem wielkości zajmuje meteoryt Cape-York, zwany też Anigito. Podróżnik Robert Peary w 1897 r. dostarczył go do Nowego Jorku z zachodnich wybrzeży Grenlandii, gdzie meteoryt odkryto w 1815 r. Ciężar jego wynosi blisko 34 tony; przechowywany jest w nowojorskim planetarium.

W 1863 r. znaleziono w Meksyku żelazny meteoryt Bacubirito o ciężarze 27 ton, a w 1930 — we wschodniej części Afryki — żelazny meteoryt Mbozi (26 ton). Obydwa one leżą do tej pory tam, gdzie były odkryte.

W Chinach na żwirowatym płaskowzgórzu w słabo zaludnionej okolicy w pobliżu grzbietu górskiego Armanty spoczywa 20-tonowy żelazny meteoryt, który Kirgizi i Kazachowie nazywają Czumys-Tiuja, Chińczycy zaś Kumysz-Choj-Cha, co znaczy „srebrny wielbłąd”. Zarówno sam meteoryt, jak okoliczności jego znalezienia nie zostały dotąd zbadane. Zrobiono na razie tylko jego analizę chemiczną i określono wewnętrzną strukturę na podstawie próbek odłupanych od niego i przewiezionych do Komitetu do spraw meteorytów.

Do dużych meteorytów należy również meteoryt żelazny Willamette, znaleziony w stanie Oregon (USA); ciężar jego wynosi 12 247 kg.

Znanych jest jeszcze około 20 meteorytów żelaznych, z których każdy ma ciężar powyżej tony. Nikt nie widział upadku tych meteorytów (z wyjątkiem siehote-alińskiego); prawdopodobnie dotarły one na Ziemię bardzo dawno — kilkaset lub nawet kilka ty-

sięcy lat temu, o czym świadczy ich powierzchnia silnie uszkodzona przez korozję.

Do bardziej znanych spośród nich należą meteoryty żelazne Quinn Canyon (Nevada), Goose Lake i Murnpeowie (Australia).

Znalezione dotychczas meteoryty kamienne nie dorównują wielkością swym żelaznym krewniakom. Największy z nich spadł 18 lutego 1948 r. w stanie Arkansas w Stanach Zjednoczonych. Upadek tego meteorytu widziało wiele osób. Przelatując przez warstwy atmosfery rozłupał się on na wiele odłamków i spadł na ziemię w postaci kamiennego deszczu. Najbardziej okazały ze znalezionych kamieni miał ciężar około 1 tony. Padając utworzył on krater o średnicy 1,8 m i głębokości 3,1 m. Ogólna liczba zebranych odłamków kamiennych po tym deszczu była bliska trzydziestu.

Duży meteoryt kamienny, któremu nadano nazwę Long Islandi znaleziony został w USA w 1891 r. (p. rys. 15\*). Rozbił się on zderzając z ziemią; zebrane odłamki miały ciężar 564 kG. Z dużych meteorytów kamiennych zasługują jeszcze na wymienienie meteoryt Paragould (ciężar 372 kG), który spadł w Stanach Zjednoczonych w 1930 r.; meteoryt Ochańsk (ciężar około 300 kG), który spadł 30 sierpnia 1877 r. w byłej guberni permskiej; Kaszin (ciężar 120 kG), który spadł 27 lutego 1918 r. w byłej guberni twerskiej; Kainsaz (120 kG) — spadł 13 września 1937 r. w Tatarskiej ASRR i wreszcie meteoryt Kunaszak (ciężar 120 kG), który spadł 11 czerwca 1949 r. w obwodzie ezelabińskim. Meteoryty Ochańsk i Kunaszak rozbiły się przy upadku.

Z meteorytów żelazokamiennych znanych jest 6, które mają ciężar powyżej 100 kG. Największym z nich jest meteoryt Chukitta o ciężarze przeszło 2 ton. Znalezione go w Australii w 1934 r. Meteoryt Pallas ma ciężar 687 kG.

Najmniejsze meteoryty — to po prostu kruszynki lub nawet pyłki. Osiadają one na powierzchni ziemi podczas deszczu meteorytowego bądź w wyniku wtargnięcia do atmosfery małych cząstek meteorytowych, które przebiegając przez warstwy powietrza prawie

całkowicie ulegają rozpyleniu. Znaleźć takie meteoryty jest oczywiście bardzo trudno. W Tatarskiej ASRR w 1937 ir. po kamiennym deszczu meteorytowym Kainsaz znaleziono maleńki, kamyczek wielkości orzecha, mający ciężar 7,65 G. Jeszcze mniejsze kamyczki 1-2-gramowe zebrano w Ałtaju 22 maja 1904 r. po spadku deszczu meteorytów kamiennych, który otrzymał nazwę Jezioro Teleuckie. Maleńkie meteoryty o wielkości ziarn grochu znajdowano w Polsce w pobliżu Pułtuska po kamiennym deszczu, który spadł 30 stycznia 1868 r. W Szwecji po deszczu meteorytowym nazwanym Gesl (1 stycznia 1869 r.) udało się zebrać jeszcze mniejsze meteoryty nie przekraczające setnych części grama.

Najmniejsze znalezione meteoryty żelazne spadły w czasie si'chote-alińskiego żelaznego deszczu meteorytów. Jeden z nich o rozmiarach 3X4X5 mm miał ciężar 0,18 G. Na jego powierzchni można przez lupę zobaczyć otoczkę obtopienia i wyraźne regmaglipty. Jeszcze mniejsze okazy znajdowano badając próbki gleby dostarczone z rejonu Sichote-Aliń po defezu meteorytowym. Najmniejszy z tych „mikrometeorytów” miał ciężar 0,0003 G.

# D Z CZEGO SKŁADAJĄ SIĘ METEORYTY?

Dawno już za pomocą analiz chemicznych ustalono, że meteoryty składają się z pierwiastków występujących na Ziemi. Nie znaleziono w nich żadnych nowych nie znanych na naszej planecie pierwiastków! Mało tego: w meteorytach znaleziono wszystkie te pierwiastki, które występują na Ziemi, chociaż większość z nich zawarta jest w meteorytach w znikomo małych ilościach. Na tej podstawie możemy twierdzić, że wszystkie ciała niebieskie wchodzące w skład systemu słonecznego, do którego należą również meteory, zbudowane są z tych samych pierwiastków i że z tychże pierwiastków składa się nasza Ziemia. Fakt ten dobitnie potwierdza materialną jedność otaczającego nas świata i stanowi jeszcze jeden dowód, że Ziemia nie zajmuje bynajmniej uprzywilejowanego stanowiska we wszechświecie.

Szczegółowe badanie meteorytów pozwoliło odkryć bardzo- interesujące i ważne dla nauki ich właściwości. Stwierdzono na przykład, że jedne meteoryty kamienne są bardzo zbliżone do naszych ziemskich minerałów pod względem składu i struktury mineralogicznej, inne przeciwnie, wykazują takie cechy składu i struktury, które wyraźnie różnią je od ziemskich skał. Wszechstronne zbadanie struktury i składu substancji, z których zbudowane są meteoryty, oraz ich własności fizycznych pozwala badać warunki istnienia materii w przestrzeni międzyplanetarnej oraz nie znane nam jeszcze prawa jej rozwoju.

Jakie są najważniejsze cele badania meteorytów?

Otóż jest to jedna z dróg do> udzielenia odpowiedzi na pytania, w jakich okolicznościach one powstały, jak

przebiegają dzieje ich istnienia w przestrzeni międzyplanetarnej, jaką odgrywają rolę w ewolucji ciał niebieskich systemu słonecznego.

Za pomocą analiz chemicznych otrzymano dane o przeciętnym składzie chemicznym meteorytów poszczególnych typów.

### Średni skład chemiczny meteorytów (w % ciężaru)

| Pierwiastek chemiczny | Meteoryty |                |           |
|-----------------------|-----------|----------------|-----------|
|                       | żelazne   | żelazokamienne | kamiennie |
| Żelazo                | 90,85     | 55,33          | 15,5      |
| Nikiel                | 3,5       | 5,43           | 1,10      |
| Kobalt                | 0,60      | 0,30           | 0,08      |
| Miedź                 | 0,02      | —              | 0,01      |
| Fosfor                | 0,17      | —              | 0,10      |
| Siarka                | 0,04      | —              | 1,82      |
| Węgiel                | 0,03      | —              | 0,16      |
| Tlen                  | —         | 18,55          | 41,00     |
| Magnez                | 0,03      | 12,33          | 14,30     |
| Krzem                 | 0,01      | 8,06           | 21,00     |
| Sód                   | —         | —              | 0,80      |
| Glin                  | —         | —              | 1,56      |
| Wapń                  | 0,02      | —              | 1,80      |
| Potas                 | —         | —              | 0,07      |
| Mangan                | 0,05      | —              | 0,16      |
| Chrom                 | 0,01      | —              | 0,40      |
| Tytan                 | "         | —              | 0,12      |

U w a g a : W tablicy wymienione są tylko pierwiastki najczęściej występujące w meteorytach.

Z tablicy tej widać, że w meteorytach występuje najczęściej i w największych ilościach 8 pierwiastków: żelazo, tlen, magnez, krzem, nikiel, siarka, wapń i kobalt. Łącząc się ze sobą w różnych stosunkach pierwiastki te tworzą minerały.

Tlen występuje w meteorytach w postaci związków chemicznych z innymi pierwiastkami. W kamiennych meteorytach tworzy on grupę minerałów zwaną silikatami. Tlen zajmuje drugie miejsce wśród najczęs-

ciej występujących w meteorytach pierwiastków, lecz w porównaniu z minerałami, które występują na Ziemi, i ze skorupą ziemską meteoryty są bardziej ubogie w ten pierwiastek. W skorupie ziemskiej tlen znajduje się w ilości 49,13%, w meteorytach żelazokamiennych średnio w ilości 18,55%, w meteorytach kamiennych zaś dochodzi do 41%.

Kobaltu zawierają meteoryty stosunkowo niewiele, jednakże stanowi on ich ważny składnik. Podobnie jak nikiel — kobalt zawsze występuje w meteorytach żelaznych. Znajduje się on także w żelazoniklu meteorytów kamiennych i żelazokamiennych.

Najważniejsze minerały, z których składają się meteoryty, są dobrze znane na Ziemi. Wchodzą one w skład niektórych ziemskich skał występujących na dużej głębokości. Jednakże skład mineralogiczny meteorytów wykazuje pewne osobliwości. Tak więc na przykład meteoryty kamienne składają się w zasadzie tylko z takich minerałów, które należą do grupy tak zwanych bezwodnych krzemków i krzemianów. Na czym polega ich osobliwość? Otóż powstają one bez udziału wody. W większości ziemskich minerałów występują powszechnie związki zawierające wodę krystalizacyjną. Stąd możemy wysnuć wniosek, że meteoryty, a przynajmniej olbrzymia ich większość, tworzyły się bez udziału wody. Uчені od dawna starali się wykryć w meteorytach minerały zawierające wodę krystalizacyjną, czyli taką, której cząsteczki stanowiłyby część składową drobiny minerałów, lecz bez powodzenia. W meteorytach kamiennych znajduje się niewielka ilość wody, lecz jest ona pochodzenia ziemskiego; przenikła do wnętrza meteorytów już po ich upadku na Ziemię.

Lecz oto w roku 1947 radziecki petrograf Ł. Kwaszą badając kamienny meteoryt Stare Boryskino (z 1930 r.) znalazła w nim minerał chloryt. Należy on do grupy krzemianów wodnych, a zatem zawiera wodę krystalizacyjną. Ogólna ilość krystalizacyjnej wody w tym meteorycie wynosiła 8,7%. Później dopiero członek Akademii Nauk A. N. Zawaricki wspólnie ze wspomnianą już Kwaszą ustalili, że chloryt i, co za



tym idzie, woda krystalizacyjna — stanowi charakterystyczną część składową tak zwanych meteorytów węglistych — c h o n d r y t ó w (rzadka grupa meteorytów kamiennych). Meteoryty węgliste, jak wskazuje ich nazwa, zawierają duże ilości węgla, lecz węgla pochodzenia nieorganicznego\*. W meteorytach nie odkryto żadnych śladów wietrzenia — minerałów osadowych ani substancji organicznych.

Odkrycie śladów materii organicznej w meteorytach kamiennych jest sprawą ostatnich lat. Po raz pierwszy w roku 1961 dwaj uczeni amerykańscy, Bartholomew Nagy i George Claus donieśli o znalezieniu w dwóch meteorytach pewnych — jak to określili — zorganizowanych elementów, podobnych do ziemskich alg. Zawierały one aminokwasy oraz — co jest mniej pewne — kwasy nukleinowe.

Druga wiadomość na ten temat nadeszła | w styczniu 1962 r. z Anglii. Dr D. W. Parker

Liverpoolu zakomunikował o odkryciu substancji organicznej w pyłe meteorytowy. Substancja ta, występująca w postaci mikroskopijnych okruchów, zwęgląła się przy ogrzaniu.

W marcu 1962 roku dokonano trzeciego odkrycia: prof. Borys Timofiejew z Instytutu Naftowego w Leningradzie wyodrębnił z grudek meteorytu kamiennego\* ciemnożółte i brunatne ciała podobne do przetrwalników oraz inne mikroskopijne fragmenty pochodzenia organicznego, rozproszone w meteorycie. Prof. Timofiejew badał meteoryt, który spadł w czerwcu 1889 r. w ówczesnej guberni chersońskiej na Ukrainie.

Są także inne podobne doniesienia ze słynną od kilkudziesięciu lat sprawą meteorytu Kabaidzkiego.

W jednym z laboratoriów Turkmeńskiego Oddziału Akademii Nauk przeprowadzono doświadczenie z meteorytem kamiennym typu węglistych

\* Do tego typu należał meteoryt, który wpadł 19 marca 1962 r. do mieszkania inż. Zołotowa w Kłajpedzie.

chondrytów. Startą na proszek substancję nagrzewano przez czas dłuższy do temperatury 150°C, a następnie umieszczono w pożywce. Okazało się, że w meteorycie znajdowały się bakterie typu laseczników podobne do bakterii znajdujących w wołku ziemnym (ozokerycie). Jak wiadomo, bakterie ozokerytowe również zachowują zdolność do życia przy ogrzewaniu do temperatury 150°C.

Fakt znalezienia materii organicznej w meteorytach nie został jeszcze uznany przez wszystkich uczonych; niektórzy przypuszczają bowiem, że substancja organiczna mogła przeniknąć do meteorytów już na Ziemi. Dlatego w wielu laboratoriach w dalszym ciągu trwają badania wnętrza rozlicznych meteorytów kamiennych, przy zachowaniu jak najdalej idącej dokładności i czystości. Większość specjalistów przypuszcza, że znaleziona w meteorytach materia organiczna pochodzi jednak spoza Ziemi i oczekuje dalszych

I odkryć tego typu.

Oprócz minerałów występujących na Ziemi odkryto w meteorytach także minerały całkiem nieznane, nie spotykane w skałach ziemskich. Minerały takie występują w meteorytach w bardzo nikłych ilościach. Najbardziej znany spośród nich jest minerał laurensyt (chemiczny związek żelaza i chloru). Laurensyt występujący w atmosferze ziemskiej pochłania tlen z pary wodnej i łączy się z nim w związek chemiczny. Skutkiem tego procesu jest tworzenie się w pęknięciach i szczelinach meteorytu, gdzie głównie znajduje się laurensyt, tłustych kropelek ceglasczerwonego koloru. Bardzo szybko przekształcają się one w rdzawą ziemistą substancję o barwie ochry. W następstwie utlenienia się laurensytu meteoryt dość szybko pokrywa się prawie na całej powierzchni rdzawymi plamami i ulega zniszczeniu. Ochrona meteorytów przed zniszczeniem wymaga stosowania specjalnych środków.

Metale szlachetne występują w meteorytach w znikomych ilościach. Na przykład srebra i złota zawierają one mniej więcej 5 G, platyny zaś 20 G na tonę

substancji. Meteoryty nie przedstawiają więc żadnej wartości materialnej i nie nadają się do zastosowania w przemyśle. Natomiast naukowe znaczenie meteorytów jest olbrzymie, ponieważ są one jedynymi przedstawicielami materii pozaziemskiej spadającej w postaci ciał stałych z przestrzeni międzyplanetarnej, na Ziemię. Meteoryty pozwalają nam bezpośrednio badać, i to bardzo dokładnie, materię pozaziemską.

W niektórych meteorytach znajdowano mikroskopijne ziarenka diamentów. Po raz pierwszy odkrycia takiego dokonali w końcu XIX w. uczeni rosyjscy Jerofiejew i Łaczinow. Znaleźli oni ziarenka diamentowe w kamiennym meteorycie Nowy Urej (spadł w byłej guberni niżegorodskiej w 1886 r.). Ziarna diamentów znajdowali potem w niektórych meteorytach także inni uczeni. Jednakże diamenty występujące w meteorytach nie mają żadnej praktycznej wartości.

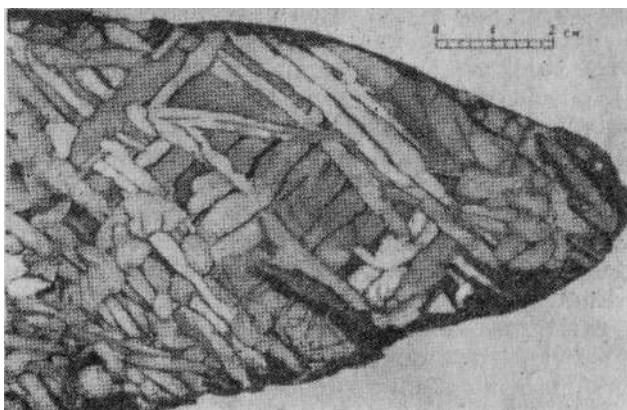
Bardzo interesująco przedstawia się struktura wewnętrzna meteorytów.

Wypolerowana powierzchnia meteorytów żelaznych nabiera zwierciadlanego połysku. Jeżeli teraz będziemy trawić taką powierzchnię w czasie od 5 do 10 minut słabym 3-5% roztworem jakiegokolwiek kwasu, na przykład azotowego, to wystąpi na niej charakterystyczny rysunek. Przedstawia on jakby siatkę z przeplatających się ze sobą pasków, z cienkimi, błyszczącymi brzeżkami, jakby wstążkami (rys. 25). Rysunek ten nazwano figurami Widmanstaettena (od nazwiska uczzonego, który pierwszy odkrył taką strukturę meteorytów).

Figury Widmanstaettena występują w następstwie niejednakowego działania trawiącego roztworu kwasu na różne miejsca wypolerowanej powierzchni meteorytu. Meteoryt składa się w ogóle z dwóch rodzajów żelazoniklu — minerałów kamasytu i tenitu. Kamasyt zawiera niewielką ilość niklu, mniej więcej 5 do 6%; tworzy on grube beleczki. Tenit, przeciwnie — zawiera dużo niklu, przeciętnie 20 do 25% i obrzeża w postaci cienkich wstążeczek beleczki kamasytu. Na polerowanej powierzchni nie można rozróżnić obu minerałów i dostrzec beleczek i wstążek, lecz pod wpływem

żrącego działania kwasu beleczki, zawierające małą ilość niklu i łatwo ulegające działaniu kwasu, stają się matowe. Tenit zawierający dużo niklu zachowuje się inaczej, nie ulega on działaniu kwasu, a powierzchnia wstążek pozostaje błyszcząca, taka jak była na początku.

Figury Widmanstaettena w meteorytach żelaznych tworzą się w następujący sposób. Podczas powolnego ochładzania substancji meteorytowej następuje przemieszczanie żelaza i niklu. Jedne odcinki meteorytu zostają wzbogacone w nikiel (wstążki), inne zaś (be-



Rys. 25. Figury Widmanstaettena na wytrawionej powierzchni meteorytu żelaznego

leczki kamasytu), przeciwnie — tracą go. Na skutek własności krystalizacyjnych żelaza i niklu beleczki w meteorycie układają się wzdłuż płaszczyzny lub krawędzi oktaedru — kryształu o 8 krawędziach. Dlatego też meteoryty żelazne, w których stwierdzono wystąpienie figur Widmanstaettena po trawieniu, nazywane są oktaedrytami.

Im więcej niklu zawiera meteoryt, tym delikatniej-szy rysunek figur Widmanstaettena otrzymuje się w wyniku trawienia. Tak więc w grubostrukтурalnych

oktaedrytach (o zawartości niklu średnio 6%) szerokość beleczek wynosi 2,5 mm i więcej. W oktaedrytach o drobnej strukturze (zawierających średnio około 13% niklu) szerokość beleczek wynosi tylko 0,2 mm, a nawet mniej.

Nie na wszystkich meteorytach żelaznych występują po trawieniu figury Widmanstaettena. Spotyka się żelazne meteoryty, na których powierzchni pod wpływem trawienia występują liczne, bardzo cienkie, proste linie ułożone równolegle do siebie. Linie te nazwane zostały liniami Neumanna od nazwiska ich odkrywcy. Meteoryty, które w ten sposób zachowują się pod wpływem trawienia, składają się w całości z jednego minerału — kamasytu. Meteoryty te są monokryształami, co znaczy, że każdy poszczególny meteoryt stanowi w całej swej masie jednolity żelazonikłowy kryształ, chociaż nie ma prawidłowych krawędzi charakterystycznych dla kryształów.

Meteoryty, na których powierzchni występują po trawieniu tylko linie Neumanna, nazywają się *heksaedrytami*. Ich wewnętrzna budowa krystaliczna odpowiada kryształowi o kształcie sześcianu, nazywanego heksaedrytem. Okazem heksaedrytu był na przykład żelazny meteoryt Bogusławka, który jeszcze w powietrzu rozpadł się na kilka części. Znalezione tylko dwie, które dokładnie do siebie pasują. Patrząc na nie, nie ma się wątpliwości, że meteoryt rozpadł się wzdłuż powierzchni wewnętrznych kryształu przecinających się pod kątem prostym (p. rys. 11).

Istnieje jeszcze jedna nieliczna grupa meteorytów żelaznych zwanych *atakсытaрнi* (nazwę tę można przetłumaczyć jako „nieuporządkowane”). Podczas trawienia kwasem wypolerowanych powierzchni takich meteorytów nie dostrzeże się żadnego charakterystycznego rysunku. Ataksyt składa się w całości z mieszaniny mikroskopijnych ziarenek obu minerałów — kamasytu i tenitu. Średnia zawartość niklu w ataksytach wynosi 13%, lecz w poszczególnych przypadkach dochodzi do 30%, a nawet więcej. Spotyka się, choć bardzo rzadko, a taksyty o zawartości niklu 5-6%, a więc takiej jak w heksaedrytach. Z tego powodu ataksyty

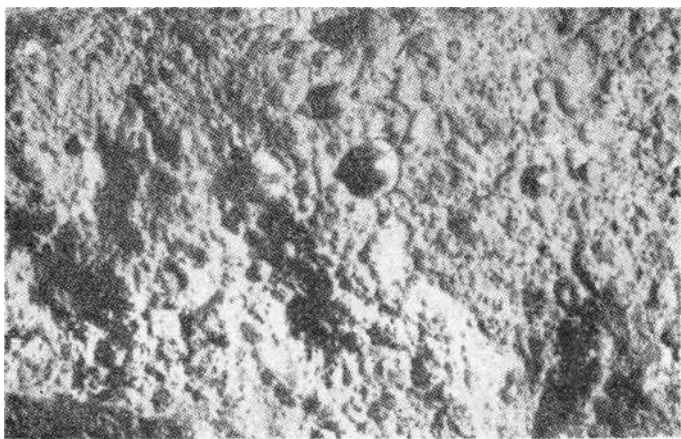
dzieli się na dwie grupy — o dużej i małej zawartości niklu.

Jeszcze rzadziej niż ataksyty spotyka się żelazne meteoryty charakteryzujące się specyficzną odłamkowo-beleczkową budową. Taką strukturę mają na przykład kawałki meteorytów żelaznych ze spadku Sichote-Aliń, a także poszczególne odłamki żelaznego meteorytu Jardymły, który spadł w Azerbejdżanie 24 stycznia 1949 r. Składają się one jakby ze sprasowanych pojedynczych odłamków i grudek o średnicy wynoszącej od kilku milimetrów do kilku centymetrów.

Między poszczególnymi ziarnami i grudkami występują cieniutkie warstewki minerału — szraiberzytu, związku żelaza i fosforu, oraz troilitu — związku żelaza z siarką. Dwa te minerały spotyka się w meteorytach również w postaci grubych wtrąceń.

O strukturze meteorytów żelazokamiennych — mezosyderytów i pallasytów — już mówiliśmy, przejdźmy więc do kamiennych.

Meteoryty kamienne pod względem budowy wewnętrznej dzielą się na dwa różne typy. Do\* pierwszego, najbardziej licznego, należy około 90%o wszystkich me-



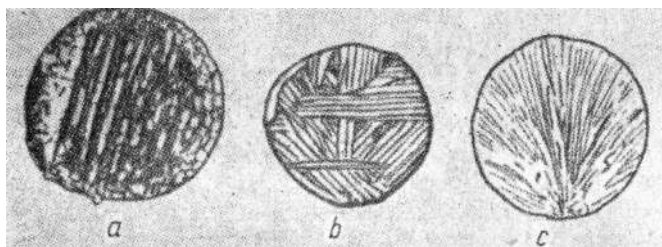
Rys. 26. Chondry widziane na powierzchni przełomu jednego z meteorytów kamiennych (chondrytu)

teorytów kamiennych. Nazywają się one *chondrytami*. Nazwa ta pochodzi od greckiego słowa *chondros* oznaczającego ziarno. Owe chondry czy kulki bądź ziarna rozsiane są w całej masie meteorytu. Wielkości ich są różne — od mikroskopijnych do dużych jak ziarno grochu; najczęściej spotykane mają wielkość ziarna prosa. Można je zobaczyć nawet nieuzbrojonym okiem na przełomie kamienia (rys. 26).

Wewnętrzna budowa chondr pokazana jest na rysunku 27. Przekrój poprzeczny (rys. 27c) pozwala zauważyć ich promienistą budowę, przy czym punkt zbiegu promieni zwykle znajduje się nie w środku chondry, lecz z brzegu. Spotyka się też przykłady bardziej skomplikowanej budowy (rys. 19a i b). Uчени doszli do wniosku, że chondry są to zastygłe szybko krople tej samej materii, z której składa się podstawowa masa meteorytu. Chondry są zwykle takiego samego koloru co cały meteoryt.

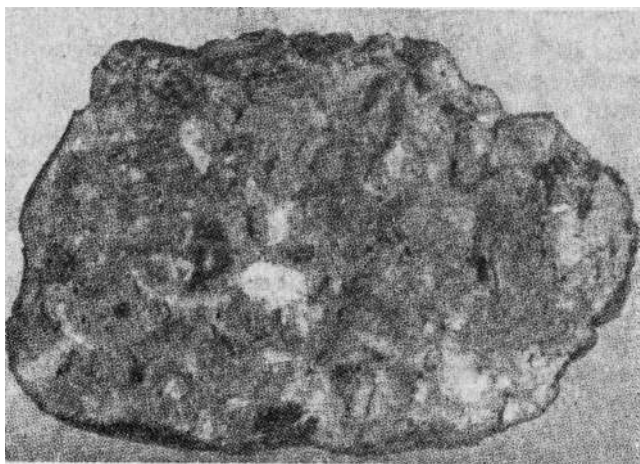
Jakk dotąd nie znaleziono chondr na Ziemi. Uważa się więc, że są to utwory właściwe tylko dla meteorytów. Chondry stanowią jedną z ważniejszych cech charakterystycznych większości meteorytów kamiennych (chondrytów).

Druga grupa meteorytów kamiennych, znacznie rzadziej spotykana, cechuje się zupełnym brakiem chondr. Meteoryty należące do tej grupy nazywają się *achondrytami*. W przełomie achondrytów są



Rys. 27. Schematyczny rysunek przedstawiający chondry w przekroju; widać ich wewnętrzną strukturę:

a, b, c — chondryt o różnej budowie wewnętrznej



Rys. 28. Struktura wewnętrzna achondrytu widziana na powierzchni przełomu

dobrze widoczne, nawet nieuzbrojonym okiem, okruchy pojedynczych kryształów różnych minerałów jakby scementowanych drobnoziarnistą masą zasadniczą. Okruchy te mają czasem powyżej centymetra średnicy (rys. 28). Niektóre achondryty pod względem budowy i składu mineralogicznego przypominają skały występujące w niższych warstwach skorupy ziemskiej.

Od ziemskich skał i sztucznych stopów żelazoniklowych różnią, się meteoryty większą porowatością.

Meteoryty żelazne są bardzo ciągliwe i dobrze dają się kuć na zimno bez hartowania. Przeciętny ciężar właściwy meteorytów żelaznych wynosi 7,72, mezosyderytów 5,60, pallasytów 4,74, meteorytów kamiennych zaś 3,54 G/cm<sup>3</sup>.

Badając szczegółowo wewnętrzną budowę meteorytów uczeni odkryli wiele ciekawych zjawisk. Zmiany w strukturze wewnętrznej mają duże znaczenie dla badań warunków istnienia meteorytów w przestrzeni międzyplanetarnej. Na przykład zmiany w strukturze mogły nastąpić na skutek wielokrotnego nagrzewania meteorytów, spowodowanego promieniowaniem Słoń-



ca podczas przelatywania meteorytów w jego pobliżu, albo też pod wpływem innych przyczyn, na przykład przy zderzeniach, przy podwyższonym ciśnieniu, zgniataniu itd.

Uczeni opracowali metodę badania wieku skał występujących na Ziemi. Jako wiek skał rozumie się ten okres czasu, który upłynął od momentu zastygnięcia roztopionej magmy. Wiek skorupy ziemskiej został w ten sposób obliczony na około 5 miliardów lat.

Obliczenia te oparte są na wykorzystaniu zjawiska rozpadu promieniotwórczego niektórych pierwiastków chemicznych. Rozpad promieniotwórczy przebiega z absolutną stałością w czasie. Jeżeli określimy w jakimkolwiek kawałku skały zawartość pierwiastka promieniotwórczego i następnie produktów jego rozpadu, to na podstawie stosunku zawartości tych dwóch składników będziemy w stanie określić czas, w ciągu którego odbywał się rozpad pierwiastka promieniotwórczego, a więc i wiek badanej skały. Tę samą metodę można zastosować i do badania wieku meteorytów, opierając się na takich pierwiastkach promieniotwórczych, jak uran, tor, rubid, potas i inne oraz produktach ich rozpadu, którymi są hel, ołów, stront, argon. Pomiar wykazały, że wiek meteorytów, czyli czas, jaki upłynął od chwili zastygnięcia ich materii do dnia dzisiejszego, wynosi 4-4,5 miliarda lat.

Uczeni ustalili również, że w wyniku działania na meteoryty w przestrzeni międzyplanetarnej promieniowania kosmicznego, zachodzą w nich reakcje jądrowe między pierwiastkami chemicznymi a cząstkami kosmicznymi o wielkiej energii. Pod wpływem bombardowania cząstkami kosmicznymi w meteorytach powstają nowe kosmogeniczne izotopy wielu pierwiastków chemicznych. W meteorytach żelaznych na przykład tworzą się kosmogeniczne izotopy kobaltu, manganu, wanadu, wapnia, argonu, skandu oraz izotop wodoru — tryt.

Większość tych izotopów zawarta jest w meteorytach w znikomych ilościach, tak że do obliczenia jej trzeba stosować skomplikowaną aparaturę i specjalne metody. Trudności te zwiększa jeszcze fakt, że więk-

szczość izotopów pochodzenia kosmicznego jest bardzo nietrwała — ma bardzo krótki okres połowicznego rozpadu. Na przykład izotop wanadu  $^{48}$  ma okres półrozpadu wynoszący 16 dni. Po upływie 16 dni od upadku meteorytu (to znaczy, odkąd ustało działanie nań pierwotnego promieniowania kosmicznego) pozostanie w nim tylko połowa początkowej ilości izotopu. Po następnych 16 dniach tylko czwarta część itd.

Dlatego tak duże znaczenie ma przeprowadzenie badań izotopów pochodzenia kosmicznego możliwie natychmiast po upadku meteorytu.

Badania te są potrzebne dla określenia kosmicznego wieku meteorytu, to znaczy czasu jego przebywania w przestrzeni międzyplanetarnej i pozostawania pod wpływem promieniowania kosmicznego. Pomiary te i obliczenia mają znaczenie także dla badań intensywności i charakteru promieniowania kosmicznego oraz jego zmian w przestrzeni i czasie.



## METEORYTY-GIGANTY I ICH KRATERY

Olbrzymie, wręcz gigantyczne meteoryty spadając na Ziemię tworzą leje zwane *kraterami*. Kraterów takich, które powstały kiedyś, bardzo dawno na skutek upadku olbrzymich meteorytów, naliczono powyżej dziesięciu. Zderzeniu się z Ziemią tych wielkich kamieni towarzyszyły wybuchy i duże czasem spustoszenia.

Meteoryty mają niekiedy (w momencie wtargnięcia do atmosfery ziemskiej), jak ustalili uczeni, olbrzymią masę dochodzącą do kilkuset tysięcy ton. Jeśli taki meteoryt wpadnie do atmosfery ziemskiej z prędkością kilkudziesięciu kilometrów na sekundę, to jest w stanie przelecieć przez gęste jej warstwy zachowując dużą prędkość dochodzącą do kilku kilometrów na sekundę. Przy uderzeniu meteorytu o Ziemię nastąpi błyskawiczne jego zahamowanie i zniszczenie siatki krystalicznej materii meteorytowej. Stała materia meteorytu i część gleby przekształci się w parę i nastąpi wybuch o olbrzymiej sile.

W miejscu gdzie upadł meteoryt, utworzy się lejowate zagłębienie — *krater wybuchowy*. Fala wybuchu spowoduje zniszczenie przedmiotów znajdujących się na powierzchni Ziemi wokół krateru w promieniu wielu kilometrów. Meteoryty, których masa sięga kilkudziesięciu ton, przy zderzeniu z Ziemią rozbijają się na tysiące drobnych odłamków i tworzą mniejsze kratery, nazywane *kraterami uderzeniowymi*. Średnica kraterów wybuchowych przekracza 100 m, średnica uderzeniowych natomiast jest nie większa od kilkudziesięciu metrów. W kraterach wybuchowych można zobaczyć na otaczającym je wale z ziemi wyrzucone z głębi

i ułożone koncentrycznie warstwy skał. Natomiast w kraterach uderzeniowych wał usypany jest z rozdrobnionych na małe odłamki skał i ziemi.

Jeden z największych i jednocześnie dobrze zachowanych kraterów wybuchowych znajduje się w USA w stanie Arizona. Leży on wśród pustyni i nosi nazwę Diabelskiego Kanionu. Średnica krateru arizońskiego wynosi 1207 m, głębokość 174 m (rys, 29\*). Otoczony jest on wałem o wysokości 40—50 m. Uczni zwrócili nań po raz pierwszy uwagę w 1891 r., lecz długi czas nie mogli się zdecydować na przyjęcie jakiejś koncepcji o jego pochodzeniu i przyczynie powstania. Wokół krateru znaleziono wielką ilość (dziesiątki tysięcy) drobnych odłamków żelaznego meteorytu. Ogólny ich ciężar wynosił w przybliżeniu 30 ton. Ten fakt skłonił większość badaczy do przyjęcia hipotezy, iż rzeczywiście lej ten utworzył się na skutek upadku na ziemię gigantycznego niebieskiego kamienia. Dalsze badania



Rys. 29\*. Zdjęcie lotnicze krateru meteorytowego w Arizonie

krateru potwierdził} te domysły. Ustalono, że krater musiał powstać mniej więcej 50 000 lat temu.

Przez długi czas próbowano znaleźć w kraterze główną masę meteorytu. W tym celu prowadzono wiercenia w kraterze na głębokości kilkuset metrów, rozkopywano go, ryto boczne chodniki, lecz wszystko bezskutecznie. W samym kraterze nie udało się znaleźć nie tylko żadnego większego odłamka, lecz nawet drobnych okruchów meteorytu. Owszem, znajdowano je wokół krateru, lecz nie w jego wnętrzu.

W świetle obecnych doświadczeń nie budzi to już zdziwienia, wiemy bowiem, że żaden meteoryt, bez względu na okoliczności (masa, prędkość) nie zdoła zagłębić się w twardy grunt na kilkaset czy nawet tylko kilkadziesiąt metrów. Meteoryt albo zostanie zniszczony przez wybuch, jeśli uderzy on w Ziemię mając prędkość kilku kilometrów na sekundę, albo nieznacznie zagłębi się w grunt i utworzy zagłębienie — krater uderzeniowy — rozbijając się przy tym na mnóstwo drobnych odłamków. Jeśli zaś meteoryt jest mały i spadnie z odpowiednio niewielką prędkością, utworzy on w ziemi niezbyt głęboki lej.

Oprócz wyżej przedstawionego, istnieje jeszcze inny pogląd na losy arizońskiego meteorytu. Pogląd ten opiera się głównie na wynikach prac amerykańskiego geofizyka Daniela M. Barringera, który pierwszy w 1909 r. wyraził opinię, że krater w Arizonie jest pochodzenia nie wulkanicznego, lecz meteorytowego,

Barringer liczył, że pod dnem krateru znajduje się sam meteoryt żelazonikłowy o masie wielu tysięcy ton. Próbował on skłonić instytucje naukowe do przeprowadzenia wierceń poszukiwawczych, ale te nie rozporządzały wystarczającymi środkami pieniężnymi na tak kosztowną imprezę.

Udało mu się natomiast zainteresować przedsiębiorców, którzy liczyli, że w stosunkowo łatwy sposób uzyskają wielkie ilości cennego surowca hutniczego. Zawiązało się towarzystwo akcyjne i wiertacze przystąpili do pracy.

W kraterze przeprowadzono kilka wierceń, ale

wszystkie dały taki sam, mało zachęcający rezultat. Początkowo świder przecinał warstwy stariego na maczkę piaskowca ze śladami żelazoniklu, ale im dalej w głąb, tym mniej było tych śladów. Później, gdy świder dochodził do głębokości 300 m poniżej dna krateru, natrafił już tylko na nietknięte warstwy białego, a następnie rudawego piaskowca.

To niepowodzenie nie załamało Barringera. Zwrócił on uwagę na to, że pociski, padające pod różnymi kątami zostawiają zawsze okrągłe leje. Nasunęło mu to myśl, że meteoryt arizoński mógł spaść pod niewielkim kątem do powierzchni Ziemi i zaryć się nie pod dnem krateru, ale gdzieś pod otaczającym go wałem. Barringer zainteresował się położeniem spiętrzonych warstw piaskowca, tworzących ów wał. Stwierdził, że w północnej części są one nachylone zaledwie o  $5^{\circ}$  do poziomu, podczas gdy w części południowej postawione są niemal pionowo. A więc można by z tego wysnuć wniosek, że meteoryt leciał z północy na południe pod dość ostrym kątem do powierzchni Ziemi i zarył się pod południowym wałem krateru.

Tam też w 1927 r. rozpoczęto nowe wiercenia. Początkowo świder przecinał ustawione pionowo, ale nie rozkruszone warstwy piaskowca. Potem trafił na warstwy roztarte podczas uderzenia, od 385 metra zawierające okruchy materii meteorytowej. Ilość ich szybko rosła — na głębokości 410 m stanowiły już 75% przewiercanej masy. Żelazonikiel stawiał przy wierceniu coraz większy opór. Z wielkim trudem przewiercono jeszcze 10 m — i świder złamał się. Nie udało się go wydobyć na powierzchnię.

Barringer był przekonany, że na głębokości 420 m wiercenie doszło do głównej masy meteorytu. Jednakże do tej pory impreza pochłonęła 300 tysięcy dolarów i przemysłowcy nie chcieli dać środków na dalsze wiercenia ani na budowę szybu wydobywczego.

W latach późniejszych prowadzono jeszcze badania geologiczne metodami magnetycznymi. Potwierdziły one, że pod południowym wałem krateru spoczywa wielka masa żelaza, ale rozmiarów jej nie udało się ściśle ustalić.

Tak więc problem meteorytu arizońskiego pozostał nie rozwiązany po dziś dzień. Z jednej strony wyliczenia wskazują, że meteoryt powinien był ulec zniszczeniu podczas zderzenia z Ziemią, z drugiej — wyniki wierceń i badań geomagnetycznych sugerują, że spoczywa on na głębokości ponad 400 m. Sądzić należy, że » w przyszłości nauka rozstrzygnie ten problem.

W 1921 r. odkryto drugi krater meteorytowy w pobliżu miasteczka Odessa w stanie Teksas (USA). Jest on znacznie mniejszy niż arizoński; średnica jego wynosi bowiem 162 m, głębokość zaś 5,5 m. Wał wokół krateru wznosi się ponad otaczający teren na 0,5-1 m. Dokoła krateru znaleziono drobne odłamki żelaznego meteorytu; większość ich była na powierzchni silnie zardzewiała. Najwidoczniej krater ten powstał już bardzo dawno.

W pobliżu głównego krateru, niewątpliwie pochodzenia wybuchowego, odkryto jeszcze trzy niewielkie kratery uderzeniowe; średnice ich wynoszą od 3 do 24 m.

W 1931 r. odkryto na pustyni Henbury w środkowej Australii grupę 13 kraterów rozmieszczonych na obszarze mniej więcej 1,25 km<sup>2</sup>. Największy ma kształt elipsy, której krótsza oś wynosi 110, a dłuższa 220 m. Prawdopodobnie były to dwa kratery leżące blisko siebie, które z czasem połączyły się na skutek osypania się dzielącej je przegrody. Głębokość krateru wynosi 12, miejscami zaś dochodzi do 15 m. Średnice pozostałych (uderzeniowych) kraterów mają od 9 do 80 m. W pobliżu kraterów zebrano ponad 1500 odłamków meteorytów. Ich rodzaj i skład chemiczny jest taki sam jak odłamków meteorytu arizońskiego. Można przypuszczać, że meteoryty, które tu spadły, stanowiły kiedyś jedną bryłę. W pobliżu powierzchni Ziemi rozleciały się one na kilka części. Przy upadku każda

taka część utworzyła krater, a każdy z odłamków uderzając o ziemię jeszcze raz uległ rozbiciu na mnóstwo drobnych okruchów.

W 1932 r. odkryto krater meteorytowy na pustyni Wabar, w okolicy Rub-al-Chali w Arabii. Natrafiono tu na dwa krater wyryte w sypkim piasku, częściowo zasypane. Średnica większego wynosi około 50 m, mniejszego zaś 12 m. Naokoło kraterów znaleziono odłamki zwykłego meteorytu żelaznego. W samych kraterach i na otaczających je wałach odkryto kawałki impaktytów — stopionego na szklistą masę piasku kwarcowego (silica-glasu). Piasek musiał się stopić w momencie wybuchu, wówczas gdy został ogrzany do bardzo wysokiej temperatury.

Rzecz ciekawa, że odkrycia kraterów meteorytowych w Rub-al-Chali dokonali nie specjaliści od meteorytów, lecz archeologowie. Wśród koczowników arabskich — znana była legenda o tajemniczym mieście Wabar, zniszczonym przez „ogień niebieski” za grzechy mieszkańców. Śladami tej legendy podążyli archeologowie i ze zdumieniem stwierdzili, że rzekome mury zniszczonego miasta są w rzeczywistości wałami kraterów meteorytowych.

W 1933 r. natrafiono na grupę kraterów meteorytowych na pustyni Gran Chaco w Argentynie. Średnica największego z nich wynosi 70 m, ale jest on bardzo płytki; inny krater, o średnicy 56 m, ma głębokość 5 m. Naokoło kraterów zebrano odłamki żelaznego meteorytu o łącznej masie wynoszącej powyżej tony.

W 1947 r. w północnej części środkowej Australii odkryto na piaszczystej równinie krater meteorytowy Wolf Creek. W pobliżu krateru znajdują się wychodnie rdzennych skał — kwarcytów i piaskowców. Krater jest okrągły, średnica jego wynosi 853 m, głębokość 50 m. W samym kraterze i w jego pobliżu znaleziono stopione szkliste kawałki skał (impaktyty) i odłamki żelaznego meteorytu, mocno utlenione. Na razie zresztą nie zbadano tego krateru dostatecznie starannie.

W 1950 r. odkryto największy na świecie krater



Chubb (Ungava) w północnej części prowincji Quebec (Kanada). Kształt jego jest okrągły. Powstał on w grubej warstwie granitu i wypełniony jest wodą. Jak dotąd nie udało się znaleźć odłamków meteorytów wokół krateru.

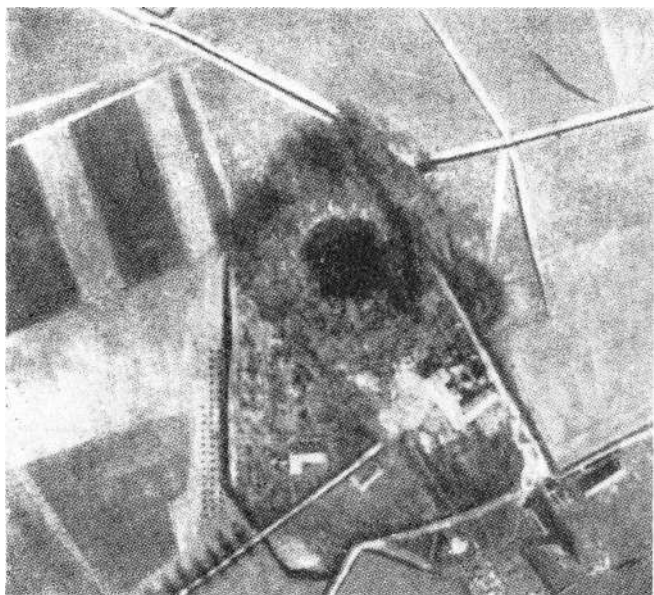
Również w innych miejscach na kuli ziemskiej natrafiono na kratery po meteorytach. Naokoło nich zebrano drobne odłamki żelaznych meteorytów, jednakże w żadnym nie natrafiono na większą masę, co zdaje się potwierdzać tezę o wybuchowym charakterze uderzeń większych meteorytów i tworzeniu się kraterów.

W początkach ubiegłego wieku zwrócili uwagę uczonych zagłębienia terenu na wyspie Saarema w Estonii. Leżą one wśród pól uprawnych na przestrzeni około ćwierć kilometra. Najgłębszy z nich — krater Kaalijarv jest niemal okrągły o średnicy 110 m. Wypełnia go woda, nad brzegami rosną stare drzewa (rys. 30). Krater ten przekształcił się w malowniczy staw i jest celem licznych wycieczek turystów. Średnice mniejszych, uderzeniowych kraterów wynoszą od 12 do 30 m.

Badaniem tych kraterów zajął się w 1927 r. inżynier I. Reinwald, który pierwszy wyraził przypuszczenie, że utworzyły się one na skutek upadku meteorytów. Reinwald badał je uparcie przez 10 lat, niektóre rozkopywał, prowadził wiercenia, wykopy i wreszcie upewnił się w swych przypuszczeniach, gdy znalazł dowody wybuchu meteorytu i utworzenia głównego krateru. W 1937 r. udało mu się znaleźć w jednym z mniejszych kraterów 28 odłamków żelaznego meteorytu, co prawda bardzo małych (ogólny ich ciężar wynosił zaledwie 102 G). Niemniej jednak znalezienie ich było dowodem, że kratery są pochodzenia meteorytowego. Inżynier Reinwald prowadził te wszystkie badania własnymi środkami, gdyż mimo usilnych starań nie zdołał uzyskać pomocy od ówczesnego rządu Estonii.

12 lutego 1947 r. spadł gigantyczny meteoryt w Kraju Przymorskim w zachodniej części łańcucha górskiego Sichote-Aliń, w tajdze ussuryjskiej.

Meteoryt sichote-aliński spadł o 10.36 rano według czasu miejscowego. Bolid w postaci jaskrawoognistej kuli lecącej z północy na południe obserwowano wiele osób. Po trzech dniach odnaleziono w tajdze za pomocą samolotów miejsce jego upadku. Lecąc na wysokości 700 m piloci dostrzegli wśród drzew leje naj-



Rys. 30. Zdjęcie lotnicze głównego krateru meteorytowego Kaalijary -na wyspie Saarema w Estonii

wyraźniej świeżo utworzone. Wyraźnie odcinały się one na tle śniegu żółtoburym kolorem obnażonej gliny i skał. Wkrótce przybyli na to miejsce geolodzy z Władywostoku i Chabarowska. Komitet do spraw meteorytów Akademii Nauk skierował tam specjalną ekspedycję pod kierownictwem członka Akademii W. G. Fiesienkowa (wśród uczestników tej ekspedycji znajdował się także autor niniejszej książki). W latach 1948—50 Komitet do spraw meteorytów zorganizował jeszcze trzy wyprawy w celu zbadania miej-

sca, gdzie spadł meteoryt i odnalezienia oraz zabezpieczenia jego odłamków. Miejsce to zostało postanowieniem Rady Ministrów RSFRR uznane za rezerwat na okres pięciu lat i oddane do dyspozycji Akademii Nauk ZSRR w celu przeprowadzenia badań naukowych.

Do zbierania odłamków zastosowano wykrywacze min i specjalne przyrządy — magnetometry. Cały rejon został sfotografowany z samolotów, wykonano też szkice topograficzne. Umożliwiło to sporządzenie dokładnej mapy okolicy i naniesienie na nią rozmieszczenia kraterów. Członkowie ekspedycji skrupulatnie badali liczne i różnorodne ślady uszkodzenia drzew, spowodowane przez odłamki i falę uderzeniową, która zawsze tworzy się w takich przypadkach. Ekspedycja zebrała tak olbrzymi materiał naukowy, że pełne opracowanie go wymagało wielu lat pracy i całego sztabu specjalistów z różnych dziedzin.

Jak w świetle tych badań wyglądał przebieg wydarzenia, którego bohaterem był intruz z przestrzeni międzyplanetarnej?

Meteoryt wpadł do atmosfery z prędkością około 14,5 km/sek. Stanowił on wtedy jednolitą bryłę. Olbrzymi opór powietrza wywołany wielką prędkością meteorytu spowodował, że na wysokości kilku tysięcy metrów nad Ziemią rozpadł się on na tysiące mniejszych i większych części — od maleńkich o ciężarze kilku setnych grama do wielotonowych olbrzymów. Meteoryt spadł „żelaznym deszczem” i rozsypał się w tajdze na przestrzeni 3 km<sup>2</sup>. Największe bryły przy uderzeniu o twardą skalistą glebę rozłupywały się z kolei na tysiące odłamków, które zaryły się w grunt i potworzyły wyrwy o średnicy od pół do kilkunastu metrów (rys. 31\* i 32\*). Największa miała szerokość 26,5 m i głębokość 6 m. W sumie odnaleziono 122 kratery na powierzchni 0,75 km<sup>2</sup> oraz 78 mniejszych dziur o średnicy nie przekraczającej pół metra, które utworzyły mniejsze kawałki rozbitego meteorytu. Wewnętrzne stoki i otoczenie dużych kraterów były usiane mnóstwem odłamków, gleba zaś i wyrzucona z wnętrza lejów gliniasta ziemia zmieszane były z py-



Rys. 31\*. Krater nr 40 o średnicy 12 m na miejscu spadku sichote-a lińskiego deszczu meteorytowego



Rys. 32\*. Dno jednego z kraterów na miejscu spadku sichote-alńskiego deszczu meteorytowego

łem meteorytowym. Wystarczyło zaledwie przytknąć silny magnes do ziemi, by dosłownie go oblepiły cząstki pyłu meteorytowego. Drzewa w pobliżu dużych kraterów były połamane (rys. 33\*) lub wyrwane z korzeniami i powalone promieniście, tworząc wokół lejów charakterystyczne wieńce.

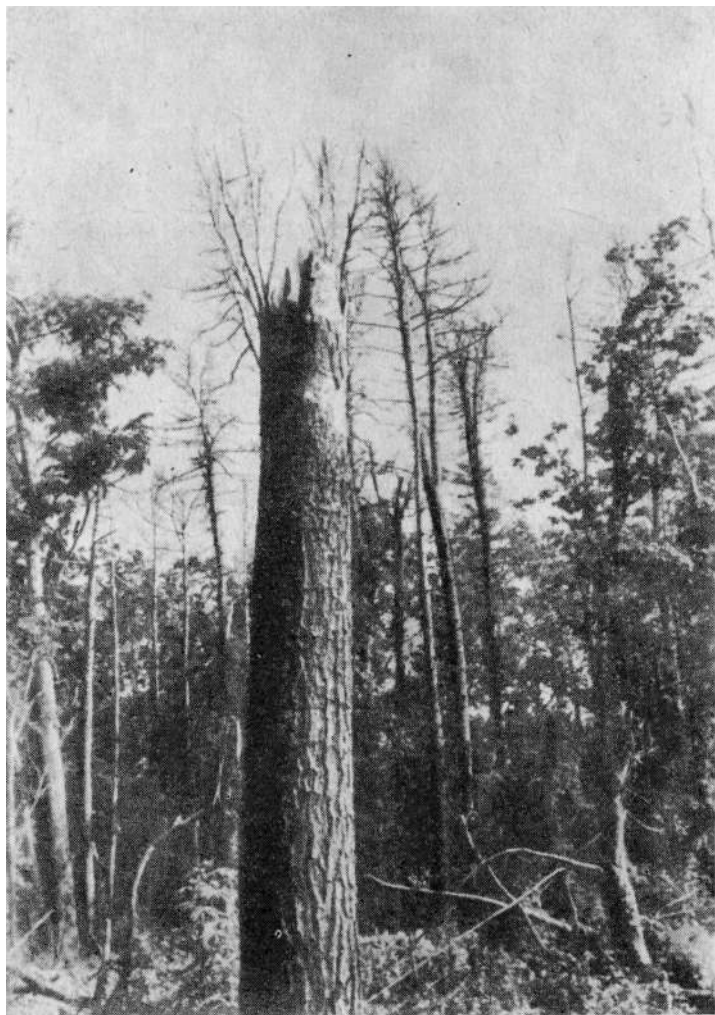
Drobne meteoryty, które oddzieliły się od głównej bryły, zostały rozsiane w tylnej części elipsy. Leżały one na powierzchni leśnej ściółki, na igliwiu, starych liściach, niekiedy trochę w nią zagłębione. Nieco większe utworzyły małe zagłębienia i były częściowo lub całkowicie zasypane ziemią.

Odłamki, dużych meteorytów, rozrzucone w lejach i w ich pobliżu, różniły się bardzo od większych pojedynczych egzemplarzy. Odłamki miały charakterystyczne poiszarpane ostre brzegi, 'miejscami odgięte i pokryte warstwą rdzy i gliny (rys. 34). Już na pierwszy rzut oka widoczne było, że są to szczątki większych meteorytów i że powstały na skutek rozbicia się ich przy uderzeniu o ziemię. Natomiast większe okazy pokryte były wskutek nadtopienia niebieskoszarą skorupą, niekiedy z fioletowym odcieniem i odznaczały się wyraźnym rysunkiem regmagliptów (rys. 35\*). Największy z tych całych meteorytów miał ciężar 1745 kG, najmniejsze zaś — poniżej grama.

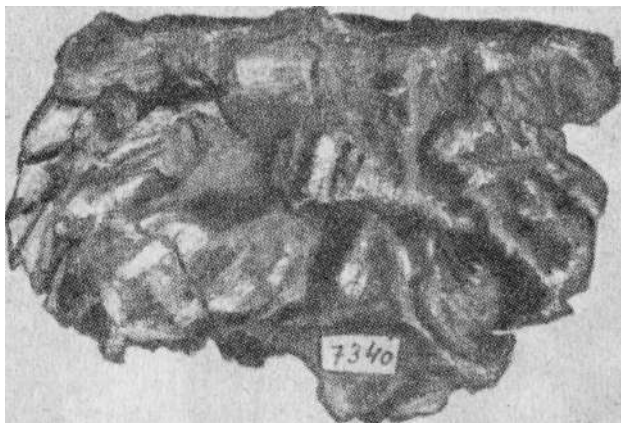
W ciągu czterech lat pracy ekspedycji zebrano i wywieziono z tajgi do Moskwy więcej niż 23 tony materii meteorytowej. Jednakże według obliczeń uczonych całkowita jej masa musiała wynosić około 70 ton. Część materii meteorytowej zamieniła się w pył i zmieszała z glebą lub pozostała w 19 nie przekopanych lejach i wyrwach. Pewna też ilość niewielkich meteorytów i odłamków uległa rozproszeniu po całym rejonie spadku i nie została odnaleziona.

Analiza chemiczna materii meteorytowej dała następujący obraz jej składu chemicznego: żelazo — 94%, 'nikiel — 5,5%, kobalt — 0,38%. Poza tym występowały niewielkie ilości siarki i fosforu oraz znikome wielu innych pierwiastków.

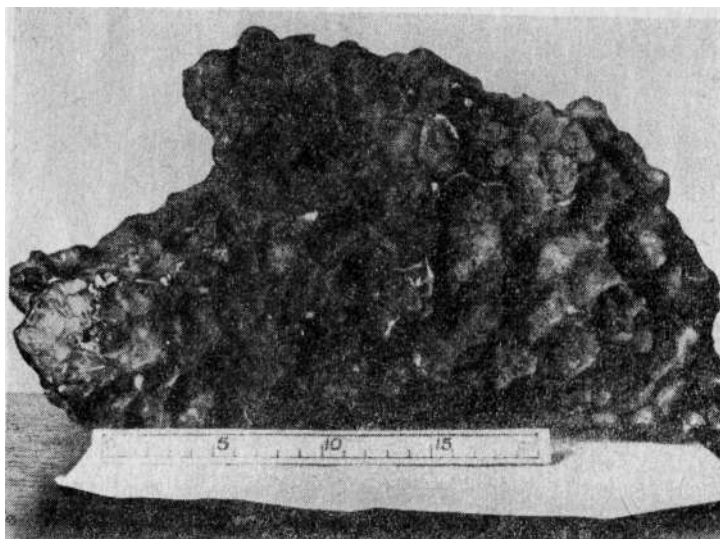
Jeżeli chodzi o wewnętrzną strukturę meteorytów, to składają się one z poszczególnych niewielkich ka-



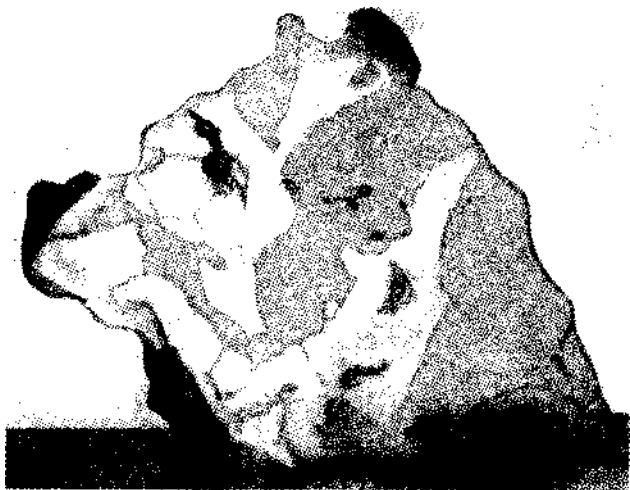
Rys. 33\*. Drzewo ucięte przez nieduży meteoryt, na miejscu spadku sichote-alińskiego deszczu meteorytowego



Rys. 34. Charakterystyczny odłamek z sichte-alińskiego deszczu meteorytowego



Rys. 35\*. Charakterystyczny cały pojedynczy okaz o ciężarze 27 kG z sichte-alińskiego deszczu meteorytowego



Rys. 36. Okruchowo-beleczkowa struktura wewnętrzna meteorytu żelaznego z deszczu sichote-alińskiego

wałków o nieregularnym kształcie, sprasowanych jakby w jedną bryłę. Wielkości ich są różne: od milimetrycznych do kilkucentymetrycznych (rys. 36). Miejscami porozdzielane są one przez cieniutkie płytki troilitu i szraiberzytu, które poważnie osłabiają spójność meteorytu. One to właśnie były przyczyną, że meteoryt rozpadł się w powietrzu na mnóstwo odłamków i że te z kolei uległy rozbiciu przy zderzeniu się z powierzchnią Ziemi.





## ZAGADKA METEORYTU TUNGUSKIEGO

Wszyscy chyba słyszeli o słynnym meteorycie\* tunguskim. Sprawa ta pasjonuje badaczy od wielu lat i właściwie do tej pory nie została rozstrzygnięta.

30 czerwca 1908 r. około godziny 7 rano mieszkańcy osad środkowej Syberii położonych na wschód od Jenisjeju aż do rzek Witim i Muchtu, czyli w pasie prawie 1500 km, widzieli, jak po niebie przelatywał oślepiającej jasności bolid. Światło jego było tak jaskrawe, że aż przyćmiło blask Słońca. Bolid przemknął w ciągu kilku sekund w kierunku z południa na północ i zniknął za tajgą, gdzieś w okolicy rzeki Podkamiennej Tunguskiej.

Ciszę rozdarł ogłuszający huk przypominający odgłos potężnej eksplozji, następnie silny grzmot i głucho, jakby spod ziemi, dudnienie. We wsiach, nad którymi przelatywał bolid, ludzie odczuli wstrząsy ziemi i (budynków, niektórych fala powietrzna zwała z nóg. W wielu domach powypadały szyby z okien, spadały ze ścian obrazy, przewracały się sprzęty. Wybuchy były tak silne, że słyszano je na olbrzymim terytorium o promieniu powyżej 1000 km. Sejsmografy zainstalowane w podziemiach irkuckiej stacji meteorologiczno-magnetometrycznej i przeznaczone do badań trzęsień ziemi zarejestrowały falę sejsmiczną o niezwykłej sile. Jednocześnie powietrzną falą uderzeniową zarejestrowały barografy wielu syberyjskich stacji meteorologicznych. Zanotowały ją nawet nie-

\* Nie jest bynajmniej pewne, że był to meteoryt. Na następnych stronach przytaczamy inne poglądy na tę sprawę (przyp. tłum.).

które angielskie stacje, oddalone od miejsca upadku meteorytu więcej niż o 6000 km.

Pierwszej nocy po upadku meteorytu zaobserwowano inne niezwykle zjawisko przyrody. W całej Europie nie było nocy, po prostu nie ściemniło się. Nawet na południu Rosji, ma Kaukazie, można było o północy swobodnie czytać gazetę bez lampy. W wielu miejscowościach widziano bardzo jasne, świecące lub srebrzyste obłoki. Obłoki te, podobne do zwykłych chmur pierzastych, znajdują się na dużych wysokościach i co roku latem (w okresie tzw. białych nocy) bywają obserwowane w północnych szerokościach (w szerokości geograficznej Moskwy, Leningradu, Pietrozawodska i in.). Zawsze są one widoczne wyłącznie na tle zorzy, podświetlone promieniami Słońca, które latem w tych szerokościach geograficznych nie zachodzi zbyt daleko za horyzont. W nocy po upadku meteorytu tunguskiego takie świecące obłoki były widoczne nie tylko w szerokościach północnych, lecz i na południu, aż do wybrzeży Krymu. Lecz najdziwniejsze jest to, że owej nocy było widno nie tylko tam, gdzie na niebie występowały srebrzyste obłoki, lecz również w tych okolicach, gdzie niebo było zupełnie czyste lub przeciwnie — całkowicie przesłonięte chmurami. Wypływa z tego oczywisty wniosek, że ową „białą noc” należy zawdzięczać nie srebrnym obłokom, lecz jakiejś poświacie na całym nieboskłonie. Kilka następnych nocy również było niezwykle jasnych.

O spadku meteorytu w okolicach Podkamiennej Tunguskiej donosiło wówczas wiele gazet syberyjskich. Jednak miejsca tego wtedy jeszcze dokładniej nie określono i nie odnaleziono. Rząd carski nie był skłonny asygnować ruble na badania naukowe i o wydarzeniu tym powoli zaczęto zapominać.

Dopiero w 1921 r., po zwycięstwie Rewolucji, wysłano z ramienia Akademii Nauk specjalną ekspedycję, na czele której stał L. A. Kulik. Grupa badawcza odwiedziła wiele osad i wsi zbierając meteoryty spadłe w różnym czasie i przechowywane przez mieszkańców tamtejszych okolic.

Jeżdżąc po Syberii Kulik zbierał i notował relacje ludzi, którzy na własne oczy widzieli przelot bolidu. Wszyscy zgodnie opowiadali o niezwykle silnie wyrażonych zjawiskach dźwiękowych i świetlnych, które towarzyszyły upadkowi meteorytu. Niektórzy wspominali, że za Podkamienną Tunguską, w tajdze, gdzie spadł meteoryt, las jest powalony. Słyszeli o tym od koczowników Ewenków, którzy zawadzili o te miejsca w swych wędrówkach.

Już po powrocie ekspedycji Kulik otrzymał od byłego dyrektora irkuckiego obserwatorium meteorologiczno-magnetometrycznego A. W. Wozniesińskiego plik listów, które napłynęły od korespondentów obserwatorium; ich autorzy, naoczni świadkowie, opisywali zaobserwowane przez siebie zjawiska. W swoim czasie Wozniesiński skrupulatnie przestudiował te listy, zbadał także zapis wstrząsów skorupy ziemskiej na sejsmogramie i doszedł do wniosku, że trzęsienie ziemi zostało spowodowane upadkiem olbrzymiego meteorytu. Wozniesiński określił także miejsce, gdzie musiał spaść meteoryt; znajdowało się ono w dorzeczu rzeki Podkamiennej Tunguskiej na północ od faktorii Wanowara.

Latem 1924 r. profesor S. W. Obruczew, prowadzący badania geologiczne rejonu tej rzeki, spotkał — przejeżdżając przez Wanowarę — grupę Ewenków, którzy pamiętali to niecodzienne wydarzenie. Opowiedzieli oni Oforuczewowi, jak to wiele lat temu „na tajgę naleciał ogień”, powalił na wielkiej przestrzeni drzewa, zniszczył u nich — Ewenków — szałasy, w których trzymali swój dobytek i nawet pozabijał renifery. Miejsce, gdzie to nastąpiło, miało się — według ich wskazań — znajdować o dwa—trzy dni drogi na północ od Wanowary.

Podobne opowiadania usłyszał Obruczew z ust wielu innych ludzi — mieszkańców osad położonych nad syberyjską rzeką Angara.

W 1926 r. w Wanowarze przebywał etnograf I. M. Susłow. On również dowiedział się od Ewenków o dziwnym wypadku w tajdze. Wszyscy opowiadali o tym, jak na północ od Wanowary spadł z nieba

kamień ognisty, który poczynił wielkie spustoszenia w tajdze.

Latem 1927 r. Akademia Nauk wydelegowała L. A. Kulika do Wanowary specjalnie w celu zbadania miejsca upadku meteorytu. Gdzieś w środku lata Kulik — pokonawszy liczne przeszkody i trudności, jakie sprawia podróżowanie w tajdze — po raz pierwszy dotarł do miejsca, gdzie był powalony las i gdzie według wszelkiego prawdopodobieństwa musiał upaść meteoryt. Opowiadania o zniszczeniu lasu na dużej powierzchni potwierdziły się w pełni. Ponadto Kulik stwierdził, że drzewa były nie tylko zwalone, lecz także, w centralnym punkcie tego rejonu, opalone. Miejsce upadku meteorytu okazało się odległe od Wanowary o 60 km w linii prostej. Badając okolicę Kulik stwierdził, że na wszystkich wzniesieniach drzewa leżały pokodem, wyrwane z korzeniami (rys. 37\*). Rzucało się w oczy poza tym, że drzewa były powalone promieniście w stosunku do jednego centralnego punktu, czyli — inaczej mówiąc — że wszędzie w promieniu do 20 - 30 km korzenie wyrwanych drzew były skierowane do miejsca prawdopodobnego upadku meteorytu. Tutaj, w centrum tego gigantycznego wachlarza ze zwalonych drzew, Kulik odkrył zapadlinę o szerokości 7-10 km otoczoną niewielkimi wzgórzami. Północno-wschodnią i północno-zachodnią część tej zapadliny wypełniały torfowiska i niewysokie pagórki. Widniały tam liczne okrągłe doły wypełnione wodą. Szerokość południowej części zapadliny, która otrzymała nazwę Południowego Bagna (rys. 38\*), wynosiła 3-5 km. Bagno porośnięte było na powierzchni mchem. Spotykało się też torf, kępy trawy, miejscami wyrosły już krzaki i małe drzewka.

Okolica w rejonie upadku meteorytu tunguskiego miała charakter pagórkowaty. Niewysokie pojedyncze wzgórza oddzielały dolinki, błota i torfowiska. Drzewa, powalone były głównie na wzniesieniach i pagórkach. W dolinach i parowach drzewa ocalały, lecz w większości pozostały same suche pnie ogołoczone

z gałęzi. Miejscami pozostałe drzewa rosły dalej pomimo uszkodzeń.

Okrągłe doły pośród spiętrzonych warstw torfu w północno-wschodniej części doliny Kulik wziął początkowo za kratery meteorytów. Sądził on, że meteoryt nie spadł w postaci jednej bryły, lecz całego roju żelaznych odłamków, a każdy z nich spowodował powstanie jednego z tych licznych okrągłych dołów o średnicy od kilku do kilkudziesięciu metrów.

Podczas swojej pierwszej wyprawy Kulik przebywał w tej okolicy niecałe dwa tygodnie. W ciągu tego krótkiego czasu zdążył tylko powierzchownie rozejrzeć się i sporządzić schematyczną mapę zapadliny i jej najbliższej okolicy.

W 1928 r., a następnie w latach 1929—30 Kulik poprowadził jeszcze dwie ekspedycje (w drugiej brał udział również autor niniejszej pracy). Tym razem główny wysiłek był skierowany na rozkopywanie i wiercenie w kilku dołach, które Kulik uznał za kratery meteorytów. Specjaliści od marzłoci i geografowie byli zdania, że doły te są pochodzenia naturalnego. Rejon prawdopodobnego upadku meteorytu tunguskiego znajdował się w tej części kraju, gdzie ziemia nigdy w głębi nie rozmarza. Pod warstwą torfu grubości 0,5 do 1 m zalega twarda warstwa wiecznie zmarzniętego iłu. W następstwie tego pod wpływem przenikania wód gruntowych i narastania soczewek i sopli lodu w ile przebiega nieustannie proces tworzenia się i rozpadania pagórków z torfu, tak jak obserwuje się to i w innych miejscach w tajdze, gdzie biegnie strefa wiecznej marzłoci. Skutkiem tego procesu jest tworzenie się okrągłych dołów. Nic dziwnego, że Kulikowi nie udało się odnaleźć w nich resztek meteorytu.

Po trzeciej bezowocnej wyprawie w poszukiwaniu meteorytu tunguskiego przerwano na kilka lat badania, aby wznowić je dopiero w 1938 r. Latem tego roku zrobiono zdjęcia lotnicze rejonu interesującego badaczy, stosując specjalną kamerę do zdjęć z dużej wysokości. Wykonano przeszło 1500 fotogramów centralnej części obszaru, na którym był powalony



Rys. 37\*. Powalony las w rejonie upadku tzw. meteorytu tunguskiego



Rys. 38\*. Południowe Bagno — centralna część obszaru powalonego lasu w rejonie upadku tzw. meteorytu tunguskiego

las. Widać na nich wyraźnie, że drzewa leżą wachlarzowato wokół zapadliny, rzuca się również w oczy fakt, że w obniżeniach terenu i parowach drzewa miejscami ocalały.

Zdjęcia te pozwoliły utrwalić obraz jedyne, jak dotąd, przypadku wachlarzowatego powalenia lasu, spowodowanego upadkiem meteorytu.

W 1939 r. Kulik zorganizował jeszcze jedną ekspedycję poszukiwawczą. Tym razem zajął się badaniem południowej części zapadliny — tak zwanego Południowego Bagna.

Wojna przerwała prace nad poszukiwaniem meteorytu tunguskiego. Kulik wstąpił jako ochotnik do armii i zmarł w szpitalu w kwietniu 1942 r.

Komitet do spraw meteorytów zamierzał wznowić poszukiwania po zakończeniu wojny, lecz spadek siehote-alińskiego deszczu meteorytowego w 1947 r. na długi czas pochłonał uwagę i zmobilizował naukowców do skoncentrowania się na tym wydarzeniu. Wyniki badań dostarczyły zresztą wiele nowych cennych informacji na temat meteorytów i przydały się w dalszych poszukiwaniach meteorytu tunguskiego, które wznowiono w 1958 r.

Zorganizowano wówczas ekspedycję, w skład której wchodził pracownicy naukowcy z najrozmaitszych dziedzin: astronomii, geologii, petrografii, fizyki, chemii oraz geochemii. Materiały zebrane przez członków wyprawy zostały opracowane kompleksowo. Poza tym opracowano szereg zagadnień teoretycznych dotyczących praw ruchu meteorytów w atmosferze ziemskiej i ich wybuchów przy upadku na powierzchnię Ziemi. Bardzo interesujące wyniki otrzymano sprawdzając wykresy powietrznych fal uderzeniowych zarejestrowanych w Niemczech (w Poczdamie). Okazało się, że wysokość rozchodzenia się fali po upadku meteorytu tunguskiego osiągnęła 5000-6000 m nad poziomem morza. Stwierdzono także zaburzenia ziemskiego pola magnetycznego. Rozpylona materia meteorytowa na syciła główne warstwy atmosfery i mniej więcej w ciągu dwóch tygodni od upadku meteorytu dotarła do zachodniego wybrzeża USA. Unoszony w powie-

trzu pył meteorytowy spowodował zmniejszenie widoczności (zamglenie) i wyraźnie obniżył siłę promieniowania Słońca; stan taki utrzymywał się do września 1908 r. Ilość rozpylonej materii, która mogła wywołać takie skutki, musiała wynosić około miliona ton.

Do posiadanych informacji o tunguskim meteorycie przybyły obecnie nowe dane. Można przyjąć za pewne, że jednocześnie z upadkiem meteorytu tunguskiego nastąpiło przeniknięcie do górnych warstw atmosfery nad całą Europą i zachodnią Syberią niesłychanie drobno rozpylonej materii. Materia ta była sprawcą zjawiska, że w nocy z 30 czerwca na 1 lipca nie zapadła ciemność i niebo było cały czas jasne.

Nie ulega wątpliwości, że obłok delikatnej rozpylonej materii wydłużony w kierunku przeciwnym do Słońca miał związek z meteorytem tunguskim jeszcze przed jego spotkaniem z Ziemią. Inaczej mówiąc, obłok ten stanowił warkocz komety, meteoryt zaś był jej jądrem, które zderzyło się z Ziemią.

Jako jądro komety meteoryt nie mógł zawierać dużych brył, które byłyby w stanie dolecieć do powierzchni Ziemi. Prawdopodobnie składał się on z bardzo zwartego obłoku pyłu o średnicy kilku tysięcy metrów.

Zgodnie ze współczesnym poglądem, jądra komet składają się z zamrożonych gazów i wody, „zanieczyszczonych” domieszkami żelazoniklu i związków krzemu. Zestalone gazy stopniowo ulatniają się z jądra, które staje się coraz bardziej zagęszczone, składające się już z samych wspomnianych „domieszek” (rys. 39 a i b).

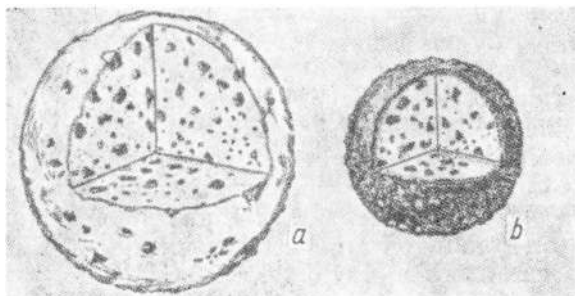
Analizy próbek gleby pobranych przez członków ekspedycji zajmujących się badaniem meteorytów pozwoliły wykryć w poszczególnych próbkach kulki magnetytu i związków krzemu (szkliste, przezroczyste lub białe). Znalezione nawet takie okazy, które składały się z dwóch spojonych ze sobą kulek: magnetytowej i krzemianowej. Na przykład trafiały się przezroczyste szkliste kulki, wewnątrz których tkwiły



czarne kulki magnetytowe. Średnica każdej ze znalezionych kulek wynosiła średnio 30-40 mikronów.

Jeżeli przyjmie się tezę, że meteoryt tunguski pochodził od komety, to takie kulki będą stanowić jej potwierdzenie.

Badania nad meteorystem tunguskim trwały dalej i w lecie 1961 r. Komitet do spraw meteorytów wysłał znów dużą ekspedycję, w której wzięli udział naukowcy różnych specjalności.



Rys. 39. Jądro komety składające się z zestalonych gazów i wody z wtrąceniami żelazoniklu i silikatów (wg B. J. Lewina):

a — jądro z zestalonymi gazami; b — jądro po ulotnieniu się gazów

Upadek meteorytu tunguskiego byłby pierwszym zarejestrowanym (i zaobserwowanym) zderzeniem się komety z Ziemią, dlatego jest tak wnikliwie i szczegółowo badany. W meteorytyce stanowi to nowy etap, etap bezpośredniego badania komet, ich struktury oraz warunków, w jakich spadają na Ziemię.

Przy okazji warto wspomnieć o jeszcze jednej interesującej hipotezie, związanej z meteorystem tunguskim. Otóż bezpośrednio po wojnie, kiedy wysunięta przez Kulika sugestia o upadku bardzo dużego meteorytu żelazoniklowego budziła coraz większe wątpliwości, radziecki pisarz A. P. Kazancew opublikował opowiadanie, z którego wynikało, że rzekomy meteoryt tunguski był statkiem międzyplanetarnym o napędzie jądrowym.

wym. Statek ten miał z nie znanych bliżej przyczyn ulec katastrofie na niewielkiej wysokości nad syberyjską tajgą i spowodować badane przez Kulika i innych zniszczenia laisu na znacznym obszarze.

Hipoteza Kazancewa nie została potraktowana poważnie przez większość uczonych, niemniej spotkała się z dużym zainteresowaniem czytelników i miłośników nauki w Związku Radzieckim i poza jego granicami. Wysuwano na ten temat najróżniejsze przypuszczenia, pisano artykuły, a nawet książki (m.in. „Astronauta” Stanisława Lema). Od czasu do czasu wybuchały na ten temat dyskusje i polemiki, i chociaż większość naukowców wypowiadała się negatywnie na temat hipotezy o jądrowym wybuchu nad tunguską tajgą, sprawa ta powracała stale na łamy czasopism.

Kiedy pod koniec lat pięćdziesiątych ruszyły na teren tunguskiej katastrofy ekspedycje naukowe, przyłączyły się do nich liczne grupy ochotników, nieraz poważnych naukowców. Niektórzy z nich podali do publikacji wyniki swych badań, potwierdzające możliwości eksplozji jądrowej w tunguskiej tajdze. Wywołało to nową polemikę na łamach prasy radzieckiej.

Po ekspedycji 1960 roku większość jej uczestników doszła do wniosku, że eksplozja tunguska była wynikiem zderzenia jądra niedużej komety z Ziemią. Podobny pogląd wyraziło wielu wybitnych specjalistów ze znanym astronomem W. G. Fiesenkowem na czele. Ale w dalszym ciągu liczni młodzi naukowcy polemizowali z tym stanowiskiem, przytaczając argumenty na rzecz hipotezy jądrowej.

Spór zaostriżył się jeszcze po ekspedycji 1961 r. Latem tego roku pracowały na miejscu katastrofy tunguskiej dwie równoległe ekspedycje: jedną kierował geolog i geochemik K. P. Floreński, drugą — geofizyk A. W. Zołotow. Obie grupy uczonych doszły do całkowicie różnych wniosków.

**Otóż** zdaniem Floreńskiego i jego grupy zjawiska, obserwowane w roku **1908**, można wytłumaczyć upadkiem komety na Ziemię, natomiast ekspedycja Zołotowa (pracowała na miejscu wybuchu tunguskiego w latach 1959, 1960 i 1961) doszła do wniosku, że w roku **1908** nastąpiła nad tajgą eksplozja jądrowa.

Warto — choćby w skrócie — przedstawić wyniki obserwacji i argumenty obu ekspedycji.

A więc zaczniemy od danych zebranych przez Floreńskiego. Przede wszystkim poddał on analizie liczne relacje naocznych świadków wydarzenia, w głównej mierze te, które bezpośrednio po katastrofie zebrał dyrektor irkuckiej stacji meteorologicznej i magnetometrycznej Wozniesiński. Na podstawie oceny sprzecznych nieraz opisów i po zestawieniu ich z kształtem obszaru powalonego lasu Floreński doszedł do wniosku, że bolid leciał z kierunku południowo-wschodniego.

Następnie uczony próbował zebrać dane, które by charakteryzowały energię wybuchu nad tunguską tajgą. Pierwszy dokonał próby obliczenia angielski astronom Whipple, który jeszcze w latach trzydziestych otrzymał wielkość rzędu  $10^{20}$  ergów. Jednakże obliczenia astronomów amerykańskich i radzieckich, dokonane w latach 1960—61 wykazały, że energia była jeszcze większa i najpewniej przekraczała  $10^{23}$  ergów. Odpowiada to energii wybuchu bomby termojądrowej o mocy 10 megaton\*. Świadczyć to może, że ciało, które zderzyło się w roku **1908 z Ziemią**, miało ogromną masę i poruszało się z dużą prędkością.

Analiza zamglenia atmosfery ziemskiej w ciągu lata 1908 r. pozwala przypuszczać, że rozpyliło się w niej około miliona ton materii. Jeśli taką wielkość przyjąć dla tunguskiego ciała, to wystarczała dlań prędkość około **30-40 km/sek**, by

megatona odpowiada energii wybuchu 1 miliona ton

przy zderzeniu z Ziemią nastąpił wybuch o podanej wyżej energii. Skądinąd zaś wiadomo, że dla ciała kosmicznego, które przeniknie do atmosfery ziemskiej, wystarczy prędkość powyżej 5 km/sek, by rozpyliło się ono przy wybuchu. Dlatego też nie powinien wzbudzać zdziwienia brak jakichkolwiek odłamków na miejscu tunguskiej katastrofy.

Znaleziono natomiast kuleczki, powstające z kropelek roztopionej podczas lotu bolidu materii meteorytowej. Natrafiono na nie co prawda w odległości kilkudziesięciu kilometrów od przypuszczalnego miejsca eksplozji, ale ta odległość mogła być wynikiem działania fali wybuchu. Kulczki te miały mikroskopijne rozmiary i dopiero po analizie mikrochemicznej udało się potwierdzić ich pozaziemskie pochodzenie: zawierały one około 90% żelaza i 10% niklu, co jest charakterystyczne dla materii meteorytowej.

„Jakie więc ciało kosmiczne — pisze Floreński — mogło mieć solidną masę, ogromną prędkość, odpowiednio nietrwałą strukturę, by móc eksplodować jeszcze w powietrzu, i pozostawić po wybuchu tak nieznaczne ślady? Odpowiedź brzmi: kometa. W ciągu ostatnich lat stwierdzono, że jądra komet składają się głównie z zamrożonych gazów. Warkocze komet tworzą się tylko w tym obszarze, gdzie występuje silne promieniowanie słoneczne. Składają się one z rozrzedzonych gazów i najdrobniejszego pyłu, odrzucanego siłą ciśnienia światła.”

Na podstawie danych o prędkości ciała tunguskiego (około 40 km/sek) można w przybliżeniu wyobrazić sobie orbitę komety. Biegła ona pod ostrym kątem do orbity Ziemi, a okres obiegu komety wokół Słońca był rzędu 50 lat.

Niektórzy oponenty zadają całkiem zrozumiałe pytanie: co roku astronomowie obserwują dziesiątki małych i większych komet; dlaczego nikt nie zaobserwował komety tunguskiej na krótko przed jej zderzeniem z Ziemią? Otóż, zdaniem

Floreńskiego, kometa o takich parametrach orbity znajdowałaby się w czerwcu 1908 roku na dziennej stronie nieba i zaobserwowanie tak słabiotkiego ciała niebieskiego na tle promieni słonecznych było praktycznie niemożliwe. A takie właśnie położenie komety byłoby całkowicie zgodne z południowo-wschodnim kierunkiem, z którego leciała do momentu zderzenia z Ziemią.

Floreński uważa, że na miejscu katastrofy tunguskiej i w najbliższej okolicy możliwe jest znalezienie — oprócz wspomnianych już mikroskopijnych kuleczek żelazoniklowych i kamiennoszklistych — innych jeszcze materialnych resztek komety. Jest to jednak zadanie niezmiernie trudne, z uwagi na małą jeszcze znajomość składu chemicznego komet. Wszak ta, która spadła w rejonie Podkamiennej Tunguskiej, była pierwszą, która za pamięci człowieka zawitała na Ziemię...

Zajmijmy się teraz drugą hipotezą, wysuniętą przez ekspedycję geofizyka Zołotowa. Zajmuje się ona na wstępie wysokością, ma której nastąpiła eksplozja ciała tunguskiego. W roku 1960 ostatecznie stwierdzono, że wybuch nastąpił na wysokości kilku kilometrów nad powierzchnią Ziemi, co obala meteorytową hipotezę zjawiska tunguskiego.

Pozostaje jednak hipoteza kometowa. Z nią właśnie polemizuje Zołotow. Uważa on, że jądro komety nie powinno wcale eksplodować w atmosferze, ale po jej przebicium wybuchnąć przy zderzeniu z powierzchnią Ziemi. A to — jak wiadomo — nie nastąpiło, bowiem Bagno Południowe, stanowiące centrum rejonu zniszczeń, nie nosi żadnych śladów wybuchu na powierzchni Ziemi.

Zołotow odrzuca również twierdzenie, że świecenie nocnego nieba, obserwowane bezpośrednio po tunguskiej katastrofie, mogło być wynikiem przeniknięcia do górnych warstw atmosfery rozpylonej materii warkocza komety. Przytacza on

przykłady, kiedy w latach 1861, 1882, 1910 i innych Ziemia przechodziła przez warkocz komety, a mimo to żadnych zjawisk świetlnych, podobnych do tych z roku 1908, wówczas nie zaobserwowano.

Nie można również — zdaniem Zołotowa — opierać się na znalezionych kuleczkach żelazoniklowych i silikatowych. Są one produktem rozpadu najczęściej drobnych ciał meteorytowych i można je znaleźć praktycznie w każdym miejscu naszego globu. Znalezienie ich w odległości kilkudziesięciu kilometrów od miejsca tunguskiej katastrofy zdaje się raczej świadczyć, że nie mają one z nią żadnego związku.

Zołotow i uczestnicy jego ekspedycji zajęli się szczegółowo badaniem prędkości tunguskiego bolidu w pobliżu Ziemi. Podawana przez wielu naukowców prędkość rzędu 40 km/sek nie może być — zdaniem Zołotowa — brana pod uwagę. Wynika ona z obliczenia na podstawie energii wybuchu, przy założeniu, że nie był to wybuch jądrowy. Powstaje zatem coś w rodzaju błędnego koła: nie można zakładać czegoś, co się ma dopiero udowodnić...

Ekspedycja Zołotowa starała się określić prędkość bolidu na podstawie porównania działania dwóch fal: balistycznej (wywołanej ruchem bolidu) i wybuchowej (spowodowanej jego eksplozją). W tym celu badano rejon częściowego powalenia drzew w takim miejscu, w którym fala balistyczna powinna była nadejść z północy, a wybuchowa — z zachodu. Na podstawie porównania wielkości gałęzi, odłamanych jedną i drugą falą, Zołotow obliczył, że prędkość bolidu nie przekraczała przed wybuchem 3 km/sek.

Do podobnych wniosków prowadzi analiza relacji naocznych świadków katastrofy. Przy dużej prędkości bolidu zjawiska świetlne powinny znacznie wyprzedzić zjawiska akustyczne (tak jak błyskawica wyprzedza grzmot). Jednakże

opisy lecącego bolidu nie wskazują, by miał on wielką prędkość.

Jaka więc była przyczyna tak potężnej eksplozji przy stosunkowo niewielkiej prędkości ciała tunguskiego? Zołotow wskazuje jedno źródło: energię jądrową. Przytacza również dalsze argumenty, przemawiające na rzecz takiej hipotezy.

Przede wszystkim zaobserwowano w roku 1908 zakłócenia pola magnetycznego Ziemi. Można je — zdaniem Zołotowa — porównać z podobnymi zakłóceniami, jakie nastąpiły po amerykańskich wybuchach doświadczalnych bomb wodowych na Pacyfiku.

Poza tym ekspedycja Zołotowa dokonała analizy charakteru opaleń nie zwalonych drzew w rejonie katastrofy i doszła do wniosku, że nastąpiły one pod wpływem promieniowania o znacznym procencie promieni świetlnych. Tego rodzaju opalenia możliwe są tylko wtedy, kiedy temperatura w miejscu eksplozji przekracza dziesięć milionów stopni, a takie temperatury występują — jak wiadomo — tylko przy wybuchu jądrowym. Dane o niezwykle jaskrawym świetle podczas tunguskiej eksplozji można również znaleźć w relacjach naocznych świadków wydarzenia.

„Różnymi drogami — pisze doc. F. J. Zigel, jeden z uczestników ekspedycji Zołotowa — z różnych punktów widzenia analiza materiału faktycznego prowadzi do zdumiewającego wniosku: 30 czerwca 1908 roku nastąpił nad tunguską tajgą wybuch jądrowy!"

Tak oto istnieją na temat przedziwnego zjawiska w rejonie Podkamiennej Tunguskiej dwie sprzeczne ze sobą hipotezy. Nie ulega wątpliwości, że ekspedycja roku 1962 i zapewne lat następnych, a także dalsza, gruntowna analiza zebranego materiału naukowego pozwoli wyświełcić ostatecznie tunguską zagadkę.



## POCHODZENIE METEORYTÓW

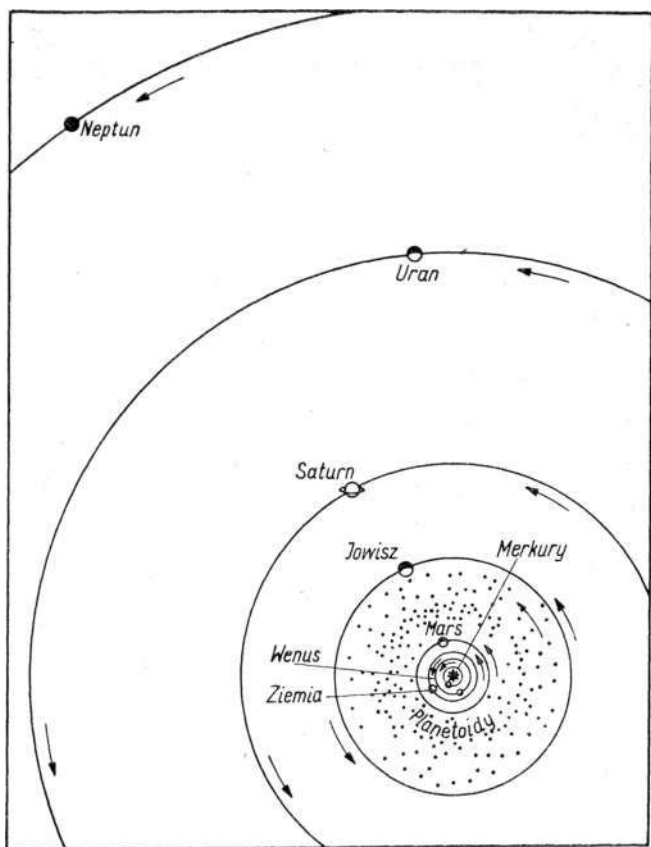
Skąd i w jaki sposób spadają na Ziemię meteoryty — już wiemy. Lecz skąd się one wzięły, jak powstały i jaka jest ich rola w systemie słonecznym? Jaki jest ich związek z pochodzeniem planet i planetoid? Oto pytania, na które chcemy otrzymać odpowiedź.

Rozpatrzmy najpierw stan naszej obecnej wiedzy o ciałach niebieskich wchodzących w skład układu słonecznego i zestawmy je z posiadanymi wiadomościami o meteorytach, uzyskanymi przy ich bezpośrednim badaniu.

Czytelnicy wiedzą, oczywiście, że wokół Słońca krąży — każda po swojej orbicie — 9 planet, w tej liczbie i nasza Ziemia. Planety te według średniej odległości od Słońca ustawione są w następującej kolejności: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran, Neptun, Pluton (rys. 40). Większość planet ma swych satelitów. Na przykład Ziemia ma jednego satelitę — Księżyc, Mars — dwóch satelitów, Jowisz aż dwunastu.

Dalej wiemy, że między orbitami Marsa i Jowisza istnieje wielka liczba małych planet zwanych p l a n e t o i d a m i, które również obiegają Słońce po swoich orbitach, tworząc razem wokół niego jakby pierścień. Średnica największej planetoidy — Cerery — wynosi 786 km. Średnice trzech następnych co do wielkości planetoid wynoszą: Pallady — 483 km, Westy — 385 km oraz Junony — 193 km. Pozostałe planetoidy to ledwie planety-karzełki; ich średnice nie przekraczają zwykle 1000-2000 m, tak że właściwie nie zasługują na nazwę planet. Są to raczej duże odłamy skał krążące w przestrzeni międzyplanetarnej.





Rys. 40. Schemat układu słonecznego

Astronomowie odkrywają wciąż nowe planetoidy; stosowanie coraz większych teleskopów pozwala odnajdywać na niebie jeszcze mniejsze niż te, o których wspominaliśmy. Wszystkie większe planetoidy są już dziś znane, również ich orbity są dokładnie wyliczone, lecz jeśli chodzi o małe, to należy powiedzieć, że większości z nich jeszcze nie zdołano uchwycić przez szkła teleskopów. Jest to jednak tylko kwestia wyprodukowania teleskopów jeszcze większych i opracowa-

nia nowych metod obserwacji. Zapewne wkrótce będzie można oglądać planetoidy o wielkościach zbliżonych do meteoroidów.

Tak więc dochodzimy do wniosku, że pod względem wielkości planetoidy i meteory stanowią jeden nieprzerwany szereg ciał niebieskich — od bardzo dużych do znikomo małych, czyli że planetoidy stopniowo przechodzą w meteory.

Badanie planetoid wykazało, że prawie wszystkie z nich mają nieprawidłowe, odłamkowe (możliwe, że wielościennie) kształty. Wniosek ten wynika ze zmian jasności. Astronomowie ustalili, że w pewnym momencie planetoida ma największą jasność, a potem, przez jakiś czas jasność ta słabnie, następnie znów zwiększa się i po pewnym określonym czasie (różnym u różnych planetoid) osiąga poprzednią wielkość. Takie wahania jasności u większości planetoid zachodzą okresowo. Tłumaczy się je nieregularnym (wielościennym) kształtem planetoid i obracaniem się ich w czasie lotu dokoła własnej osi. Przy ruchu obrotowym planetoidy widzimy z Ziemi na przemian to większą, to mniejszą jej powierzchnię, dlatego i jasność jest to większa, to mniejsza. Planetoidy mają powierzchnie szare — od bardzo ciemnych, prawie czarnych, do bardzo jasnych, prawie białych.

Zbadanie orbit, po których poruszają się planetoidy, wykazało, że wiele z nich w swym ruchu wokół Słońca wybiega daleko poza granice „pierścienia” ograniczonego orbitami Marsa i Jowisza i zbliża się do Ziemi lub innych planet. Wszystkie planetoidy poruszają się w jednym, jak to się mówi, „prostym” kierunku wokół Słońca, to znaczy w tym samym, w którym biegają duże planety, w tej liczbie i nasza Ziemia.

Odkrywcą pierwszej znanej planetoidy — Cery — był włoski astronom Piazzini, który poszukiwał jeszcze jednej planety między orbitami Marsa i Jowisza. Odkrycie to nastąpiło na początku 1801 roku. W rok później odkryta została Pallada, w roku 1804 Junona, w roku 1807 Westa. Przez następne kilkadziesiąt lat nie udało się jednak odkryć żadnych nowych planetoid,

bowiem — jak się później okazało — wszystkie inne są znacznie mniejsze od wymienionych.

W miarę jednak doskonalenia sprzętu i metod badań astronomicznych, naukowcy byli w stanie dostrzegać coraz mniejsze obiekty kosmiczne. Tak więc w latach 1845—49 odkryto sześć dalszych planetoid, a w następnym dziesięcioleciu aż 47. Do końca ubiegłego wieku liczba znanych planetoid wynosiła 452, a obecnie astronomowie mają ich już w ewidencji ponad 1600.

Początkowo nadawano planetoidom nazwy zaczerpnięte z klasycznej mitologii, na podobieństwo nazw planet. Trzymano się przy tym zasady, by planetoidy o orbitach zbliżonych do koła nazywać imionami żeńskimi (jak wyżej wymienione), natomiast te, które mają bardziej wydłużone orbity, określać imionami męskimi. Do tych ostatnich należą Ganimedes, Eros, Apollo, Hermes, Adonis i inne.

Niektóre z tych „męskich” planetoid mają orbity przebiegająca dość blisko orbity Ziemi. Tak na przykład Eros, który ma średnicę 24 km, przebiega tylko o 22 miliony kilometrów od Ziemi. Amor, o średnicy 4 km, przebiega o 15 milionów kilometrów od Ziemi, a jeszcze mniejszy Hermes — zaledwie o milion kilometrów od Ziemi, czyli tylko trzy razy dalej, niż nasz sąsiad — Księżyc. Astronomowie wyliczyli, że jeśli Hermes nie zmieni swej orbity (a to jest zawsze możliwe, bo pod wpływem przyciągania wielkich planet małe piane to idy mogą zmieniać swą orbitę), to w czasie największego zbliżenia przeleci zaledwie o 500 000 Ikm od Ziemi.

W miarę odkrywania coraz nowych planetoid wzrastały kłopoty z wynajdywaniem dla nich nazw. Wykorzystywano w tym celu nazwy miejscowości, gdzie je odkryto (np. Grenoblia, Moskwa, Stockholmia itp.) nazwiska uczonych (Amundsenia, Piazzia, Olbersia). Teraz już planetoidy otrzymującą tylko numery rejestracyjne.

Oczywiście istnieje jeszcze mnóstwo drobnych,

nie odkrytych planetoid i ich odłamków, które mogą krążyć zarówno w pierścieniu między orbitami Marsa i Jowisza, jak i po orbitach bardziej wydłużonych, zbliżających się do orbity Ziemi. W takich warunkach zawsze istnieje możliwość, że jakiś odłamek będzie miał orbitę przecinającą się z orbitą naszej planety.

Ustalono, że meteory poruszają się w przestrzeni międzyplanetarnej w tym samym prostym kierunku i po podobnych orbitach co planetoidy. Szczególnie przekonujące potwierdzenie tego uzyskał członek Akademii Nauk W.G. Fiesienkow studiując sichte-aliński deszcz meteorytowy. Fiesienkow ustalił, że meteor ten, zanim spadł na Ziemię, poruszał się po orbicie bardzo zbliżonej do orbit wielu planetoid.

Autor tej książki udowodnił, że przed upadkiem na Ziemię meteory mają takie same szare (od czarnych do prawie białych) powierzchnie i tak samo wielościennie (nieregularne) kształty jak planetoidy. Zbadanie składu chemicznego i struktury, a także własności fizycznych meteorytów pozwoliło wyciągnąć wniosek, że są one odłamkami większych ciał niebieskich. Można przyjąć, że meteory są to odłamki (okruchy) planetoid i że powstały one w wyniku wzajemnego zderzania się planetoid. Przy takich zderzeniach planetoidy rozłupują się na części różnych wielkości, aż do drobnego pyłu. Drobne cząstki przy wtargnięciu do atmosfery stają się meteorami, większe natomiast — jasnymi bolidami. Jeszcze większe kawałki spadają na Ziemię nie zdążywszy całkowicie ulec zniszczeniu podczas lotu w atmosferze. Bardzo duże odłamki ispadają niesłychanie rzadko, raz na paręset lat. Ich upadek na Ziemię wywołuje wybuch i powstawanie kraterów.

Badanie spadku meteorytu tunguskiego pozwala przypuszczać, że na Ziemię spadają nie tylko odłamki planetoid (meteoryty), lecz i komety. Mają one inny skład chemiczny, inną budowę i własności. Dalsze badania pozwolą otrzymać bardziej szczegółowe wiadomości o warunkach ich tworzenia się, o związku z innymi ciałami niebieskimi, o historii powstania układu słonecznego.



## METEORYTYKA - NAUKA O METEORYTACH

O spadaniu meteorytów na Ziemię ludzie wiedzieli od bardzo dawna. Dowodzą tego wzmianki w starych podaniach, liczne zapiski kronikarskie, podania ludowe, legendy.

Jak już wspominaliśmy na początku, interesujące opisy upadków wielu meteorytów zawierają staroruskie latopisy. Właśnie z latopisów dowiedzieliśmy się, że duże meteoryty spadły w 1091 r., 11 lutego 1100 r., w 1144 r., w 1215 r. itd. Bardzo dokładnie opisano w latopisach obfity deszcz meteorytowy, który miał miejsce 29 października 1662 r. we wsi Nowyje Jerogi (obecny obwód wołogodski).

Pierwszy meteoryt (z tych, które się zachowały do naszych czasów), jaki znaleziono na terenach Rosji, jest to tak zwane Żelazo Pallasa. Znalazł go kowal Miedwiediew na Syberii (w 1749 r.) w pobliżu rzeki Jenisej. Miedwiediew był znakomitym znawcą rud. Znaleziony przezeń meteoryt leżał na powierzchni ziemi w pobliżu szczytu niezbyt wysokiego wzgórza. Miedwiediew doszedł do wniosku, że ta „bryła może zawierać w sobie coś lepszego niż żelazo”, bowiem od okolicznych mieszkańców słyszał, że owo żelazo spadło z nieba. Przewiózł ją więc z trudem (687 kG!) do swego obejścia. Później o znalezionym przez Miedwiediewa osobliwym żelaznym kamieniu dowiedział się członek Rosyjskiej Akademii Nauk P. S. Pallas, który przedsięwziął podróż na Syberię w celu zbadania tamtych okolic. Od nazwiska tego uczonego meteoryt otrzymał nazwę — Żelazo Pallasa. Zgodnie z dyspozycją Pallas żelazną bryłę przewieziono do Krasnojarska, a potem do Petersburga celem wszechstronnego zbadania jej w Akademii Nauk.

Później Żelazo Pallasa zostało skrupulatnie zbadane przez E. F. Chładniego. Wyniki swoich badań Chładni opublikował w książce wydanej w Rydze w 1794 r. Po raz pierwszy wytłumaczył on naukowo pozaziemskie pochodzenie Żelaza Pallasa. Oprócz tego przekonująco udowodnił, że także liczne inne ciała żelazne lub kamienne znajdujące w różnych krajach, spadły na Ziemię z przestrzeni międzyplanetarnej, i że są to meteoryty. Chładni szczegółowo rozpatrzył wiele przypadków zaobserwowania bolidów i wykazał ich związek ze spadaniem meteorytów. Stwierdził też, że spadaniu meteorytów zawsze towarzyszy przelot bolidu. Chładni pierwszy naukowo wyjaśnił przeloty bolidów i spadanie „kamieni niebieskich”, które tak długi czas wywoływały zabobonny strach wśród ludzi i były przedmiotem kultu religijnego.

Mimo licznych dowodów, zeznań naocznych świadków i znajdowania meteorytów zaraz po ich upadku uczeni europejscy przez cały XVIII wiek kategorycznie zaprzeczali możliwości spadania meteorytów na Ziemię. Opowiadania świadków nazywali bzdurnymi wymysłami. Nawet znakomity 'chemik francuski A. L. Lavoisier wraz z innymi francuskimi uczonymi, członkami Paryskiej Akademii Nauk, twierdził, że „spadanie kamieni z nieba jest fizyczną niemożliwością”.

Uczeni rosyjscy należycie ocenili prace Chładniego. W maju 1794 r. został on wybrany na członka-korespondenta Petersburskiej Akademii Nauk. Meteoryt Pallasa znalazł się w Kunstkamerze (muzeum) Akademii i stał się pierwszym eksponatem istniejącej dziś znakomitej kolekcji meteorytów Akademii Nauk ZSRR. W tym samym czasie w Europie zachodniej na polecenie niektórych uczonych, obawiających się skompromitować zbieraniem meteorytów, zostały one wyrzucone z wielu muzeów.

W dziesięć lat po wydaniu książki Chładniego spadł we Francji, w pobliżu miasteczka Laigle departamentu Orne (26 kwietnia 1803 r.), deszcz meteorytów kamiennych. Dopiero po tym zdarzeniu uczeni — członkowie Paryskiej Akademii Nauk — zmuszeni byli uznać me-

teoryty za ciała kosmiczne, spadające na Ziemię z przestrzeni międzyplanetarnej. Za twórcę teorii kosmicznego pochodzenia meteorytów uznano uczonego francuskiego Jana Baptystę Biot (1774—1862), który zbadał miejsce i okoliczności wystąpienia deszczu meteorytowego. O badaniach Chładniego i jego teorii nie wspomniano nawet.

Po opublikowaniu wyników badań Chładniego meteoryty coraz bardziej zaczęły przyciągać uwagę uczonych rosyjskich. W 1807 r. profesor Uniwersytetu Charkowskiego A. I. Stojkowicz wydał pierwszą książkę o meteorytach pod tytułem „O kamieniach z powietrza i ich pochodzeniu”. Znakomite to dzieło miało wielkie znaczenie dla spopularyzowania w Rosji wiedzy o meteorytach. Zbiór meteorytów Petersburskiej Akademii Nauk zaczął bogacić się w nowe okazy, chociaż w 1811 r. miał zaledwie 7 egzemplarzy.

W 1819 r. ukazała się drukiem druga obszerna książka o meteorytach pt. „O cudownych deszczach i o spadających z powietrza kamietniach (aerolitach)” napisana przez chemika petersburskiego I walna Muchina. Termin „meteorytyka” nadany tej nowej dziedzinie nauki, który przyjął się we wszystkich krajach, został po raz pierwszy użyty przez J. Simanko.

W ciągu XIX wieku zebrano w Rosji wiele meteorytów. Badaniem meteorytów zajmowało się wielu sławnych uczonych. Zbadano wszechstronnie skład chemiczny meteorytów, zawarte w nich minerały, odkryto wiele interesujących cech ich budowy.

Meteoryty mają duże znaczenie naukowe. Są one jedyną stałą materią pochodzenia pozaziemskiego dostępną do bezpośredniego i wszechstronnego badania. Meteoryty można wziąć do ręki, studiować najbardziej drobiazgowo ich budowę, przeprowadzać skomplikowane i dokładne analizy chemiczne, badać minerały, z których się składają, i określać fizyczne własności.

Jak wiadomo, astronomowie badają ciała niebieskie za pomocą obserwowania ich przez teleskopy i analizy promieniowania świetlnego wysyłanego przez te ciała, znajdujące się w olbrzymim od nas oddaleniu. Me-

teoryty natomiast, stanowiące część ciał niebieskich, umożliwiają nam badania -bezpośrednie.

Szybki rozwój meteorytyki zaczął się w ZSRR po Wielkiej Rewolucji Październikowej. Przeprowadzono wiele owocnych wszechstronnych badań meteorytów, zorganizowano zbieranie meteorytów i gromadzenie wiadomości o okolicznościach, w jakich spadły na Ziemię.

W ciągu 160 lat, licząc od momentu, gdy zaczęto zbierać i badać meteoryty, do Wielkiej Rewolucji Październikowej łącznie, zebrano w Rosji 82 meteoryty. Po rewolucji w ciągu 44 lat znaleziono 46 meteorytów, co należy zawdzięczać temu, że zbieraniem meteorytów zajmują się nie tylko specjaliści, lecz i wielu amatorów, którzy doceniają wagę naukowych badań tego zjawiska przyrody. Społeczeństwo czynnie pomaga naukowcom zbierać okazy meteorytów, przysyła wiadomości o ich spadku i zjawiskach, które temu towarzyszą. Można bez przesady powiedzieć, że meteorytyka jest jedną z najbardziej popularnych dziedzin wiedzy w ZSRR.

Bez szerokiego udziału ludności nie można byłoby prowadzić systematycznego zbierania meteorytów i badać okoliczności ich spadania na Ziemię. Wkrótce po Wielkiej Socjalistycznej Rewolucji Październikowej utworzono przy muzeum mineralogicznym Rosyjskiej Akademii Nauk sekcję meteorytów, przekształconą następnie w istniejący do dziś Komitet do spraw meteorytów Akademii Nauk ZSRR. Pierwszym kierownikiem tego Komitetu był znakomity uczony, członek Akademii, W. I. Wiernadski. Komitet do spraw meteorytów jest centralnym zakładem naukowym w ZSRR zajmującym się badaniem i kolekcjonowaniem meteorytów spadających na terytorium Związku Radzieckiego. Grupuje on wokół siebie sieć korespondentów-obserwatorów ze wszystkich okolic Związku Radzieckiego. Wśród korespondentów są uczniowie i nauczyciele, pracownicy stacji meteorologicznych, pracownicy umysłowi, kołchoźnicy i robotnicy. Korespondenci zawiadamiają Komitet o każdym spadku meteorytu, nadsyłają szczegółowe opisy zauważonych



bolidów. Pomocą w pracy są dla nich broszury i specjalnie drukowane instrukcje, które Komitet wysyła bezpłatnie na każde żądanie.

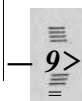
Raz na rok lub na dwa lata Komitet organizuje konferencje, na których dokonuje się (podsumowania osiągnięć pracy naukowo-badawczej w dziedzinie meteorytyki, ocenia wyniki i wytycza zadania dla dalszych badań.

Komitet wydaje systematycznie informator pt. „Meteorytyka”. Co roku ukazuje się jeden lub dwa zeszyty zawierające artykuły specjalistów radzieckich i zagranicznych na ten temat.

Co stanowi treść i jakie są główne cele meteorytyki i — tej samodzielnej już dziś dziedziny nauki?

Poczynając od badania zjawisk towarzyszących spadaniu meteorytów na Ziemię, meteorytyka bada warunki poruszania się ich w atmosferze, procesy rozpadania się, określa pierwotną masę i kształt, oblicza elementy orbity meteorów w przestrzeni międzyplanetarnej określając tym samym ich miejsce w systemie słonecznym. Ogólnie meteorytyka bada współdziałanie Ziemi jako planety z otaczającą przestrzenią międzyplanetarną, z wypełniającą ją materią meteorową, Szczególnie wnikliwie zajmuje się okolicznościami spadku gigantycznych meteorytów, których zderzenie się z powierzchnią Ziemi powoduje wybuch i powstawanie kraterów. Następnie bada skład materii meteorytowej, strukturę i własności fizyczne meteorytów, określa radioaktywność i skład izotopowy poszczególnych pierwiastków, mierzy wiek meteorytów. Za pomocą różnorodnych metod ustala różne, często bardzo skomplikowane prawidłowości składu i budowy meteorytów oraz ustala wspólne cechy meteorytów i minerałów ziemskich. Zadaniem meteorytyki jest rozstrzygnięcie zagadnienia powstawania meteorytów, wytłumaczenie ich roli w powstaniu i ewolucji układu słonecznego. Wszechstronne zbadanie meteorytów i ich spadków na Ziemię przyczyni się do pogłębienia naszej wiedzy o układzie słonecznym, co ma olbrzymie znaczenie dla planów zdobycia Kosmosu i lotów międzyplanetarnych.

# KSIĄŻKI SERII „SOWY” WYDANE W 1960 R.



B. *Kudriawcew*: Jak ultradźwięk pomaga człowiekowi?

176 str. 86 rys. cena 8 zł

J. *Pułtorak*: Co to jest tranzystor?

116 str. 82 rys. cena 7 zł

A. *Górz*: Dlaczego radiotelefony?

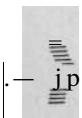
**144 str.** 44 rys. cena 7 zł

A. *Tarancew*: Elektryczne przesyłanie obrazów

272 str. 117 rys. cena 10 zł

M. *Riedkin*: Wozy pływające gąsienicowe i kołowe

182 str. 86 rys. cena 8 zł



J. *Naumienko*: Jądrowe zespoły napędowe

**246 str.** 67 rys. cena 10 zł

DO NABYCIA W KSIĘGARNIACH „DOMU KSIĄŻKI”

## KSIAŻKI SERII „SOWY” WYDANE W 1961 R.

- G. *Pokrowski*: Wybuch ujarzmiony  
83 str. 39 rys. cena 7 zł
- Z. *Różbicki*: Współczesne lotnictwo wojskowe  
**160** str. 76 rys. cena **10** zł
- Z. *Skierski, J. Grzegorzewski*: Czym samolot walczy?  
**162** str. 73 rys. cena 9 zł
- W. *Korotkow*: Okręty atomowe  
132 str. 30 rys. cena 7 zł
- J. *Sienkiewicz*: Automaty w samolocie  
**174** str. 59 rys. cena 9 zł
- L. *Woliński*: Instrumenty dairnej i współczesnej nawigacji  
**164 str. 101** rys. cena 9 zł
- J. *Domański*: Lotnicze silniki przyszłości  
**182 str.** 92 rys. cena 8 zł
- J. *Szarek*: Radioelektronika na usługach ujojsk  
200 str. 81 rys. cena 10 zł

**Do nabycia w księgarniach  
„Domu Książki”**

SERIA "SOWY"



Przybysze z Kosmosu — to meteoryty, które spadają na Ziemię z przestrzeni międzyplanetarnej. W książce w sposób zajmujący i przystępny omówiono pochodzenie meteorytów, ich rodzaje, strukturę wewnętrzną, zjawiska towarzyszące ich spadkom oraz sposoby ich badania. Omówiono również bardziej znane meteoryty-giganty, m. in. meteoryt arizoński oraz poruszono arcyciekawą zagadkę meteorytu tunguskiego. Jednocześnie podkreślone zostało wielkie znaczenie badań prowadzonych nad meteorytami dla planowego zdobywania Kosmosu przez człowieka.

Cena

0,305