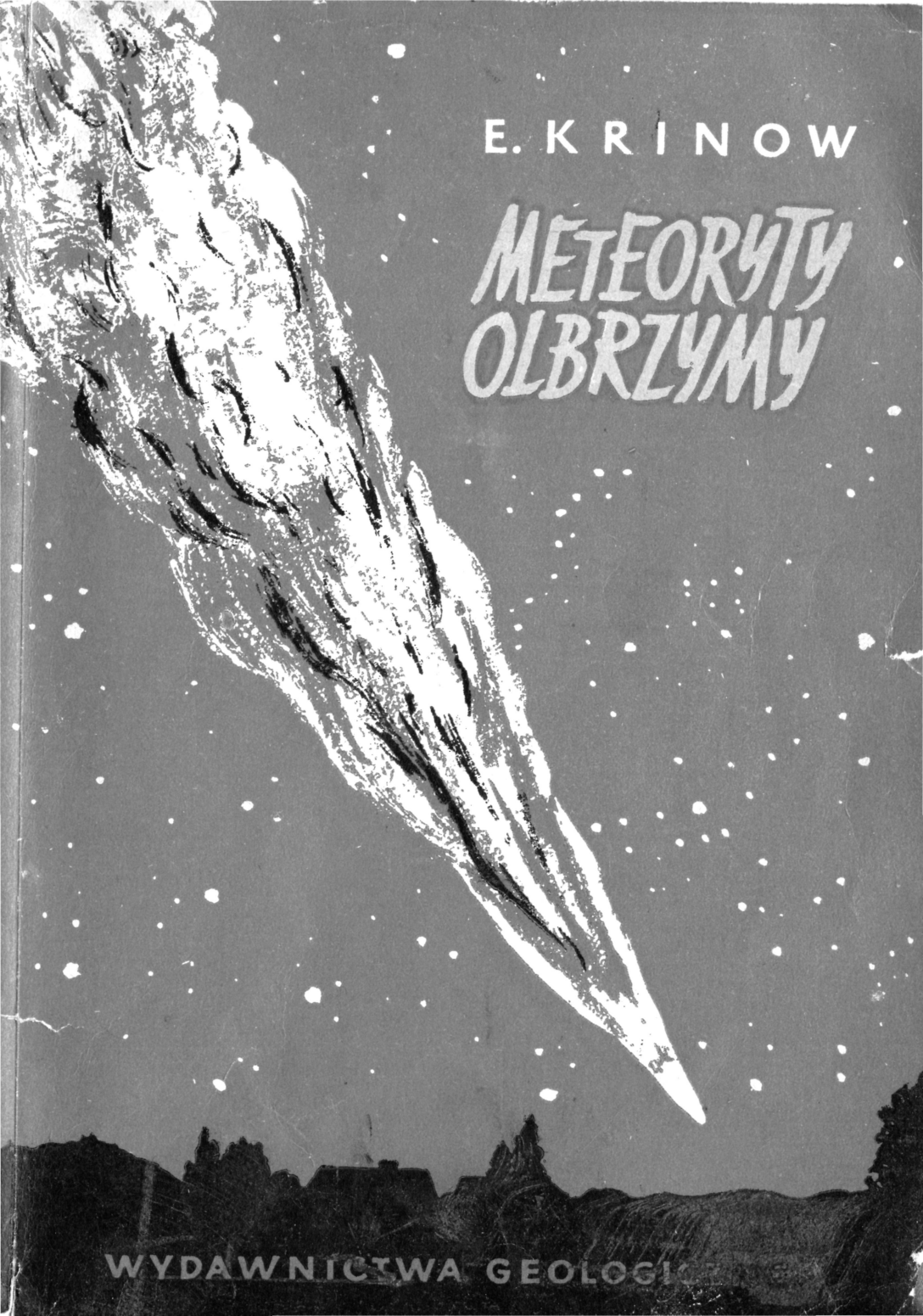

E. KRINOW
METEORYTY OLBRZYMY
WYDAWNICTWA GEOLOGI

GEOLOGICZNA BIBLIOTEKA POPULARNONAUKOWA

E. KRINOW

METEORYTY OLBRZYMY

1

WARSZAWA 1955

WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE

"Tytuł oryginału:

Е. Л. Кринов
ТИПАНСКИЕ МЕТЕОРИТЫ
Изд. Академии Наук СССР, Москва—1952

Tłumaczył: Z. ROBAKIEWICZ

Redaktor: J. MILENBAND

Okładkę projektował: W. KOSIŃSKI

Redaktor techniczny: A. ZASŁONKA Korektor: P. STAROŹEWSKI

WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE — WARSZAWA — 1955

Wydanie I. Nakład 3000+160 egz. Arkuszy wydawn. 4,8 ark. druk. 5,5. Papier druk. sat. kL V. 70 g, Al. Oddano do składania *26.* XII. 1954 r. Podpisano do druku 3. III. 1955. Druk ukończono w marcu 1955 r. Cena zł 2,90

GRUDZIĄDZKIE ZAKŁADY GRAFICZNE — GRUDZIĄDZ — PLAC WOLNOŚCI 5
Zam. nr 3003 — Eg-6-1316

:

1. SPADANIE METEORYTÓW NA ZIEMIĘ

Na planetę naszą spada rokrocznie co najmniej tysiąc meteorytów. Większa ich część pozostaje nieodnaleziona, gdyż spada czy to do mórz i oceanów, bądź na pustynie, stepy, kraje polarne, na obszary leśne i górzyste, z dala od miejsc zamieszkałych. Dlatego rokrocznie na całej kuli ziemskiej odnajduje się zaledwie kilka meteorytów.

Spadaniu niewielkich nawet meteorytów towarzyszą zawsze zjawiska świetlne i dźwiękowe. Jeśli spadek meteorytu następuje w nocy, gdy niebo jest bez chmur, to obserwatorzy mogą być świadkami efektownych zjawisk. Widzą szybko mknącą po niebie kulę ognistą, za którą ciągnie się ogon. Czasem kula rozpadając się na kilka części i rzucając cały snop iskier znika, pozostawiając na swej drodze słabo świecący się mglisty ślad. Po tym wszystko wokoło pogrąża się znowu w nocny mrok; Zjawisko to zostało nazwane „bolidem" (po grecku — rzucanie oszczepem).

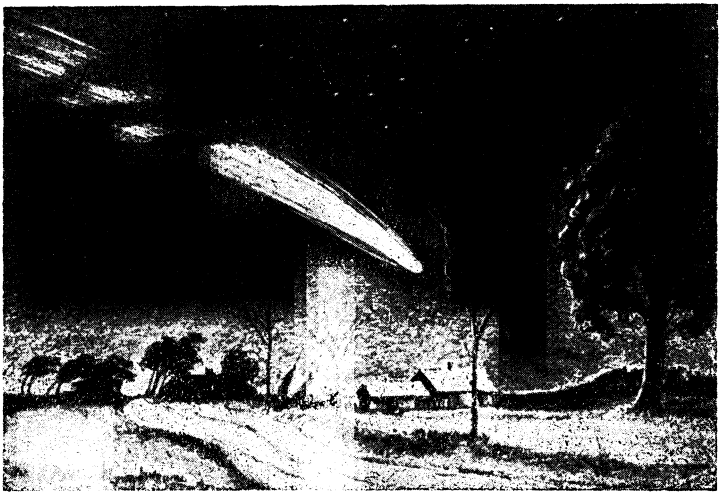
Miejscowość, nad którą zjawia się bolid, zostaje w promieniu setek kilometrów oświetlona silnym przerywanym światłem. Przedmioty rzucają ostre, przesuwające się szybko cienie.

Wkrótce po zniknięciu bolidu słychać dwie-trzy gwałtowne detonacje i stopniowo słabnące, jak gdyby oddalające się, grzmoty. Często odczuwa się lekki wstrząs ziemi, budynków i inne tego rodzaju zjawiska mechaniczne.

Bardzo jasne bolidy można czasem zaobserwować nawet i w dzień. Po przelocie dziennego bolidu pozostaje na niebie białawy lub szary, jak gdyby dymny, skłębiony ślad w kształcie smugi przechodzącej u dołu (w punkcie zniknięcia kuli ognistej) w ciem-

ną, czasami nawet prawie czarną chmurkę. Ślad ten bywa widoczny przez dłuższy czas, niekiedy ponad godzinę. Stopniowo wykrzywia się, przesuwa po niebie, rozrywa na strzępy i powoli znika.

Świadkowie lotu bolidu i ludzie znajdujący się przypadkowo w pobliżu miejsca, gdzie spada meteoryt, spostrzegają, że po upływie kilku minut od chwili zniknięcia bolidu, gdy już umilkną de-



Ryc. 1. Bolid według rysunku naocznego świadka

tonacje i grzmoty, powstaje inny, stopniowo wzmagający dźwięk, podobny do brzęczenia, świstu czy też zgrzytu, a kończący się przytłumionym uderzeniem twardego przedmiotu o powierzchnię ziemi, tzw. „klaśnięciem". Dźwięk ten jest wywołany uderzeniem meteorytu o ziemię. Sam upadek meteorytu, nawet wtedy, gdy obserwator znajduje się w odległości kilkudziesięciu metrów od miejsca upadku, jest trudny do zaobserwowania. W wyjątkowych tylko przypadkach udaje się zaobserwować spadający na ziemię ciemny przedmiot.

Małe meteoryty ważące kilkadziesiąt lub kilkaset gramów pozostają po swym spadku zwykle na powierzchni ziemi. Większe meteoryty ważące kilogram i więcej tworzą w ziemi zagłębienia tym

większe, im cięższy jest meteoryt. Meteoryty ważące setki kilogramów wbijają się w ziemię na głębokość 1—2 metrów. Tworzą one doły, rozrzucają grudki ziemi i często rozpadają się na kawałki (ryc. 2). Szybkość spadania meteorytów, jak to ustalił uczony ra-

Ryc. 2. Dół powstały wskutek spadku w obwodzie czelabińskim w dn. 11 czerwca 1949 r, meteorytu ważącego 40 kg. Średnica dołu 0,5 m,

dziecki I. Astapowicz, zależy głównie od ich ciężaru. Obliczył on, że meteoryt ważący 1 g spada z prędkością 35 m/sek., 1 kg — z prędkością J12 m/sek., a 1 t — z prędkością 355 m na sekundę, tj. taki meteoryt mknie szybciej niż dźwięk. Prędkość spadania meteorytu określa wzór:

$$v = 35{,}5 \sqrt[6]{M} \text{ m/sek.},$$

gdzie

v — szybkość spadania,

M— masa (ciężar) meteorytu.

Meteoryty, ściślej mówiąc meteory[1], wdzierają się do atmosfery ziemskiej z przestrzeni międzyplanetarnej, gdzie w niezliczonych ilościach krążą wokół Słońca tak jak i inne ciała niebieskie układu słonecznego. Ziemia podczas swego obiegu przecina orbity meteorów. Jeśli w punkcie przecięcia znajdzie się krążący meteor, wpada on do atmosfery Ziemi. Kiedy meteor biegł na spotkanie z Ziemią, prędkość jego wlotu do atmosfery, tzw. prędkość początkowa, może być bardzo znaczna, dochodząc do 72—73 km/sek. Na tę prędkość składa się prędkość ruchu meteoru wokół Słońca, wynosząca 42,6 km/sek., i prędkość ruchu Ziemi, wynosząca w przybliżeniu 30 km/sek. Jeśli zaś meteor poruszał się w tym samym kierunku co Ziemia, tj. był „doganiającym", jego początkowa prędkość będzie równa lub nieco większa niż 11,2 km/sek. Prędkość ta stanowi różnicę między prędkością meteoru i Ziemi, powiększoną przez przyciąganie ziemskie. Ale i ta minimalna prędkość jest bardzo duża, gdyż przewyższa wielokrotnie prędkość wylotu pocisku armatniego lub kuli.

Wobec tak wielkiej prędkości, zwanej k o s m i c z n ą, meteor, który się wdarł do atmosfery Ziemi, już na wysokości 100—120 km nad jej powierzchnią napotyka na silny opór powietrza. Nawet na tak znacznej wysokości, gdzie atmosfera jest bardzo rozrzedzona, przed meteorem szybko tworzy się zgęszczona warstwa powietrza. Cząstki powietrza uderzając o twardą powierzchnię meteoru powodują jego nagrzanie co najmniej do kilku tysięcy stopni. Substancja warstwy powierzchniowej roztapia się dochodząc do stanu wrzenia, zamienia się w rozżarzony gaz i zostaje oderwana od meteoru przez napotykane warstwy powietrza. W ten sposób meteor ulega nieustannemu rozpadowi, dopóki porusza się w atmosferze z prędkością kosmiczną. W rezultacie obserwujemy ukazanie się gwałtownie mknącej po niebie kuli ognistej z jasnym ogonem.

„Kula ognista" jest rozżarzoną otoczką gazową pędzącego meteoru, a nie właściwym meteorem. Rozżarzony gaz odrywany z powierzchniowych warstw meteoru ulega szybkiemu ochłodzeniu

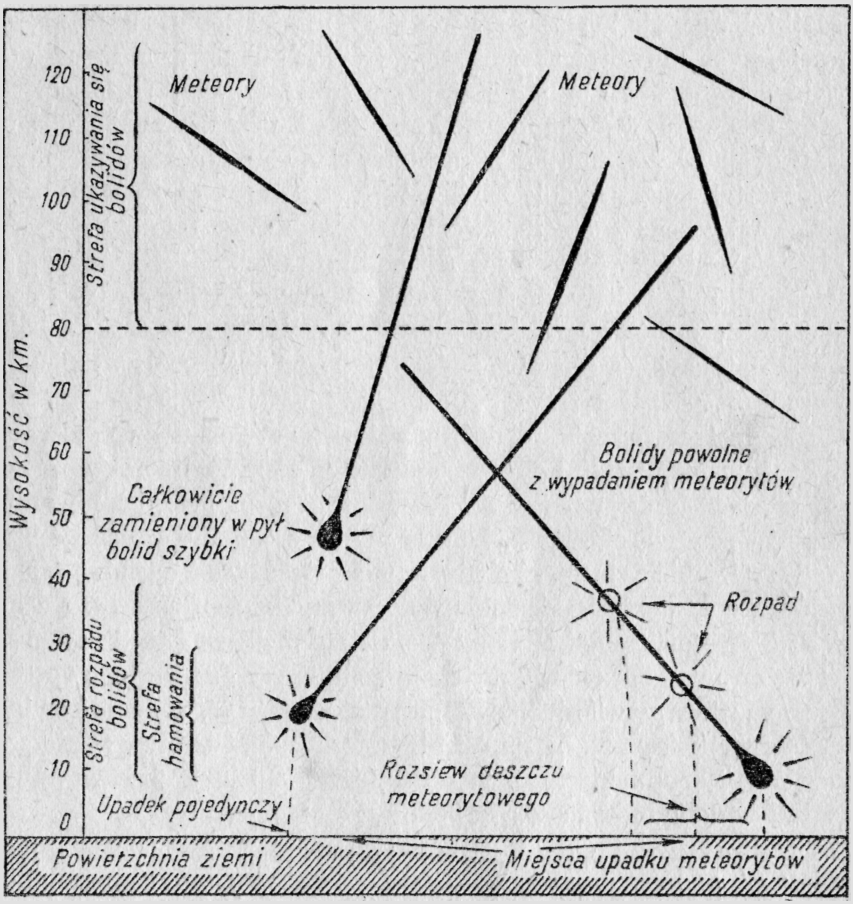
[1] Meteor, który spadł na Ziemię nazywamy meteorytem (przyp. red. pol.).

i przeistacza się w drobniutkie, twarde cząsteczki pyłu. Z tych właśnie cząstek pyłu tworzy się ślad widoczny po zniknięciu bolidu; znaczna zaś część gazu rozprasza się niezwłocznie w atmosferze. Część substancji meteoru ulega zdmuchnięciu w postaci najdrobniejszych kropelek, które twardniejąc tworzą w smudze większe cząstki. Kropelki te tworzą się w większej ilości dopiero w dolnych, gęściej szych warstwach atmosfery, gdzie meteor porusza się wskutek oporu powietrza z mniejszą już prędkością. Dlatego obserwowany ślad bolidu w dolnym jego końcu bywa ciemniejszy. Na wysokości około 50—60 km ponad powierzchnią ziemi, gdzie atmosfera jest już tak gęsta, że fale dźwiękowe mogą się w niej rozchodzić, wokół mknącego meteoru tworzą się tak zwane fale balistyczne o kształcie stożkowatym z wierzchołkiem stożka zwróconym ku przodowi. Fale balistyczne rozchodzą się na wszystkie strony i docierając do powierzchni ziemi wywołują zwykle trzykrotne gwałtowne detonacje, a następnie stopniowo słabnący turkot i trzask przechodzący w łomot.

Gdy meteor przenika z dużą szybkością w gęstsze, dolne warstwy atmosfery i zbliża się do powierzchni ziemi, natrafia na stale wzrastający opór powietrza. Ruch jego ulega przyhamowaniu i wreszcie na wysokości 10—20 km meteor traci swą prędkość kosmiczną i jak gdyby „grzęźnie" w powietrzu. Ten odcinek drogi meteoru w atmosferze ziemskiej nazywamy strefą hamowania. Tutaj ustaje dalsze nagrzewanie się meteoru i jeśli nie zdążył się on przeistoczyć całkowicie w rozżarzony gaz, to jego roztopiona warstwa powierzchniowa porywana przez strumienie powietrza i rozpryskiwana na najdrobniejsze kropelki tworzy w pierwszej chwili snop iskier, a następnie ciemny obłoczek obserwowany zwykle w dolnym końcu śladu bolidu.

Otoczka gazowa znika w strefie hamowania, a wraz z nią znika również widziana przez obserwatorów kula ognista. Cienka, obtopiona warstwa na pozostałej części meteoru twardnieje szybko tworząc tzw. stopioną skorupę widoczną na meteorytach. Pozostałość meteoru, która właśnie nosi nazwę meteorytu, spada ze strefy hamowania prawie pionowo na skutek przyciągania Ziemi z szybkością swobodnie spadającego ciała. Ponieważ na-

grzewanie się ustało i powierzchniowa stopiona warstwa uległa stwardnieniu, meteoryt przestaje się świecić i staje się niewidoczny. Podczas spadania poza strefą hamowania meteoryt stygnie i dociera do powierzchni ziemi jeszcze ciepły lub gorący, lecz nie roz-



Ryc. 3. Schemat toru lotu meteorytów w atmosferze ziemskiej

żarzony. Wbrew rozpowszechnionemu mniemaniu, meteoryty nie mogą wywoływać pożarów po upadku, nawet wtedy, gdy spadną na przedmioty łatwopalne, na przykład na słomę, suche deski itp.

Bardzo często z powodu nieprawidłowego kształtu meteor obraca się gwałtownie podczas lotu, zwłaszcza w gęstszych warstwach atmosfery, jakoby koziołkując. Wskutek tego ciśnienie na różne części jego powierzchni zmienia się gwałtownie i meteor rozpada się na części. W tym momencie daje się zauważyć rozpryśnięcie (eksplozja) kuli ognistej, W tych przypadkach spada już grupa meteorytów, czyli tak zwany deszcz meteorytów, po którym dość często można znaleźć dziesiątki, a nawet setki i tysiące drobnych meteorytów. Meteoryty zostają rozrzucone na powierzchni w kształcie elip'sy wynoszącej kilka, a czasem nawet — kilkadziesiąt kilometrów kwadratowych. Dlatego obszar rozsiania deszczu meteorytów nazywa się elipsą rozrzutu.

Jeśli do atmosfery ziemskiej wedrze się biegnący na spotkanie meteor o prędkości początkowej liczącej kilkadziesiąt kilometrów na sekundę, to natrafia on na tak silny opór powietrza, że ulega całkowitemu rozpadowi w atmosferze, nie zdążywszy nawet dotrzeć do strefy hamowania. Na ziemię spadają zatem meteoryty — resztki „doganiających" meteorów, których początkowa prędkość nie przekracza 20 km/sek. Wyjątek stanowią tylko olbrzymie bryły meteoryczne, o których będzie mowa poniżej.

Wiadomo, że przy uderzeniu jakiegokolwiek ciała twardego, mknącego z szybkością 4 km/sek. i większą, o powierzchnię twardą, następuje silny wybuch. Badania uczonych radzieckich — W. Fiesjenkowa, W. Fedyńskiego, K, Staniukowicza, I. Astapowa i innych — dowiodły, że podczas błyskawicznego zahamowania ciała poruszającego się z taką prędkością cały jego olbrzymi zapas energii kinetycznej przekształca się w potężną falę uderzeniową. Ta ostatnia burzy krystaliczną siatkę ciała, która na skutek tego rozpada się w pył, a częściowo przechodzi w stan lotny. Gwałtownie wydzielające się gazy rozchodzą się z olbrzymią szybkością na wszystkie strony tworząc powietrzną falę wybuchu. Tak więc gdyby Ziemia nie posiadała atmosfery, to przy każdym upadku meteorytu musiałby nastąpić wybuch i cała powierzchnia byłaby usiana śladami bombardowania kosmicznego. Atmosfera Ziemi jest pewnego rodzaju pancerzem zabezpieczającym Ziemię przed takimi

bombardowaniami kosmicznymi — przed ciosami meteorytów spadających na nią z prędkością kosmiczną.

Czasem może się zdarzyć, że i biegnący na spotkanie meteor przebije całą grubość atmosfery ziemskiej i resztką prędkości kosmicznej przekraczającą 4—5 km/sek. zderzy się z powierzchnią Ziemi. Może to nastąpić jedynie wówczas, gdy początkowa masa meteoru (tj. masa jego w chwili wtargnięcia do atmosfery) będzie wynosiła setki tysięcy czy miliony ton. Tylko wtedy meteor nie zdąży ulec całkowitemu zniszczeniu (rozpyleniu) w atmosferze.

Podczas upadku meteorytu mknącego z resztką prędkości kosmicznej następuje, jak wspomniano wyżej, wybuch. W miejscu wybuchu powstaje okrągłe, lejowate wgłębienie — krater meteorytowy, z meteorytu zaś mogą pozostać jedynie drobne odłamki rozproszone dokoła krateru. Podstawowa zaś jego masa przeistoczy się w pył i gaz. Upadki takich olbrzymich metorytów tworzących wielkie kratery będą omówione w rozdziale trzecim.

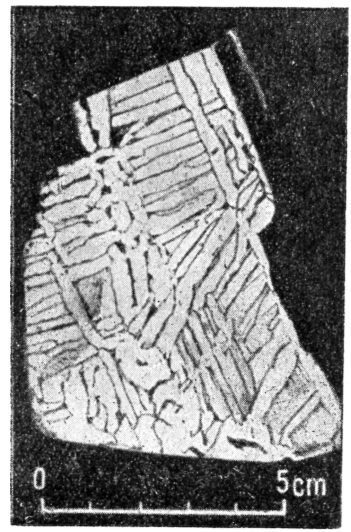
2. SKŁAD CHEMICZNY METEORYTÓW

Meteoryty pod względem swego składu dzielą się na trzy zasadnicze grupy: na żelazne, żelazno-kamienne i kamienne. Meteoryty żelazne składają się prawie całkowicie z żelazo-niklu, tj. ze stopu żelaza i niklu. Meteoryty kamienne są podobne do naszych ziemskich skał, jakkolwiek często mają swoistą strukturę wewnętrzną. Składają się one z tak zwanych krzemianów, tj. z minerałów stanowiących w zasadzie związki krzemu z tlenem, niekiedy z domieszką niewielkich ilości magnezu, sodu lub wapnia. Meteoryty żelazno-kamienne składają się z żelazo-niklu i krzemianów, w równych mniej więcej ilościach.

Żelazo-nikiel pod postacią maleńkich blaszek rozsianych w masie podstawowej często można spotkać i w meteorytach kamiennych; dochodzi on nieraz do 20—25% wagi całego meteorytu. Zarówno w żelaznych, jak i kamiennych meteorytach spotyka się w postaci wrostków minerały; troilit — związek żelaza z siarką, koloru żółtawobrązowego i szrajbersyt — związek żelaza i niklu z fosforem, barwy szarawożółtawej, a czasem białej.

Badania składu chemicznego meteorytów wykazały, iż składają się one z tych samych pierwiastków, które występują na Ziemi. Żadnych nowych pierwiastków chemicznych nie wykryto w meteorytach. W meteorytach znaleziono wszystkie znane na Ziemi pierwiastki chemiczne, jakkolwiek przytłaczająca większość znajduje się w nich w znikomych ilościach, dających się z ledwością wykryć przy zastosowaniu najczulszych metod analitycznych.

W meteorytach kamiennych spotykamy najczęściej następujące pierwiastki chemiczne: tlen *(36,3%)*,* żelazo (25,6%), krzem (18,0%), magnez (14,3%), siarka (18,89%), wapń (1,3%), nikiel (1,1%), glin (0,76%). Tlen występuje w meteorytach w połączeniu z innymi pierwiastkami tworząc różne minerały, przeważnie krzemiany. Żelazo wykryto w połączeniu z innymi pierwiastkami i w postaci tlenków.



Ryc. 4. Figury Widmanstattena na przepiłowanej i wytrawionej powierzchni meteorytu żelaznego Czebankoł (obwód nowosybirski)

Meteoryty żelazne składają się z żelaza (89,7%), niklu (9,1%) *i* kobaltu (0,62%). Metale szlachetne spotyka się w meteorytach w znikomych ilościach. Na przykład 1 t substancji meteorytu zawiera średnio po 5 g srebra i złota i 20 g platyny.

Meteoryty wykazują niezwykle ciekawą budowę wewnętrzną. Powierzchnię żelaznych meteorytów można szlifować i nadać jej zwierciadlany połysk. Jeśli takie powierzchnie podda się następnie w przeciągu kilku minut trawieniu przez słaby roztwór kwasu, np. pięcioprocentowy roztwór kwasu azotowego, to ukaże się oryginalny rysunek w postaci siatki przenikających się wzajemnie bla-

[1] **Podane tu zostały średnie zawartości.**

szek, tworzących grzbieciki — „belki" oraz wklęsłości — „wstęgi". Te grzbieciki i wstęgi nazywają się figurami Widmanstattena (ryc. 4).

Figury Widmanstattena powstają wskutek niejednakowego działania roztworu kwasu na różne odcinki oszlifowanej powierzchni meteorytu. Grzbieciki składają się z kamacytu — stopu żelaza z niewielkimi ilościami niklu (około 5—6%), który łatwo poddaje się działaniu kwasu. Na skutek tego powierzchnie grzbiecików stają się po wytrawieniu matowe. Przeciwnie, wstęgi tworzą się z innego stopu — tenitu, który zawiera dużą ilość niklu (około 25%). Wobec dużej zawartości niklu tenit jest bardzo odporny na trawiące działanie kwasu. W rezultacie wstęgi tenitu pozostają tak samo błyszczące jak były przed wytrawieniem.

Badanie widmanstattenowskiej struktury meteorytów żelaznych wykazało, że grzbieciki i wstęgi są rozmieszczone równolegle do ścian oktaedru (foremnego ośmiościanu). Dlatego meteoryty wykazujące po wytrawieniu figury Widmanstattena zwą się oktaedrytami. Rozróżniamy oktaedryty o grubych, średnich i cienkich grzbiecikach.

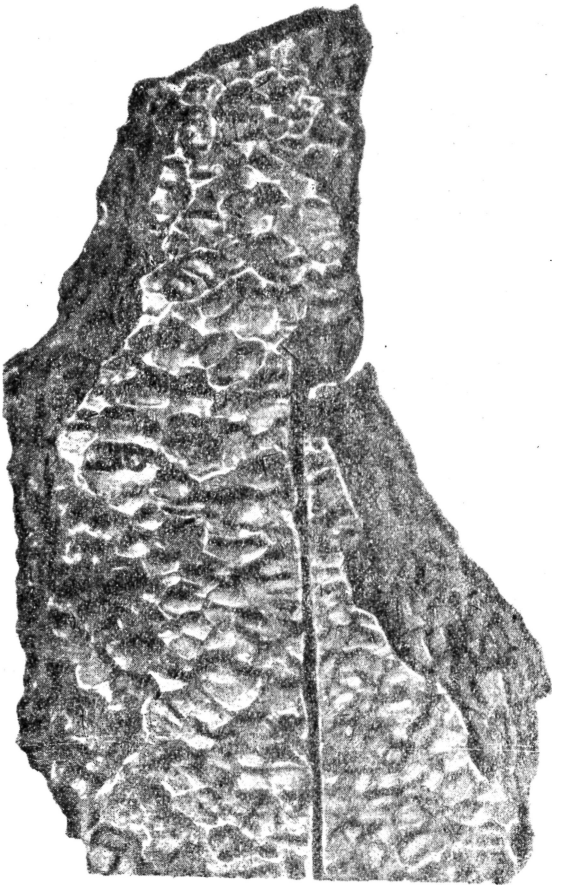
Znacznie rzadziej spotyka się takie żelazne meteoryty, które na swych wytrawionych powierzchniach wykazują delikatne równoległe proste linie, zwane liniami Neumanna; linie te ciągną się nieprzerwanie wzdłuż całej powierzchni. Meteoryty mające taką strukturę są kryształami pojedynczymi— cały meteoryt jest jednym kryształem w układzie sześciennym, czyli heksagonalnym, chociaż nie posiada zewnętrznych prawidłowych ścianek. Dlatego takie meteoryty zwą się heksaedrytami.[1]

Istnieje wreszcie jeszcze jedna nieliczna grupa meteorytów żelaznych zwanych ataksytami, co po grecku znaczy „pozbawione porządku". Meteoryty należące do tej grupy mają zwykłą drobnoziarnistą strukturę i składają się z plesytu —- mieszaniny kamacytu i tenitu.

Meteoryty kamienne dzielą się na dwa typy. Meteoryty należące do typu pierwszego są bardzo liczne i mają specyficzną strukturę,

[1] **Linie Neumanna** obserwuje się również na oktaedrytach, gdzie występują na poszczególnych belkach kamacytu,

zupełnie inną niż struktura ziemskich skał. W meteorytach takich znajdują się rozsiane kulki — tzw. c h o n d r y o takim samym litologicznym składzie co i podstawowa cementująca je masa. Dlą-



Ryc. 5. Regmaglipty na powierzchni meteorytu żelaznego Bogusławka, który spadł 18 października 1916 r. *w* Kraju Nadmorskim

tego meteoryty tego typu zwą się c h o n d r y t a m i. Chondry są zazwyczaj bardzo małe — przeciętnie nie większe od ziarnka prosa.

Czasami trafiają się jednak znacznie większe, wielkości ziarnka grochu.

Meteoryty drugiego typu nie zawierają chondr i dlatego nazywają się achondrytami. Struktura achondrytów jest bardzo podobna do struktury skał ziemskich.

Jedną z zasadniczych cech meteorytów jest stopiona skorupa, która w postaci cienkiej powłoki o grubości nie przekraczającej 1 mm pokrywa meteoryt ze wszystkich stron, o ile ten nie był rozbity lub sam się nie rozbił przy upadku. Na żelaznych meteorytach skorupa ta, nazywana również zgorzeliną magnetytową, ma niebieskawy lub brunatnawy odcień. Szczególnie dobrze widoczna jest powłoka na meteorytach kamiennych. Zwykle jest koloru czarnego, podczas gdy substancja meteorytów kamiennych jest najczęściej barwy popielatoszarej.

Znacznie rzadziej spadają meteoryty kamienne, które wewnątrz są tak samo ciemne, prawie czarne, jak stopiona skorupa. Spotyka się meteoryty, których wewnętrzna substancja jest prawie całkiem biała, skorupa zaś przezroczysta o jasnoszarym odcieniu.

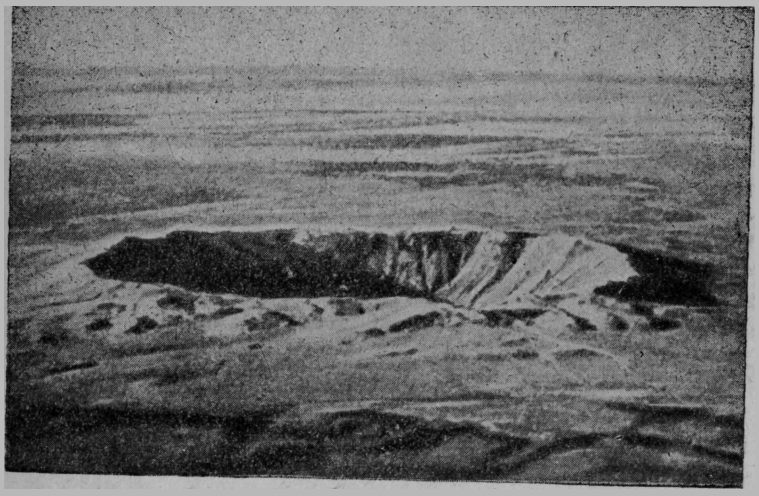
Drugą cechą meteorytów są tak zwane regmaglipty (lub piezoglipty) — charakterystyczne dołki, niby odciski palców na powierzchni meteorytów pokrytych stopioną skorupą (ryc. 5). Tworzą się w wyniku drążącego działania prądów powietrznych na lecący z kosmiczną prędkością meteor. Zresztą niekiedy spadają również meteoryty, na których zupełnie nie widać regmagliptów. Mają zupełnie gładką powierzchnię i przypominają zwykłe wygładzone brukowce.

Meteoryty mają wyjątkowo dużą naukową wartość, bowiem są jedyną kosmiczną (pozaziemską) substancją dostępną dla bezpośredniego badania. Możemy meteoryty wziąć do ręki, określać ich skład, strukturę i własności fizyczne, stosując w tym celu różne metody badania i nowoczesne precyzyjne przyrządy. Meteoryty dają nam możność badania składu i własności materii kosmicznej, poznania warunków jej istnienia i rozwoju w międzyplanetarnej przestrzeni w naszym układzie słonecznym. Prócz tego badania ruchu meteorytów w atmosferze ułatwiają poznanie atmosfery ziemskiej, zwłaszcza na dużych wysokościach.

3. KRATERY METEORYTOWE NA ZIEMI

Czasami na Ziemię spadają meteoryty olbrzymich rozmiarów. Uderzeniu takich meteorytów o powierzchnię Ziemi towarzyszy wybuch i utworzenie się krateru.

Znamy kilkanaście kraterów meteorytowych odkrytych w różnych czasach i różnych krajach. W pewnych wypadkach są to pojedyncze kratery, w innych — całe ich grupy. Wymiary kraterów wahają się od kilkudziesięciu metrów do kilku kilometrów w średnicy. Jednakże cechą charakterystyczną wszystkich tych kraterów jest obecność drobnych odłamków meteorytów żelaznych zwykłego typu i całkowity brak dużych brył meteorytowych. Prócz tego stwierdzono, że krawędzie kraterów meteorytowych tworzą uniesione przez wybuch warstwy skał. O meteorycznym pochodzeniu tych kraterów świadczą niezbicie znalezione wokół nich odłamki meteorytów oraz charakterystyczna budowa ich krawędzi.



Ryc. 6. Arizoński krater meteorytowy

Już w ubiegłym stuleciu, w r. 1891, zwrócił na siebie uwagę uczonych krater ogromnych rozmiarów, znajdujący się w okolicy pustynnej w pobliżu Wąwozu Diabła (Canon Diablo) w stanie

Arizona, USA. Średnica tego krateru, który otrzymał nazwę Krateru Arizońskiego, wynosi 1207 m, głębokość 174 m. Wał okalający krater wznosi się nad okolicą na 40—50 m (ryc. 6). Krater utworzył się w zbitych łupkach ilastych, pod którymi leży warstwa wapieni.

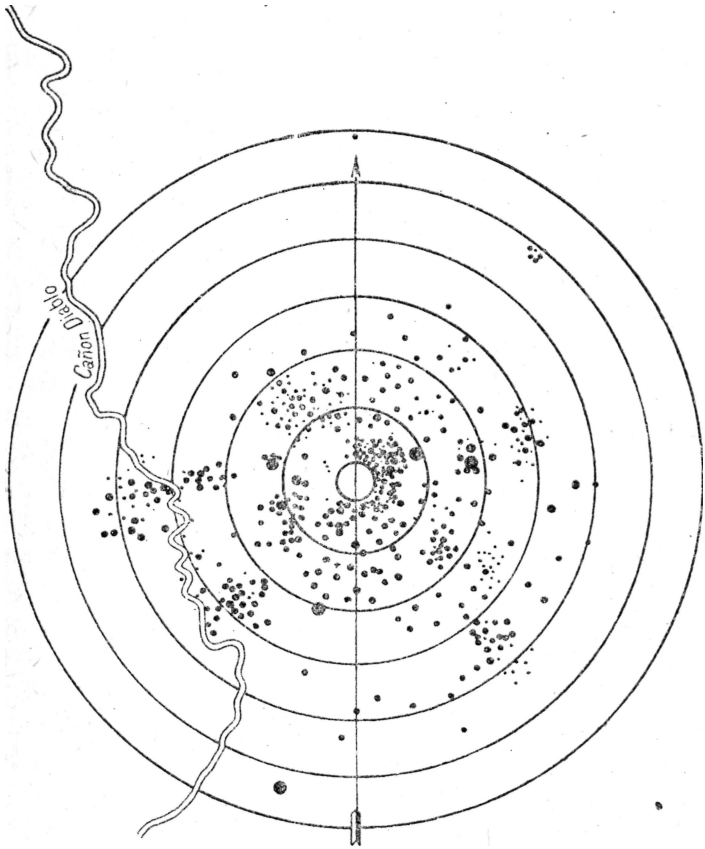
Na temat pochodzenia Krateru Arizońskiego wypowiadano najrozmaitsze przypuszczenia. Jedni uważali, że jest on pochodzenia wulkanicznego, inni mniemali, że powstał na skutek wybuchu pary wodnej, jeszcze inni tłumaczyli powstanie krateru zapadnięciem się ziemi spowodowanym rozmyciem wapieni przez wodę zaskórną, tj. uważali, że krater jest pochodzenia krasowego.

A tymczasem wśród Indian z plemienia Nawahów, którzy niegdyś zamieszkiwali tę okolicę, krążyła szeroko rozpowszechniona legenda o tym, że ongiś bóg zstąpił z nieba na Ziemię na rydwanie ognistym, po czym w miejscu tym jakoby utworzył się krater. Legenda ta sugerowała myśl o meteorycznym pochodzeniu krateru. Istotnie, podczas badania tej okolicy znaleziono dokoła krateru, w promieniu ponad 10 km, liczne rozsiane drobne odłamki żelaznego meteorytu o poszarpanych, zagiętych krawędziach. Przy poszukiwaniu tych odłamków posługiwano się specjalnymi przyrządami elektromagnetycznymi. Odłamki znajdowali później w wielkich ilościach również turyści zwiedzający krater.

Znikomą tylko ilość odłamków znaleziono we wnętrzu krateru i na jego krawędziach, główna zaś masa skoncentrowała się poza granicami krateru (ryc. 7). Liczba zebranych odłamków dochodzi do wielu tysięcy, ogólna ich waga jednak nie przekracza 20 t. Oczywiście jest to tylko drobna cząstka meteorytu, który utworzył Krater Arizoński. Dlatego też podjęto próby znalezienia głównej masy meteorytu, która jak przypuszczali amerykańscy uczeni, powinna była znajdować się pod dnem krateru. W poszukiwaniach tej wielkiej masy meteorytu główną rolę odgrywały względy handlowe.

Chodziło o to, że pierwsze analizy chemiczne odłamków meteorytu znalezionych wokół krateru wykazały dość znaczną zawartość platyny i irydu. Chciwi zysku przedsiębiorcy amerykańscy utworzyli naw[T]et towarzystwo akcyjne w celu wydobycia meteorytu.

Poszukiwania rozpoczęto od założenia otworów wiertniczych w kraterze. Wkrótce jednak okazało się, że żadnej masy meteorytowej tam nie ma; pomimo że wiercenia osiągnęły głębokość kilkuset metrów, meteorytu jednak nie udało się odkryć. Niewątpliwie



Ryc. 7, Miejsca znalezienia poszczególnych odłamków meteorytowych wokół Krateru Arizońskiego

większa jego część zamieniła się przy wybuchu w najdrobniejszy pył i gaz. Wyszedł również na jaw błąd analiz chemicznych — pierwotne dane o wysokiej zawartości platyny i irydu w odłamkach

nie potwierdziły się. Wskutek tego zaniechano dalszych poszukiwań meteorytu i badań krateru nie doprowadzono do końca.

Tymczasem wszechstronne zbadanie krateru ma doniosłe znaczenie dla nauki, ale jest oczywiście bardzo kosztowne. Ponieważ jednak praca taka nie rokuje jakichkolwiek zysków, nikt w kapitalistycznej Ameryce nawet nie myśli w obecnej chwili o badaniu tego niezwykłego krateru. Nie wykonano nawet zdjęć lotniczych krateru i okolicy. Wykonano jedynie z samolotu kilka pojedynczych przypadkowych zdjęć ogólnego widoku krateru.

Zupełnie niedawno wykonano zdjęcie Krateru Arizońskiego w rzucie pionowym i dopiero wtedy okazało się, że nie ma on prawidłowego okrągłego kształtu, jak to uważano dawniej na podstawie badania naziemnego, lecz jest kwadratowy, jakkolwiek ma zaokrąglone kąty. Fakt ten jest wyjątkowo ciekawy. Niemniej prócz pojedynczych zdjęć lotniczych nic ponadto nie uczyniono i żadnych poważnych prac badawczych się nie prowadzi.

W r. 1921.został w stanie Texas w USA odkryty jeszcze jeden krater, jak się okazało również pochodzenia meteorytowego. Krater ten jest utworzony w wapieniach, średnica jego wynosi 162 m, głębokość 5,5 m. Wał wznosi się zaledwie na 0,5—1 m ponad okalającą równinę. Tak więc krater ten nie ma wyraźnych zarysów i stanowi niegłęboką zapadlinę. Warstwy wapieni tworzące wierzchnią pokrywę okolicznej równiny leżą prawie poziomo, podczas gdy na krawędziach krateru są stromo podniesione, co świadczy o wybuchu, który spowodował powstanie krateru. Na krawędzi krateru i w jego okolicy znaleziono liczne drobne i mocno utlenione odłamki żelaznego meteorytu. Większa część odłamków zamieniła się już w« kawałki całkowicie zgęstniałej rdzy, w łupek żelazistoilasty. Widocznie krater ten powstał już bardzo dawno, być może, przed kilku tysiącami lat.

W r. 1931 w pustyni Henbury w Centralnej Australii została odkryta grupa składająca się z 13 kraterów meteorytowych rozmieszczonych na powierzchni 1,25 km^2. Główny (największy) krater ma kształt elipsy o osiach długości 220 i 110 m, głębokość jego sięga 12—15 m. Widocznie krater ten powstał z dwóch blisko siebie leżą-

cych kraterów, które z biegiem czasu „zlały się" ze sobą. Średnice pozostałych kraterów wynoszą od 9 do 80 m.

Kratery te stanowią cos w rodzaju czasz gromadzących wodę deszczową w tej pustynnej miejscowości, dzięki czemu wewnętrzne ich zbocza są pokryte obfitą roślinnością — drzewami, krzewami i wysoką twardą trawą. Roślinność krzewiąca się na zboczach kraterów sprawia, że są widoczne z dużej odległości. Natomiast niewysokie wały wokół kraterów nie zdradzają ich obecności na tle okolicznej równiny. Strome wewnętrzne stoki kraterów są pokryte rozkruszoną skałą i rozsianymi odłamkami piaskowca, kwarcytów ,i łupków. Dokoła kraterów zebrano drobne, rozsiane odłamki żelaznego meteorytu, w ogólnej liczbie półtora tysiąca, wagi zaledwie kilku ton. Odłamki mają charakterystyczne poszarpane i zagięte brzegi, podobne do odłamków z okolic krateru arizońskiego i znalezione zostały w pobliżu kraterów, podczas gdy we wnętrzu zupełnie się nie trafiały. Podjęte próby mające na celu ujawnienie za pomocą wiercenia głównej masy meteorytu wewnątrz największego krateru nie dały pozytywnych rezultatów.

W r. 1932 wśród ruchomych piasków pustyni Rub-al-Khali w Arabii zostały odkryte kratery meteorytowe Wabar. Jeden z nich ma około 100 m średnicy, 12 m głębokości, średnica zaś drugiego wynosi w przybliżeniu 50 m. Możliwe, że prócz tych dwóch jest tam jeszcze kilka innych kraterów zasypanych obecnie piaskiem. Naokoło kraterów znaleziono liczne odłamki żelaznego meteorytu, jak również kawałki stopionego piasku kwarcowego w postaci szklistej masy koloru białego, a częściowo czarnego. Podczas badania tych kawałków pod mikroskopem udało się stwierdzić w nich obecność drobniutkich kawałeczków żelaza zawierającego 8,8% niklu, tj. takiej Ilości, jaka się znajduje w typowych żelaznych meteorytach — oktaedrytach. Uczeni przypuszczają, że piasek kwarcowy stopił się w chwili wybuchu, który nastąpił w momencie uderzenia meteorytu o powierzchnię ziemską. Najdrobniejsze cząstki — pył eksplodującego meteorytu — zostały przy tym wchłonięte przez stopione masy piasku kwarcowego.

W r. 1933 w pustyni Gran Chaco w Argentynie odkryto grupę złożoną z czterech niewielkich kraterów meteorytowych. Średnica

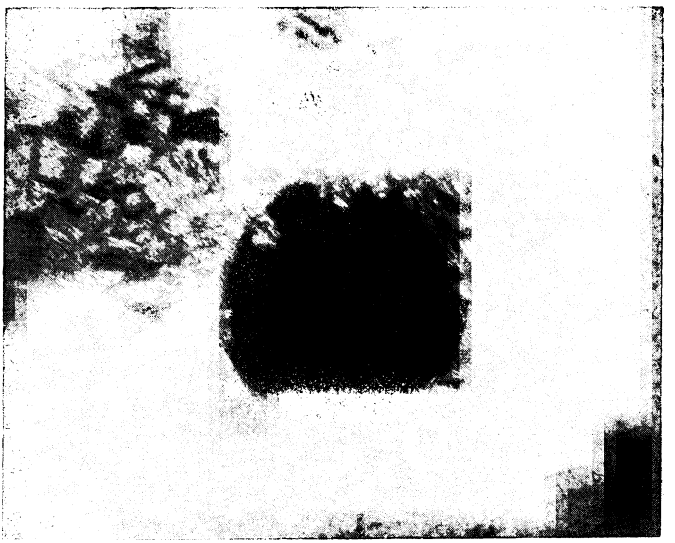
największego wynosi 56 m, głębokość — 5 m. Dookoła tych kraterów znaleziono również drobne odłamki żelaznego meteorytu i kawałki stopionych skał przeistoczonych w szklistą masę.

Jeszcze w r. 1885 w pobliżu pewnej farmy nieopodal miasteczka Haviland w Stanie Kansas w USA został znaleziony odłamek meteorytu żelaznego. Po tym odkryciu zaczęto w tym miejscu znajdować inne podobne odłamki. W wyniku przeprowadzonych w końcu ubiegłego stulecia poszukiwań zebrano dużą ilość odłamków meteorytowych i miejsce to nazwano „Farmą Meteorytową", żaden z uczonych nie zwrócił wówczas uwagi na niewielkie, płytkie zagłębienie o wydłużonym eliptycznym kształcie i średnicy od 11 do 17 m. W okresie deszczów w ciągu dłuższego czasu utrzymywała się tam woda, którą pojono bydło. Dopiero w r. 1925 zagłębieniem tym zainteresował się meteorytyk amerykański Nininger. Niestety do tego czasu zagłębienie, jak również cała okolica zostały już zaorane. Podejmując poszukiwania Nininger odkrył w górnej warstwie gleby na głębokości do 2 m liczne odłamki żelaznego meteorytu. Największy z nich ważył 39 kg, pozostałe znacznie mniej, mnóstwo zaś drobnych odłamków uległo całkowitemu utlenieniu i przeistoczyło się w żelazisto-ilasty łupek.

Główna masa odłamków meteorytowych była, jak się okazało, skoncentrowana wewnątrz krateru Haviland. Tym właśnie różni się on od innych kraterów meteorytowych. Odłamki wypełniały warstwą wewnętrzne zbocza zagłębienia, z czego można wnioskować, że krater ten utworzył się bez wybuchu. Widocznie meteoryt, który upadł tutaj, rozłupał się przy zderzeniu z powierzchnią ziemi, podobnie jak to się zdarzyło podczas upadku meteorytu sichote-alińskiego, o którym będzie mowa poniżej. Dlatego znaczna liczba odłamków meteorytowych pozostała w kraterze; niewielki rozmiar krateru może służyć również jako dowód, że przy upadku meteorytu wybuch nie nastąpił.

Przeszło sto lat temu uczeni zwrócili uwagę na interesującą grupę okrągłych zagłębień znajdujących się na wyspie Saarema (Ozylia) na Morzu Bałtyckim. Grupa ta znajduje się w odległości 20 km na północny wschód od m. Kurosaare. Największe zagłębienie o średnicy 110 m i wysokości wału utworzonego z uniesionych

varstw dolomitu do 6—7 m jest wypełnione wodą i znane jako dość malowniczy staw Kaali-jarw. Na krawędziach tego zagłębienia rosną stuletnie drzewa (ryc 8). Sześć pozostałych zagłębień rozrzuconych wokół największego zagłębienia na przestrzeni



Ryc. 8. Krater meteorytowy Kaali-jarw. Widok z samolotu. Krater zapełniony jest wodą. Na krawędziach krateru rosną drzewa

około 0,25 km ma znacznie mniejsze rozmiary: średnica ich wynosi od 16 do 30 m, a głębokość dochodzi do 5 m. Obecnie są one w dużym stopniu zarośnięte krzewami leszczyny. Zagłębienia te utworzyły się w poziomo ułożonych warstwach dolomitów przykrytych gliniasto-piaszczystymi osadami lodowcowymi grubości około 1 m.

Pierwsze poważne badanie opisanych zagłębień przeprowadził w r. 1927 inżynier górniczy I. A. Reinwald, który wysunął hipotezę o ich pochodzeniu meteorytowym. W owych czasach, w warunkach kapitalistycznego ustroju Estonii, Reinwald był zmuszony prowadzić całą pracę pochłaniającą znaczne fundusze na swój własny koszt. Wielokrotne jego próby uzyskania od państwa specjalnych funduszy na wszechstronne zbadanie tych ciekawych utworów nie dały żadnych wyników.

W r. 1937, to znaczy po upływie dziesięciu lat uporczywej i wytrwałej pracy, Reinwald znalazł w jednym z tych zagłębień drobne odłamki żelaznego meteorytu ważące zaledwie 102 g. Badanie budowy zagłębień wykazało niewątpliwe ślady eksplozji. W ten sposób Reinwald ustalił definitywnie meteorytowe pochodzenie grupy zagłębień-kraterów.

W r. 1947 w północnej części Zachodniej Australii (okręg Kimberley) odkryto krater meteorytowy, który otrzymał nazwę „Wolf Creek", Krater ten leży na równinie pokrytej piaskami. Nieopodal

Ryc. 9 Krater meteorytowy Chubtx Widok z samolotu

niego znajdują się wychodnie skał podłoża — kwarcytów i piaskowców. Krater ma kształt koła o średnicy 853 m, głębokość jego wynosi 50 m, dno płaskie. Szerokość wału otaczającego krater wynosi 27 m. W kraterze i najbliższej okolicy znaleziono stopione, szkliste

kawałki skał i mocno utlenione odłamki żelaznego meteorytu. Jak dotąd krater ten nie został dokładnie zbadany.

W r. 1950 odkryto jeszcze jeden krater, który, jak się okazało, jest największy na świecie. Średnica jego wynosi mniej więcej 31/2 km. Krater ten znajduje się w północnym Labradorze w Kanadzie i otrzymał nazwę Chubb. Utworzył się w granicie, ma kształt okrągły, jest wypełniony wodą i wskutek tego nie zdołano dotychczas zmierzyć jego głębokości. Przez porównanie z innymi wielkimi kraterami należy przypuszczać, że głębokość krateru Chubb wynosi mniej więcej około 0,5 km.

Krater Chubb został po raz pierwszy dostrzeżony i sfotografowany z samolotu jeszcze na początku drugiej wojny światowej, a następnie poddany powtórnym oględzinom z powietrza w r. 1946. Natomiast naziemne badanie zostało dokonane dopiero w r. 1950. Zresztą i to badanie było powierzchowne, a uzyskane wiadomości są bardzo skąpe. Dokoła krateru zauważono liczne niewielkie, okrągłe jeziorka, które być może stanowią również drobne kratery meteorytowe, utworzone przy upadku mniejszych części meteorytu. Na razie jednak nie stwierdzono obecności meteorytowych odłamków wokół krateru. Utworzeniu się tak wielkiego krateru i w tak twardej skale jak granit, powinien był towarzyszyć wyjątkowo potężny wybuch. Dlatego można przypuścić, że po upadku i wybuchu z meteorytu nic nie pozostało.

W różnych miejscach globu ziemskiego, w różnych czasach, jak również w ostatnich latach, odkryto zagłębienia przypominające kratery meteorytów. Jak dotąd jednak nie stwierdzono jeszcze definitywnie meteorycznego pochodzenia tych zagłębień.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że wszystkie współcześnie odkryte kratery są utworzone w twardym, a niektóre w skalistym gruncie. Tym też tłumaczy się fakt, że kratery mogły zachować się w przeciągu tysiącleci. O bardzo dawnym pochodzeniu tych kraterów świadczy stopień utlenienia odłamków, a w pewnych przypadkach daleko posunięta denudacja[1] krawędzi kraterów i porastające

[1] Denudacja — obniżanie i zrównywanie wyniosłości na powierzchni Ziemi wskutek działania wietrzenia, erozji, wywiewania itp. (przyp. red. pol.),

je kilkusetletnie drzewa. Nie ulega jednak wątpliwości, że i dawniej olbrzymie meteoryty, wywołujące swym upadkiem eksplozje i tworzenie się kraterów, spadały również na inne, nizinne i grząskie miejsca o glebie miękkiej. Ale tam kratery nie mogły oczywiście zachować się w przeciągu tak długiego czasu i ślady ich dawno już znikły.

4. SPADEK METEORYTU TUNGUSKIEGO

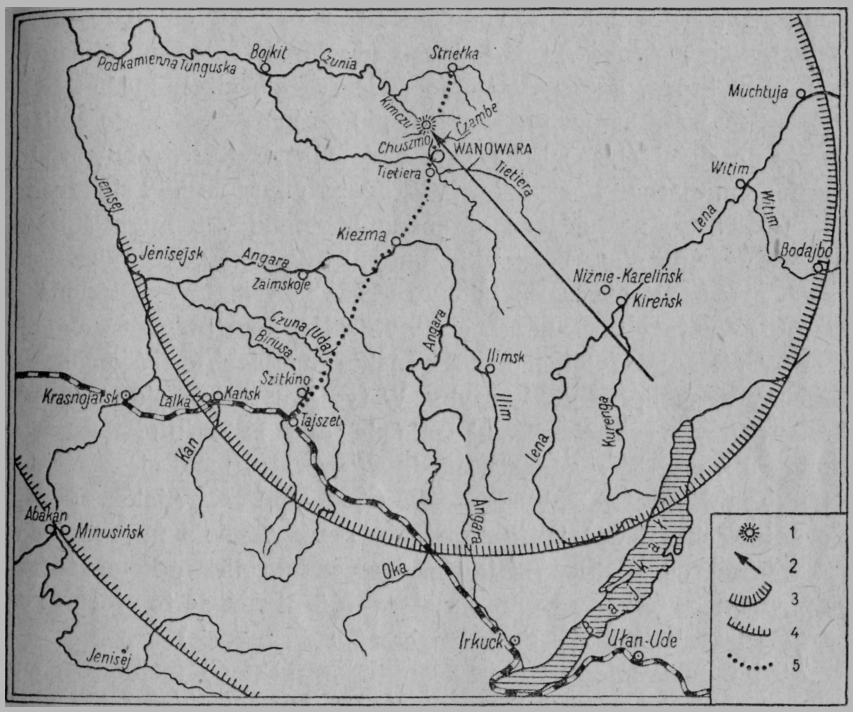
Prawie pół wieku minęło od czasu, gdy 30 czerwca (17 st. stylu) 1908 r. w pogodny słoneczny poranek przemknęła z niebywałą szybkością nad całą centralną Syberią w kierunku z południa na północ jaskrawa kula ognista i skryła się daleko na północy, za tajgą. W ślad za bolidem rozległy się wstrząsające powietrze detonacje i dał się słyszeć grzmot. W wielu osiedlach, w których zaobserwowano przelot bolidu odczuto wstrząs ziemi i budynków[r], pękały szyby w oknach, przewracały się różne przedmioty i sprzęty domowe, a podmuch obalał nawet ludzi znajdujących się poza domem.

Bolid zaobserwowali mieszkańcy osiedli od brzegów Jenisjeju na zachodzie od rzeki Witim na wschodzie, tj. na przestrzeni około 1500 km, a wybuch słyszano nawet w odległości około 1000 km od miejsca upadku meteorytu (ryc. 10). Później, już po upływie wielu lat od zaobserwowanego zjawiska, ustalono, że bolid był spowodowany spadkiem olbrzymiego meteorytu na ziemię. Meteoryt ten spadł na północ od rzeki Podkamiennaja Tunguzka (Chatanga) w tajdze tunguskiej i dlatego nazwano go tunguskim (w okresie przedrewolucyjnym Tunguzami nazywano rdzenną ludność, mieszkańców tamtejszej tajgi — Ewenków).

Oto jak naoczni świadkowie opisywali zjawiska towarzyszące spadkowi meteorytu tunguskiego.

T. Naumienko, mieszkaniec wsi Kieżma położonej na brzegu rzeki Angary, mniej więcej 200 km na południe od miejsca spadku meteorytu, pisał, że meteoryt spadł koło 8 godz. rano. Niebo w tym czasie było całkiem bezchmurne. Nagle promienie słońca przecięła szeroka ognistobiała smuga i na północ, w stronę tajgi, przemknęła

jakaś podłużna ognistobiala masa. W ślad za tym rozległo się kilka kolejnych detonacji, od których zadrżała ziemia, powypadały szyby z okien, a w niektórych domach popękały nawet piece i pospadały z półek naczynia kuchenne.



Ryc. 10. Mapa "zasięgu zjawisk towarzyszących spadkowi meteorytu tunguskiego

i — miejsce upadku meteorytu. 2 — rzut toru lotu bolidu, 3 — granica strefy widoczności zjawisk .świetlnych, *4* — **granica strefy rozchodzenia się zjawisk dźwiękowych, 5 — trasa ekspedycji L. A. Kulika.**

Drugi świadek T. Briuchanow opowiedział, że wraz z towarzyszami widział lecący skośnie do widnokręgu w kierunku na północ. ognistoczerwony płomień. Następnie rozległy się detonacje podobne do wystrzałów armatnich, od których zadrżała ziemia i zabrzęczały szyby w oknach.

A oto jakie wiadomości podawały dzienniki w kilka dni po spadku meteorytu.

„W dniu 17 czerwca (st. stylu) rano po godzinie 8 zaobserwowano tu jakieś niezwykłe zjawisko przyrody. W osiedlu Nowo-Karelińskim chłopi ujrzeli na północnym zachodzie dość wysoko ponad widnokręgiem jakieś niezwykle jasno świecące (trudno było patrzeć) białoniebieskawym światłem ciało lecące w przeciągu 10 minut z góry w dół. Miało ono kształt „rury", czyli cylindryczny. Niebo było bez obłoków, tylko nisko nad widnokręgiem w tej samej stronie, w której zaobserwowano świecące się ciało, można było dostrzec maleńki ciemny obłoczek. Było gorąco i sucho. Po zbliżeniu się do ziemi (lasu) błyszczące ciało jak gdyby rozpłynęło się, a na jego miejsce utworzył się wielki kłąb dymu i rozległ się głośny huk, jak gdyby pochodzący od spadania wielkich kamieni lub od kanonady armatniej. Wszystkie budynki drżały. W tym samym czasie z obłoczka zaczął wydobywać się płomień nieokreślonego kształtu. Wszyscy mieszkańcy wsi wybiegli w paniczym strachu na ulicę. W niektórych domach w Kireńsku, w oknach zwróconych na północny wschód, brzęczały szyby. W tym samym czasie, w Kireńsku na północnym zachodzie ukazało się coś w rodzaju ognistoczerwonej kuli, według świadectwa jednych, poruszającej się poziomo, a według świadectwa innych — skośnie. . . Koło Kireńska, we wsi Woronino, chłopi widzieli kulę ognistą, która spadła na południowy wschód od nich.... Zjawisko wywołało liczne komentarze. Jedni twierdzą, że to ogromny meteoryt, inni zaś, że to piorun kulisty (Dziennik „Sibir" z dnia 2 lipca 1908 r., Irkuck).

Jeszcze dokładniejszy opis spadku tunguskiego meteorytu zamieszczono w dzienniku „Krasnojariec" z dnia 13 lipca (st. stylu) 1908 r.

„Wieś Kieżemskoje. 17 bm. w tutejszym okręgu zaobserwowano niezwykłe zjawisko atmosferyczne. O godz. 7 min. 43 rano zaszumiało, jak gdyby powiał gwałtowny wicher. Bezpośrednio po tym rozległa się straszna detonacja, której towarzyszył wstrząs podziemny, od czego dosłownie zatrzęsły się budynki i miało się wrażenie, że budynek został uderzony jakąś wielką kłodą lub ciężkim kamieniem. Po pierwszej detonacji nastąpiła druga o takiej samej mocy, i trzecia. Poza tym w czasie między pierwszą detonacją a trzecią słychać było niezwykły podziemny łomot przypominający

dźwięk, jaki wydają szyny, po których przechodzi jednocześnie kilka pociągów. A następnie w ciągu 5—6 minut trwało coś w rodzaju kanonady artyleryjskiej: nastąpiło około 50—60 uderzeń w krótkich i jednakowych odstępach czasu. Stopniowo detonacje stawały się coraz słabsze. Po 1,5—2 minutowej przerwie po ustaniu tej „kanonady" rozległo się jeszcze sześć kolejnych detonacji podobnych do odległych wystrzałów armatnich, jednak ciągle wyraźnie słyszanych i odczuwanych wskutek wstrząsów ziemi.

Na pierwszy rzut oka niebo było zupełnie czyste. Ani wiatru, ani obłoków nie było. Ale przy uważnej obserwacji można było dojrzeć na północy nad widnokręgiem tam, gdzie, jak się zdawało, rozlegały się detonacje, popielaty obłok, który stopniowo malał, stawał się coraz bardziej przezroczysty i około 2—3 godz. po południu znikł zupełnie.

Według otrzymanych informacji to samo zjawisko zaobserwowano równie wyraźnie w okolicznych osiedlach nad rzeką Angara, w odległości 300 jwiorst[1]. Zdarzyły się wypadki rozbicia się szyb w podwójnych ramach, wskutek wstrząsu domów. O sile pierwszych detonacji świadczą wypadki zwalenia z nóg ludzi i koni.

Jak opowiadają naoczni świadkowie przed tym, zanim się zaczęły rozlegać pierwsze detonacje, jakieś ogniste ciało niebieskie przecięło niebo lecąc z południa na północ, z lekka odchylając się w kierunku wschodnim, lecz z powodu szybkości lotu (a głównie zaskoczenia) ani wielkości, ani jego kształtu nie można było dostrzec. Ale za to wielu ludzi w różnych osiedlach doskonale widziało, jak z chwilą zetknięcia się lecącego przedmiotu z widnokręgiem w tym miejscu, gdzie później ukazał się uprzednio wymieniony obłok, lecz znacznie niżej, na poziomie wierzchołków drzew, wybuchł wielki płomień rozdzierający niebo na pół. Jasność była tak wielka, że rozświetliła wnętrze pokojów, których okna zwrócone były na północ. Jasność trwała przypuszczalnie nie krócej jak minutę, zauważyło ją wielu chłopów znajdujących się wówczas na polach. W chwili gdy płomień znikł, rozległy się detonacje."

[1] Wiorsta dawna rosyjska miara długości — 1,06 km (przyp. red. pol.)-

Dzienniki podały również wiadomość, że maszynista pociągu towarowego zbliżającego się do przystanku Lalka w pobliżu Kańska, gdy usłyszał detonacje wywołane przez upadek meteorytu pomyślał, że w pociągu nastąpił wybuch i zatrzymał go.

W czasie gdy spadł meteoryt tunguski, w tajdze, na brzegu rzeki Podkamiennaja Tunguzka w odległości około 60 km (w prostej linii) na południe od miejsca spadku meteorytu istniała faktoria Wanowara. W faktorii tej, która była maleńką osadą złożona z dwóch czy trzech domków, kilku magazynów i sklepu[1], koczujący w tym rejonie Ewenkowie wymieniali futra na produkty i różne towary. Mieszkańcy faktorii znajdujący się w chwili spadku meteorytu pod gołym niebem byli świadkami jeszcze groźniejszych zjawisk. A więc na przykład S. Sjemionow przesłuchany przez autora niniejszej książki w r. 1930 opowiedział co następuje:

„Nie pamiętam dokładnie, w którym to było roku, ale było to przeszło dwadzieścia lat temu podczas orki ugorów, gdy w porze śniadaniowej siedziałem na ganku domu twarzą zwrócony na północ. W momencie, gdy zamierzyłem się siekierą, by nabić obręcz na stawnicę, niebo na północy rozwarło się nagle i ukazał się ogień, który ogarnął całą północną część nieba. Zrobiło mi się tak gorąco, jak gdyby zapaliła się na mnie koszulą. Chciałem ją podrzeć i zrzucić z siebie, ale w tym momencie niebo zwarło się z powrotem i rozległa się tak gwałtowna detonacja, że mnie wyrzuciło z ganku na odległość trzech sążni. W pierwszej chwili straciłem przytomność. Po wybuchu dał się słyszeć taki huk, jak gdyby z nieba spadały kamienie lub jakby strzelano z armat. Ziemia drżała i gdy na niej leżałem, przyciskałem głowę w obawie, by kamienie nie roztrzaskały mi jej. Gdy niebo się rozwarło, z północy przemknął obłok chałup gorący powiew, który pozostawił na ziemi ślady w postaci ścieżek. Później okazało się, że wiele szyb zostało wybitych, a w stodole wyłamało skobel u drzwi."

Córka Sjemionowa, A. Kosołapowa,'przesłuchana wówczas przez autora oświadczyła:

[1] Obecnie jest to rejonowy ośrodek ewenkijskiego okręgu narodowego.

VV chwili spadku meteorytu byłam w faktorii Wanowara. Przyszłyśmy tam z przyjaciółką po wodę do źródła. Przyjaciółka czerpała wodę, ja zaś stałam obok, zwrócona twarzą ku północy. Nagle ujrzałam, że niebo na północy rozstąpiło się do samej ziemi i buchnął z niego ogień. Przestraszyłyśmy się, lecz niebo zwarło się 2 powrotem, a zaraz potem rozległy się huki, podobne do wystrzałów. Pomyślałyśmy, że to z nieba spadają kamienie i przerażone rzuciłyśmy się do ucieczki. Gdyśmy dobiegły do domu, ujrzałyśmy ojca mego S. Sjemionowa leżącego bez przytomności obok stodoły naprzeciw ganku domu. Obie z koleżanką doprowadziłyśmy go do przytomności i zaprowadziłyśmy do domu".

Trzeci naoczny świadek P. Kosołapow, znajdujący się w chwili upadku meteorytu również w faktorii Wanowara, opisuje w ten sposób zaobserwowane przez siebie zjawiska:

„W czerwcu 1908 r. o godz. 8 rano wybierałem się na sianokosy. Ponieważ był mi potrzebny gwóźdź, wyszedłem na dwór, by wyciągnąć go obcęgami z futryny okiennej. Nagle poczułem jakby coś oparzyło mi uszy. Schwyciłem za nie i sądząc, że to pali się dach, podniosłem głowę i natychmiast wbiegłem do izby. Ledwie tam opadłem, by usiąść, gdy rozległa się detonacja, posypał się tynk z sufitu, wypadła z pieca zasuwa, a z okna szyba. W chwilę potem rozległ się dźwięk podobny do grzmotu oddalającego się ku północy".

Wszystkie przytoczone opowiadania naocznych świadków zawierają bardzo niesprecyzowane określenia, takie jak „rozwarło się niebo", „buchnął ogień", oraz wyraźne sprzeczności dotyczące czasu, trwania i liczby detonacji, kolejności różnych zjawisk itp. Świadczą one jednak o tym, że podczas spadku meteorytu tunguskiego zaobserwowano niezwykle potężne zjawiska świetlne, dźwiękowe i mechaniczne.

Z zeznań świadków wanowarskich możemy wywnioskować, że w Wanowarze, to znaczy w odległości około 60 km od miejsca spadku meteorytu, z początku odczuwało się działanie promienistej energii wybuchu, a później, po upływie 5—6 minut napłynęła gorąca fala powietrza. Prócz tego odczuto też promienistą energię

bolidu, przelatującego nad faktorią, jak również zaobserwowano działanie fal balistycznych.

Istotnie, naoczny świadek Sjemionow oświadczył, że odczuł „żar" spływający w chwili, gdy niebo w północnej stronie „rozwarło się", to znaczy, gdy nastąpiła eksplozja. Niewątpliwie „żar" był właśnie wywołany działaniem promienistej energii wybuchu. Sjemionow oświadczył dalej, że potem przeleciał „gorący wicher"; „wicher" ten był widocznie falą powietrza, która doszła do Wanowary.

Trzeci świadek z faktorii Wanowara Kosołapow nie zauważył żadnych świetlnych zjawisk. Prawdopodobnie należy to tłumaczyć tym, że stał on z południowej strony domu, a więc całą północną stronę nieba, gdzie nastąpił wybuch, zasłoniła ściana, która ochroniła, go od bezpośredniego działania energii promienistej wybuchu. Niemniej odczuł oparzenie uszu w tym samym momencie, gdy Sjemionow poczuł „żar", tj. w chwili wybuchu. Najprawdopodobniej oparzenie uszu spowodowało działanie promienistej energii samego bolidu, którego lot był widoczny ponad Wanowara na sekundę czy dwie przed eksplozją.

Sjemionow opowiedział jeszcze autorowi, że w zimie tegoż roku kiedy spadł meteoryt, przyszedł do niego Ewenk Iwan Iljicz Onkoul, który powiedział: „Dlaczego nie szukacie złota w Łakurze? Toć tam burza wyrwała *molzja* (las), a *tukała* (ziemię) uniosło, zlituj się Panie, nie wiadomo dokąd. Był tam gęsty *molzja,* ale gdzie go uniosło, nie wiadomo. Takie dziwy. Wyryło tam dół, a po brzegach leżą różne kamienie; w rowie tym sucho, wody nie ma. Ptaki chodzą sob.ie i dziobią kamyczki. Nasz skład w Łakurze spalił się".

W jesieni tego roku, kiedy spadł meteoryt, Sjemionow poszedł na polowanie na wiewiórki. Po dojściu na szczyt góry ujrzał, że las został całkowicie powalony, lecz skład jego ocalał. W następnym roku chodził po Burkańskich Górach i tam też widział leżący pokotem las.

Wyraźnie odczuwalne mechaniczne zjawiska, jak wstrząsy ziemi, drżenie szyb w oknach, otwieranie się drzwi, spadanie przedmiotów, itp. obserwowano nawet w odległości 600—700 km od miejsca upadku meteorytu, np. w miastach Kańsku, Bodajbo, Wi-

timie, Jenisjejsku i w innych punktach. W pobliżu Kańska wstrząs powietrza rzucił do wody robotnika stojącego na tratwie, **a** we wsi Szkitkino przewrócił konie. Lekkie wstrząsy podziemne, kołysanie sie wiszących przedmiotów i drgania powierzchni ziemi odczuwali świadkowie na większej jeszcze odległości **800—1000** km **od** miejsca upadku meteorytu.

Spadek meteorytu tunguskiego, a mówiąc ściśle wybuch, który nastąpił podczas jego uderzenia o powierzchnię ziemi, został zarejestrowany przez sejsmografy irkuckiego obserwatorium magnetycznego i meteorologicznego. Dwa sejsmografy zarejestrowały o godz. 7 min. 19 falę sejsmiczną w postaci rytmicznych, stopniowo zanikających drgań trwających niezwykle długo. Po czterdziestu czterech minutach, tj. o godz. 8 min 03, sejsmografy zanotowały drugą, niezwykłą falę, w postaci trzykrotnego skrzywienia linii zapisu (ryc. 11).

Kyc. 11. Sejsmogram przyrządu Repsolda obserwatorium irkuckiego
Stopniowe zanikanie drgań z lewej strony na sejsmogramie — zapis wstrząsu wywołanego uderzeniem meteorytu o powierzchnię ziemi; trzykrotne faliste skrzywienie linii zapisu z prawej strony sejsmogramu — zapis powietrznych fal wybuchu.

Dyrektor obserwatorium A. Wozniesjenski, przypuszczając, że pierwsza fala sejsmiczna była wywołana lokalnym trzęsieniem ziemi, rozesłał do swoich korespondentów ankietę w sprawie trzęsienia ziemi w celu uzyskania bardziej szczegółowych danych. W dużej liczbie wypełnionych ankiet korespondenci podawali, że obok odczutego trzęsienia ziemi w wielu miejscowościach widziano na niebie lot olśniewającej kuli ognistej. Prócz tego A. Wozniesjenski otrzymał dużo listów od naocznych świadków spadku meteorytu, w których ci szczegółowo .opisywali zaobserwowane zjawiska. Wszystko dało podstawę do słusznego wniosku, że pierwsza fala sejsmiczna została wywołana przez wstrząs, który nastąpił wskutek uderzenia meteorytu o ziemię. W wyniku opracowania sejsmogramu Wozniesjenski uzyskał następujące współrzędne epicentrum: $\varphi = 60° 16'$; $\lambda = 103°06'$ od Greenwich. Tak więc epicentrum okazało się na północ od faktorii Wanowara,

tj. tam, gdzie zostało później ustalone miejsce spadku meteorytu tunguskiego. Odległość od Irkucka do epicentrum wynosi 893 km. Dlatego obliczając przypuszczalny czas trwania przebiegu fal sejsmicznych na 1 min. 58 sek. Wozniesjenski otrzymał moment spadku meteorytu tunguskiego — 7 godz. 17 min. 11 sek. według czasu dekretowego.

Zakładając, że drugi zapis nadzwyczajny sejsmografów był wywołany przez powietrzne fale wybuchu i przyjmując, że prędkość ich rozchodzenia się równa się prędkości rozchodzenia się dźwięku, tj. wynosi mniej więcej 330 m/sek., obliczył czas w którym przebiegły te fale odległość od miejsca spadku meteorytu do Irkucka — na 45 min. 06 sek. Stąd należało wywnioskować, że powietrzne fale wybuchu powinny były być zanotowane przez sejsmografy w Irkucku o 8 godz. 02 min. 17 sek. W rzeczywistości zaś fale te były zarejestrowane o 8 godz. 03 min. 06 sek., tj. zaledwie o 49 sekund później od czasu obliczonego. Stanowi to niewielką stosunkowo różnicę mieszczącą się w granicach dopuszczalnego błędu rejestracji momentu spadku meteorytu przez sejsmografy. Tak więc można uważać, że wtórna trzykrotna fala zarejestrowana przez sejsmografy została istotnie spowodowana przez wybuch meteorytu.

Był to pierwszy wypadek zarejestrowania przez sejsmografy wstrząsu wywołanego przez spadek na Ziemię olbrzymiego meteorytu. Wnioski Wozniesjenskiego nie zostały jednak wówczas ogłoszone i ujrzały światło dzienne dopiero po Wielkiej Październikowej Rewolucji Socjalistycznej, w 1925 r[1].

W latach trzydziestych I. Astapowicz stwierdził, że powietrzna fala wybuchu wywołana przez spadek meteorytu została zarejestrowana przez dużą liczbę zwykłych barografów stacji meteorologicznych Syberii i miała amplitudę do 2,45 mm w maksimum. Zdołał on zebrać znaczną liczbę barogramów, i w 1932 r. odkrył zapis fali powietrznej na taśmie mikrobarografu rtęciowego obserwatorium w Słucku, jak również barografu stacji Petersburg z amplitudami do 0,2 mm. Na podstawie tych barogramów Astapowicz

[1] А. В. Вознесенский. Падение метеорита 30 июня 1908 г. в верховьях р. Хатанги. „Мироведение", 1925, t. XIV, Nr. 1, str. 25—38.

ustalił moment spadku meteorytu na 7 godz. 18,6 min. ±2,1 min., tj. zupełnie zgodnie z wynikami uzyskanymi przez Wozniesjenskiego.

Powietrzna fala wybuchu, która dwukrotnie obiegła kulę ziemską, była dwukrotnie zarejestrowana przez mikrobarografy stacji angielskich.

Później, gdy meteoryt tunguski stał się znany i za granicą, również na sejsmografach wielu innych zagranicznych stacji sejsmicznych zostały ujawnione zapisy wstrząsu sejsmicznego wywołanego przez jego spadek.

Spadkowi meteorytu tunguskiego towarzyszyło jeszcze jedno niezwykłe zjawisko. Pierwsza zaraz noc po tym zdarzeniu była w całej Europie wyjątkowo jasna. Ciemność wcale nie nastąpiła, i o północy, nawet na południu, np. na Kaukazie, można było z łatwością czytać gazety bez sztucznego oświetlenia. Oto co pisał np. L. Apostołów, kierownik biura meteorologicznego Kubano-Czarnomorskiego Instytutu Krajowego w czasopiśmie „Mirowiedienije"[1].

„Miasto Stawropol-Kaukaski leży na szerokości 45° 3' i zorza wieczorna wygasa tam całkowicie o godz. 9 min. 15 wieczorem, dlatego też o tej porze robi się już zupełnie ciemno. Przygotowując się o godz. 9 wieczorem do kolejnych obserwacji meteorologicznych byłem ogromnie zdziwiony, że na dworze jest zupełnie jasno i że zorza jest tak jasna, iż do pracy nie potrzebowałem użyć nawet lampy. Była już godz. 10 wieczorem, lecz sądząc z jasności zorzy nie ulegało już wątpliwości, że nie zgaśnie przez całą noc i że będziemy świadkami niezwykłego zjawiska — białej nocy pod 45° szerokości, po upływie dziewięciu dni od letniego przesilenia. Wreszcie o 23 godzinie ukazały się niektóre jasno świecące gwiazdy. O godzinie 24, tj. o północy, zorza była jasna jak w Twerze, położonym o 17° bardziej na północ.

Po północy zorza zaczęła się rozjaśniać i Słońce wzeszło po godz. 4 rano, ściśle według czasu kalendarzowego. W ciągu dnia

[1] Л. Апостолов. Белое ночи 30 июня 1908 г. „Мироведение", 1926, № 3.

niczego szczególnego na niebie nie zaobserwowano. Białe noce nie powtórzyły się więcej, jednak w ciągu przynajmniej 10 dni zorze trwały o wiele dłużej, gasły po godzinie 10, a wschodziły około 2 rano, tj. o godzinę później wieczorem i o godzinę wcześniej rano. Zresztą aż do końca lata zorze trwały dłużej niż normalnie, lecz stawały się stopniowo coraz krótsze i w końcu sierpnia powróciły do stanu normalnego".

Wzmianki o jasnych nocach ukazywały się w swoim czasie w wielu rosyjskich gazetach, jasne noce były notowane w Atkarsku, Kijowie, Penzie, Sławiańsku, Tyraspolu i wielu innych miejscowościach. S. Glazenap, znany astronom, członek honorowy AN ZSRR zakomunikował, że w nocy po upadku meteorytu tunguskiego, w Domkinie, w powiecie łużskim, petersburskiej guberni, gdzie się wówczas znajdował, panowała pochmurna pogoda trwająca już od kilku dni. Dopiero 27 czerwca (wg. st. stylu) niebo całkiem się wypogodziło. Glazenap stwierdził, że zorza wieczorna przypominała barwne, jasne zorze, które zaobserwowano w r. 1885 po słynnym wybuchu wulkanu Krakatau.

W r. 1946 członek Akademii A. Połkanow ogłosił notatkę, w której podawał, że w dzienniku swym z r. 1908 zanotował niezwykłe zjawisko zaobserwowane w okolicach miasta Kostromy w nocy z 17 na 18 czerwca (wg. st. stylu). Pomimo, że niebo było w nocy zasnute grubą warstwą chmur i że lał deszcz, było niezwykle jasno. Pod gołym niebem można było przeczytać nawet drobny druk gazety. Nieco mniej jasna była i następna noc.

Członek Akademii W. Fiesjenkow opowiedział autorowi niniejszej książki, że w nocy z 30 czerwca na 1 lipca 1908 r. przygotowując się do kolejnych obserwacji astronomicznych w taszkienckim obserwatorium astronomicznym nie mógł doczekać się nastania ciemności. W rezultacie tej nocy nie udało mu się przeprowadzić zaplanowanych obserwacji astronomicznych.

W. Rossin wykonał w mieście Narowczacie, obecnie w obwodzie tambowskim, o północy z 30 czerwca na 1 lipca zdjęcie fotograficzne ulicy miasta, do tego stopnia jasno było tej nocy. Obok jasnych nocy zauważono w wielu miejscowościach Rosji i zachodniej Europy jasne, świecące się (srebrzyste) obłoki. Jak wiadomo,

obłoki takie obserwuje się Rokrocznie w północnych szerokościach w okresie białych nocy. Jednakowoż w noc po upadku meteorytu tunguskiego zaobserwowano szczególnie jasne obłoki, poza tym widać je było w wielu południowych miejscowościach, tam, gdzie się ich zazwyczaj nie widuje.

Profesorowi B. Rudniewowowi udało się np. sfotografować te świecące obłoki w dawnej orłowskiej guberni, świecące obłoki zaobserwowano nawet w Odessie.

Zaznajomiliśmy się pokrótce ze zjawiskami, które towarzyszyły spadkowi meteorytu tunguskiego, a które świadczą o jego olbrzymich rozmiarach. Niestety w tym czasie, gdy spadł meteoryt tunguski, w ponurych latach czarnej reakcji stołypinowskiej nauka w Rosji przeżywała okres upadku. Reakcyjny rząd carski, po zatopieniu w potokach krwi ruchu rewolucyjnego w Rosji, niszczył polityczne i ekonomiczne organizacje robotnicze, pokrył kraj lasami szubienic i wysyłał na stracenie tysiące rewolucjonistów. W tych czasach nie mogło być mowy o jakimkolwiek rozwoju nauki. Meteoryty nikogo specjalnie nie obchodziły i brak było odpowiednich instytucji naukowych. O spadku meteorytu tunguskiego wkrótce zapomniano. Usłyszano o nim znowu dopiero po Wielkiej Październikowej Rewolucji Socjalistycznej, gdy nauka w ZSRR uzyskała wielkie możliwości rozwoju i gdy meteory tyka została wydzielona jako samodzielna gałąź nauki.

Mimo wielkich trudności, jakie przeżywała młoda republika radziecka odpierając nacisk anglo-amerykańskich i innych interwentów, rząd radziecki wyasygnował fundusze na zorganizowanie prac mających na celu zbieranie i badanie meteorytów.

5. BADANIE SPADKU METEORYTU TUNGUSKIEGO EKSPEDYCJA L. KULIKA

Pierwsze badania spadku meteorytu tunguskiego przeprowadził pracownik naukowy Muzeum Mineralogicznego Akademii Nauk ZSRR Leonid Kulik (1883—1942).

W r. 1921 przy Muzeum Mineralogicznym Akademii Nauk dostał zorganizowany Oddział Badania Meteorytów i w tym samym

roku Akademia Nauk wysłała specjalną ekspedycję meteorytową pod kierunkiem L. Kulika. Zadanie ekspedycji polegało na odwiedzeniu różnych miast i osiedli ZSRR w celu zebrania wiadomości o upadkach i zdobycia meteorytów przechowywanych w różnych miejscach.

Podróżując po Syberii Kulik napotkał i przesłuchał wielu naocznych świadków spadku meteorytu tunguskiego. Wówczas to po raz pierwszy uzyskał wiadomości o miejscu spadku meteorytu i o powaleniu lasu na północ od faktorii Wanowara. Po powrocie z ekspedycji w r. 1922. Kulik doniósł, że według opowiadań Ewenków koczujących w rejonie faktorii Wanowara nad rzeką Podkamiennaja Tunguzka w miejscu ich koczowisk silny napór powietrza powalił szmat lasu, a Ewenkowi Onkoulowi zabił kilka renów W miejscu zaś spadku meteorytu „z ziemi trysnęła woda".

Później geolog A. Sobolew w liście swym do Kulika przytoczył następujące ciekawe opowiadanie Ewenka liii Potapowicza Luczetkana:

„Dawno, piętnaście lat temu, nad rzeką Czambe mieszkał jego brat, obecnie stary już Ewenk nie mówiący prawie po rosyjsku i mieszkający wraz z Luczetkanem w faktorii Tetere. I oto pewnego razu nastąpił jakiś straszny wybuch, po którym rozległy się grzmoty i nastąpiła wichura. Siła eksplozji była tak wielka, że nad rzeką Czambe na przestrzeni wielu wiorst po obydwu jej brzegach powaliła jedną stronę lasu. *Czum* brata przewróciło, a pokrycie porwał wiatr, brata ogłuszyło, reny rozpędziło tak, że z wyjątkiem kilku, nie mógł ich odnaleźć po przyjściu do przytomności. Wszystko to tak na niego podziałało, że długo chorował. W powalonym lesie utworzyła się w jednym miejscu jama, z której wytrysnął strumień do rzeki Czambe. Dawniej przez to miejsce prowadziła droga Ewenków. Teraz ją zarzucono, ponieważ jak się okazało, była zawalona "i nie do przebycia, a oprócz tego miejsce to budziło u Ewenków lęk. .. Od rzeki Podkamiennaja Tunguzka do tego miejsca i z powrotem jest trzy dni jazdy na renach.. . Opowiadając o tym Luczetkan zwracał się ciągle do swego brata, który przeżył to wszystko. Brat ożywił się i w podnieceniu coś opowiadał w swoim języku uderzając kijem po palikach *czumu* i po ich pokry-

ciu gestykulując przy tym i usiłując pokazać, jak to zmiotło ich

Do lat dwudziestych o spadku meteorytu tunguskiego powstały już legendy. Opowiadano o zagładzie ludzi i wielkich stad reniferów itd. Wszystko to oczywiście okazało się wytworem fantazji, jak to ustaliły prace ekspedycji Kulika. W związku z tym jeszcze w r. 1936 Kulik napisał w jednym ze swych artykułów: „Niestety główny ten świadek katastrofy (brat Luczetkana) już zmarł, co się niewątpliwie odbije na przyszłych pracach mających ńa celu zbadanie okoliczności spadku, w których jest tak trudno zorientować się teraz zarówno z powodu nieuniknionej rozbieżności w zeznaniach naocznych świadków[r], jak i dlatego, że od chwili spadku minęło już przeszło 18 lat i że nowizną narósł nie sam tylko powalony las".

Rzeczywiście ślady spadku meteorytu w ciągu dziewiętnastoletniego okresu albo całkiem się zatarły, albo zatraciły swą wyrazistość, i Kulik podczas badania miejsca spadku meteoru tunguskiego napotykał wielkie trudności.

W lecie 1924 roku geolog prof. S. Obruczew wydelegowany przez Komitet Geologiczny w celu zbadania pod względem geologicznym wymienionego rejonu, podróżował wzdłuż rzeki Podkamiennaja Tunguzka. Odwiedził on *w* drodze również Wanowarę. Tam spotkał się z Ewenkami, którzy mu opowiedzieli o lesie powalonym na dużej przestrzeni na północ od faktorii. Obruczew spotkał również Ewenka Luczetkana, który mu opowiedział to samo, o czym napisał Kulikowi geolog A. Sobolew. O spadku meteorytu opowiadali Obruczewowi również liczni mieszkańcy wsi położonych nad rzeką Angara, które odwiedzał.

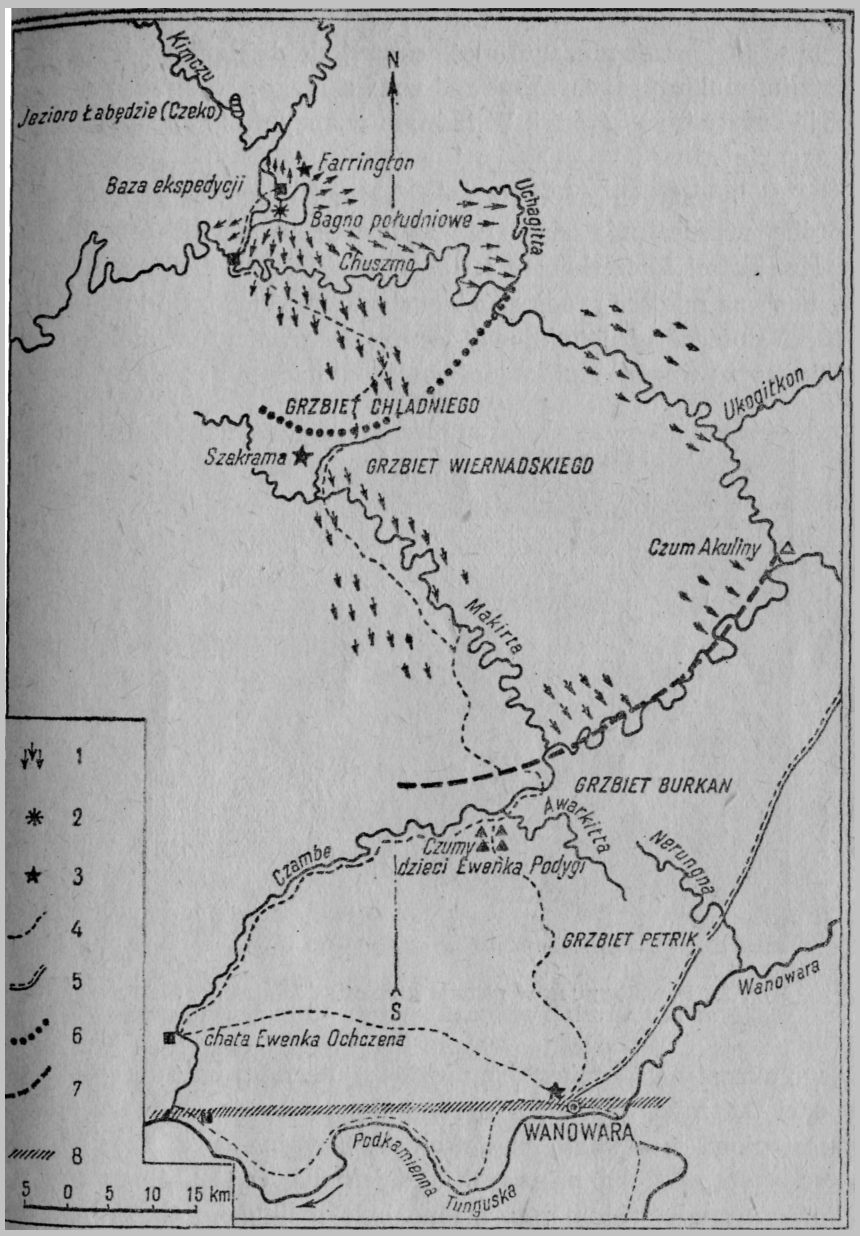
W r. 1926 faktorię Wanowara odwiedził członek Rosyjskiego Towarzystwa Geograficznego etnograf I. Susłow będący w tym czasie przewodniczącym Krasnojarskiego Komitetu Pomocy Narodom. Północy. I. Susłow specjalnie zwołał i wypytywał Ewenków [0] spadek meteorytu tunguskiego. Wszyscy zgodnie opowiadali o drzewach powalonych i popalonych na dużym obszarze wskutek spadku meteorytu, o zburzeniu ich składów, stracie renów, Psów itp. Przy spotkaniu z wdową po bracie Luczetkana Akuliną,

która wspólnie ze swym mężem ucierpiała wskutek spadku meteorytu, dowiedział się od niej co następuje.

Wczesnym rankiem, gdy jeszcze wszyscy spali, *czum* ich wraz z ludźmi nagle wyleciał w powietrze. Po upadku na ziemię okazało się, że cała rodzina doznała tylko lekkich obrażeń, Akulina zaś i Iwan stracili przytomność i z powodu przestrachu długo nie mogli zrozumieć, co się z nimi stało. Gdy zaś doszli do przytomności ujrzeli płonący wokół nich las. Słychać było jakiś łomot. Stary Ewenk Wasilij Ochczen mieszkający w chwili spadku meteorytu w *czumie* Iwana i Akuliny, dodał, że obudził się w chwili, gdy coś poderwało czum, jego zaś silne pchnięcie odrzuciło w bok. Przytomności nie stracił i słyszał zewsząd dochodzący nieprawdopodobnie głośny, długotrwały grzmot i czuł jak ziemia się trzęsła, widział jak płonące drzewa padają i jak wszystko wokoło spowija dym i mgła.

Czum Akuliny znajdował się w chwili spadku meteorytu przy ujściu rzeki Diluszmy do rzeki Chuszmo, o 40 km na południowy wschód od miejsca spadku meteorytu. W takiej samej odległości na południe stał *czum* Ewenków Czekarena, Czuczancza i Nalegi dzieci Ewenka Podygi. *Czum* ten ocalał, lecz znajdujących się w nim Ewenków obudził głośny grzmot. Wszyscy odczuli wstrząs ziemi, słyszeli wielki szum i trzask. Huragan, wobec którego trudno było utrzymać się na nogach powalił wokół *czumu* las. Z dala na północy widzieli obłok dymu.

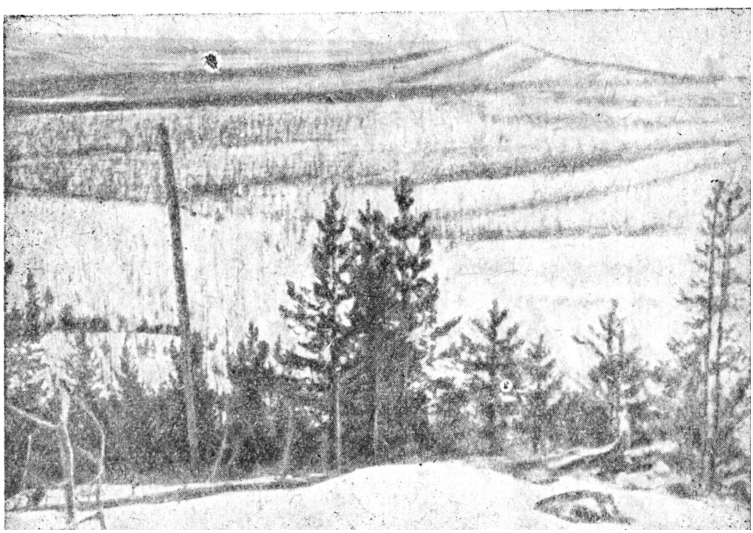
Tak więc w r. 1927 zostało określone miejsce spadku meteorytu tunguskiego, które do tego czasu nie było przez nikogo, prócz Ewenków, odwiedzane. Wiadomości o spadku zebrane głównie dzięki wysiłkom Kulika świadczyły nie tylko o bezspornym fakcie spadku, ale również o potężnej skali tego zjawiska i o jego niecodziennym znaczeniu naukowym. Wymagało to natychmiastowego obadania na miejscu okoliczności spadku meteorytu. Dlatego to w r. 1927 Akademia Nauk ZSRR wysłała na miejsce spadku meteorytu pierwszą ekspedycję z L. Kulikiem na czele. W związku z ta ekspedycją członek Akademii W. Wiernadski napisał, co następuje: „...uważam za rzecz wielkiej wagi możliwie najszybsze odnalezienie meteorytu w rejonie Podkamiennej Tunguski, ustalenie jego wielkości, składu i struktury. Wysłanie ekspedycji zapro-



Ryc. 12. Schematyczna mapka miejsca spadku meteorytu tunguskiego i zasięg zniszczenia lasu
7- powalony las. 2 — przypuszczalne miejsce uderzenia meteorytu, 3 — punkt astrono-[czn]y. 4 — ścieżka, 5 — droga do faktorii Striełka, 6 — granica zasięgu opalenia, 7 — granica powalonego lasu, 8 — granica zasięgu fali wybuchu.

jektowanej przez muzeum może okazać się dziełem o wielkim znaczeniu naukowym, uzyskane zaś wyniki mogą stokrotnie wynagrodzić zużyty czas i środki. W żadnym wypadku nie mogą okazać się daremne".

Przybywszy w końcu zimy do faktorii Wanowara Kulik podjął próbę przedostania się wraz ze swym pomocnikiem Giulichćm i Ewenkami Luczetkanem i Ochczenem jeszcze drogą zimową na renach na miejsce spadku meteorytu tunguskiego. Po kilku dniach Kulik doszedł od południowej strony do granicy powalonego lasu. Ze szczytu wzgórz Kulik mógł obejrzeć znaczną przestrzeń i oczom



Ryc. 13. Powalony las w rejonie grzbietu Chladniego. Na fotografii widać młode zarośla; w oddali — góra Szakrarna (Głowa Cukru)

jego ukazał się zdumiewający widok: potężna tajga syberyjska jak podcięta trawa zaścielała ogromną przestrzeń; tajga została tu zamieniona w otwartą pagórkowatą równinę (ryc. 13). Na północ, sądząc na oko, na przestrzeni jakichś 10-12 kilometrów, dc końca prawie widnokręgu widać było grupy śnieżnobiałych gór ogołoconych z lasu, Ten odcinek gór, jak to było widoczne z Grzbie-

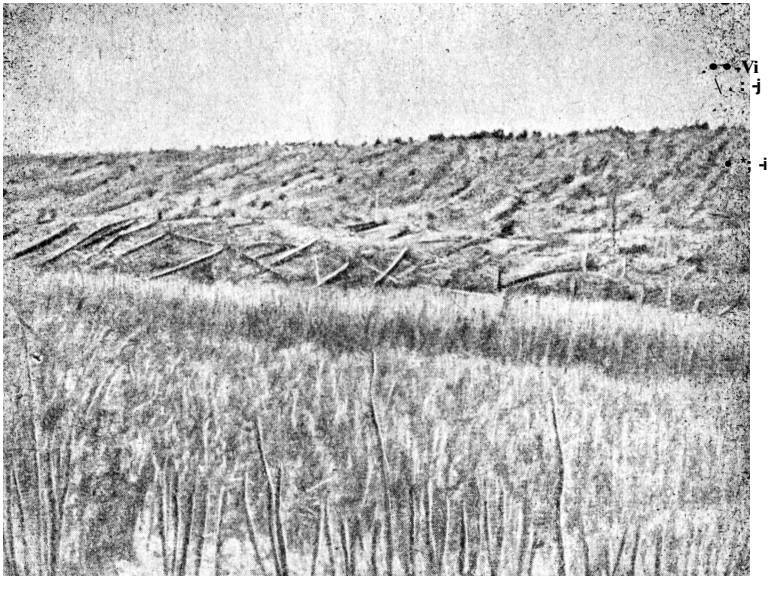
tu Chladniego, skąd Kulik oglądał okolicę, przecinało koryto strumienia Czurgima, płynącego z północy i wpadającego do rzeki Ghuszmo. Towarzyszący Kulikowi Ewenk Luczetkan powiedział, że ten właśnie rejon, tj. na północ za górami zajmował w r. 1908 jego krewny Ewenk Onkoul. Tutaj również znajdowały się jego składy zniszczone przez spadek meteorytu i tu było pastwisko jego renów. Na zachodzie, na szczytach pasma Lakura, powalony las widać było jako poszczególne plamy. Wyrwane z korzeniami przewrócone drzewa w rejonie Grzbietu Chladniego leżały obrócone wierzchołkami ku południowi.

Po przejściu południowej granicy obszaru powalonego lasu, Kulik musiał niestety zawrócić do faktorii, ponieważ towarzyszący mu na fenach Ewenkowie Ochczen i Luczetkan po dojściu do powalonego lasu kategorycznie odmówili towarzyszenia Kulikowi w głąb tego obszaru. Po powrocie do Wanowary Kulik wziął innych przewodników, miejscowych myśliwych, i udał się znów do miejsca spadku meteorytu, ale już inną drogą.

Doczekał się mianowicie wylewu rzek i wyruszył na tratwie rzeką Czambe, a następnie — Chuszmo. Płynąc korytem tej rzeki w górę Kulik znalazł się znowu w obrębie powalonego lasu. Koło ujścia rzeki Ukogitkon wpadającej do Chuszmo natrafił na pierwszy odcinek lasu powalonego na szczycie wzgórza. Tu jednak uwalone drzewa miały wierzchołki zwrócone na południowy wschód. W miarę posuwania się ekspedycji w górę rzeki było coraz więcej powalonych drzew, aż wreszcie poczynając od ujścia rzeki Uchagitty, wpadającej także do Chuszmo, las leżał pokotem. Przewrócone drzewa tarasowały często drogę ekspedycji i trzeba było miejscami przerąbywać przejście przez zbity gąszcz gałęzi zalegających rzekę i jej brzegi.

30 maja ekspedycja dotarła do strumienia Czurgima, którego głęboką dolinę Kulik oglądał z Grzbietu Chladniego, jeszcze podczas pierwszej swej tam bytności. Tutaj założono obóz i stąd Kulik rozpoczął badania północnych okolic. W czasie swych wycieczek zauważył, że na północ od obozu znajduje się kotlina o średnicy 7—10 km, otoczona amfiteatralnie wzgórzami. Do tej kotliny przeniósł Kulik swój obóz. Przemierzając szczyty wzgórz odkrył

nieoczekiwanie, że powalone dokoła kotliny drzewa miały ze wszystich stron korzenie zwrócone w kierunku kotliny, wierzchołki zaś były zwrócone na zewnątrz. W swej broszurze „O tunguskim dziwie" Kulik, przyoblekając swe myśli w poetycką formę, napisał: „Na przełęczy rozbiłem swój drugi obóz i zacząłem krążyć po amfiteatrze gór wokół Wielkiej Kotliny; najpierw kroki swe zwróciłem na zachód, przemierzyłem dziesiątki kilometrów *po* ogołoconych grzbietach gór, ale powalone drzewa leżały tam już

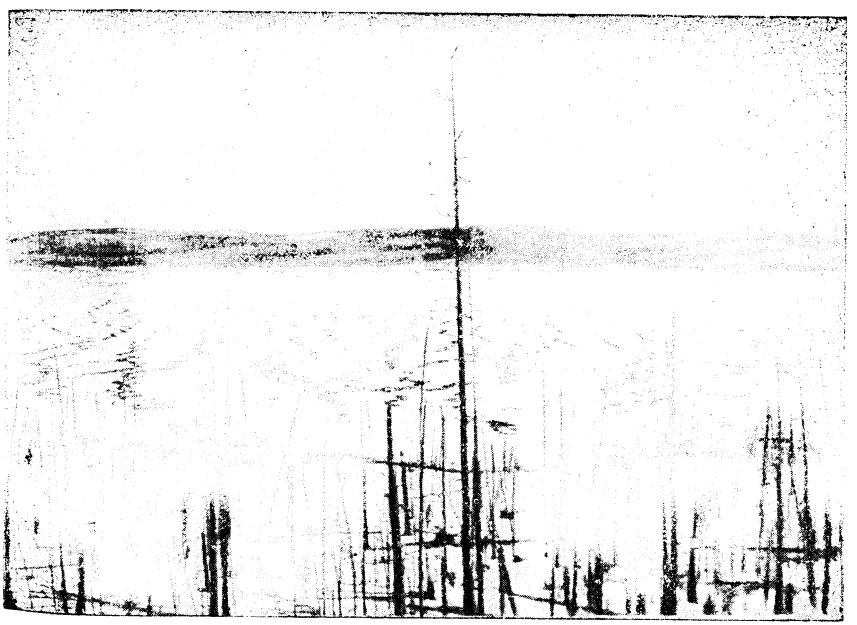


Ryc. 14. Całkowite powalenie lasu na otwartym wzgórzu

wierzchołkami na zachód. Zataczając górami wielki krąg obszedłem kotlinę w kierunku na południe, i powalone drzewa jakby urzeczone zwróciły wierzchołki również na południe. Wróciłem do obozu i znów po ogołoconych górach poszedłem ku wschodowi, i tu wierzchołki powalonych drzew ułożyły się w tym kierunku. Wytężywszy wszystkie siły wyruszyłem znowu na południe, nieomal że do Chuszmo: leżące pokotem drzewa wierzchołki swe również ku

południowi zwróciły... Nie było wątpliwości: obszedłem miejsce spadku naokoło".

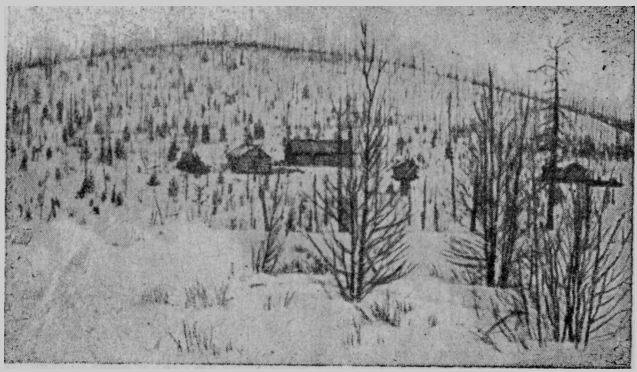
Tak więc Kulik dotarł do miejsca gdzie spadł meteoryt. Południowa część kotliny stanowiła wielkie bagno o średnicy 3—5 km. Na powierzchni wody torfowiec utworzył tu okrywę porosłą krzewami; w pewnych miejscach widać było skupiska kęp torfowych. Gdzieniegdzie przeświecała czysta woda. W północno-zachodniej i północno-wschodniej części kotliny można było dostrzec liczne pagórki torfowe z okrągłymi dołami o średnicy od kilku do kilkudziesięciu metrów, wypełnionymi wodą i porosłymi częściowo mchem torfowym. Doły te Kulik uznał za leje meteorytowe. Przypuszczał, że meteoryt spadł nie jako jednolita masa ale jako cały rój oddzielnych odłamków i każdy taki odłamek utworzy przy upadku lej.



Ryc. 15. Ogólny widok Bagna Południowego od północy
Na bagnie widać wyłaniający się spod śniegu falisty wał kępowisk, torfu i krzewów. Na pierwszym planie i na zboczach oddalonych wzgórz widać uschnięte drzewa, częściowo (u brzegów bagna) zatopione.

Na wewnętrznych zboczach wzgórz otaczających kotlinę las ocalał na pniu, drzewa miały jednak połamane wierzchołki i konary. Ogołocone drzewa robiły wrażenie olbrzymich słupów telegraficznych (ryc. 15). Drzewa ocalały również w wąwozach pomiędzy wzgórzami, a gdzieniegdzie rosły nawet dalej. Tymczasem na wszystkich miejscach otwartych drzewa były nie tylko powalone, ale i popalone. Ślady opalenizny były widoczne i na krzewach i na kępach torfowych na przestrzeni do 15—18 km od kotliny w kierunku południowym, podczas gdy powalenie drzew można było stwierdzić w odległości co najmniej 30—40 km.

Kulik mógł pozostać na miejscu spadku meteorytu tunguskiego zaledwie dwa tygodnie i tylko pobieżnie zbadał okolice kotliny i wykonał plan miejscowości, częściowo za pomocą przyrządów częściowo zaś na oko.



Hyc 16. Baza ekspedycji u podnóża wzgórza Stojkowicza W zimie 1929/30 r Na zboczu *wzgórza* widać ocalałe na pniu, uschłe drzewa

Po powrocie do Leningradu Kulik wysunął sprawę zorganizowania nowej ekspedycji w celu bardziej szczegółowego zbadania miejsca spadku meteorytu i poszukiwań jego części.

Na wiosnę 1928 r. Akademia Nauk ZSRR wysłała drugą ekspedycję pod przewodnictwem Kulika z udziałem .W. Sytina i operatora filmowego N. Strukowa. Na początku lata ekspedycja znaną już drogą dotarła do miejsca spadku meteorytu i przystąpiła do pracy.

Najpierw ekspedycja zajęła się głównie pracami gospodarczymi : wybudowano pomieszczenie mieszkalne, łaźnie i magazyny do przechowywania sprzętu (ryc. 16), jak również wyrąbano ścieżki poprzez gąszcz. Następnie rozpoczęto rozkopywanie kilku niedużych jam. Jednakowoż kopania nie udało się doprowadzić do końca, gdyż woda zaskórna szybko zalewała doły. Wody przybywało także wskutek topnienia lodu skuwającego glinę. Jak wiadomo, rejon gdzie spadł meteoryt tunguski znajduje się w strefie wiecznej marzłoci. Pod wierzchnią warstwą torfu grubości od 0,5 do 1 m leży tu do głębokości kilkudziesięciu metrów wiecznie *zamarznięta* glina z licznymi wielkimi soczewkami lodu. Dlatego usunięcie latem wierzchniej warstwy torfu i odsłonięce zamarzniętej gliny prowadzi nieuchronnie do szybkiego topnienia zamarzłego gruntu i do tworzenia się bagna.

Kiedy Kulik po swej pierwszej ekspedycji do miejsca spadku meteorytu tunguskiego złożył na specjalnym posiedzeniu naukowym sprawozdanie o wynikach swych badań i o odkryciu lejów meteorytowych, spotkał .się ze -sprzeciwem wielu uczonych. Znawcy wiecznej marzłoci, geografowie, geomorfolodzy i inni fachowcy wskazywali, że odkryte przez Kulika jamy są tworami naturalnymi związanymi z istnieniem tu wiecznej marzłoci. Dopływ do zamarzłego mułu wody zaskórnej — mówili — prowadzi do powiększenia się soczewek lodowych w glinie. Podczas zamarzania woda rozszerza się (gęstość lodu wynosi 0,9 g/cm^3). Dlatego glina wypiera na zewnątrz leżącą na niej wierzchnią warstwę torfu i *w* ten sposób zaczyna wyrastać torfowy wzgórek. Podczas tego procesu torf w poszczególnych miejscach pęka i odsłania zmarzniętą glinę. Topnienie lodu, które następuje w okresie letnim powoduje tworzenie się okrągłych jam. Jednak wyjaśnienia te nie trafiły do przekonania Kulikowi, który nadal twierdził, że jamy są lejami meteorytowymi.

Pod koniec lata robotnicy i współpracownicy Kulika zostali ewakuowani z powodu awitaminozy, a on sam pozostał w tajdze z jednym tylko robotnikiem.

Późną jesienią po nastaniu mrozów przybył oddział z I. Susłowem na czele, ażeby pomóc przy wywiezieniu z tajgi dobytku

i wszystkich naukowych materiałów ekspedycji. Kulik rozpoczął wtedy pomiary magnetyczne w jednym z lejów, gdyż *założył,* że meteor był *żelazny* i że będzie mógł przy pomocy magnetometru wykryć obecność meteorytów w lejach. Przeprowadzone pomiary magnetyczne nie dały jednak pozytywnych wyników. Nie mogły one zresztą być pozytywne przede wszystkim dlatego, że w lejach meteorytów nie było. Ponadto Kulik posługiwał się magnetometrem mało czułym i przestarzałej konstrukcji. Gdyby więc w jamie znajdował się nawet meteoryt, to stwierdzenie jego obecności za pomocą takiego magnetometru byłoby niemożliwe.

W końcu 1928 r. Kulik powrócił ze swej drugiej ekspedycji i z wielką energią zaczął przygotowywać się do trzeciej. Istotnie, ekspedycja ta została przez Akademię Nauk ZSRR wysłana w lutym 1929 r. Poza Kulikiem w skład jej wchodzili: gleboznawca L. Szumiłowa, starszy majster wiertniczy A. Afonski oraz jako robotnicy amatorzy-entuzjaści K. Jankowski, B. Optowcew, S. Tiemnikow, B. Starowski, L. Gridiucha, S. Karamyszew oraz autor niniejszej książki jako pomocnik kierownika ekspedycji. Głównym zadanem ekspedycji było, jak i przed tym, rozkopywanie jam w celu wydobycia części meteorytu. Kulik był w dalszym ciągu przekonany, że jamy są lejami meteorytowymi i wyznaczył do rozkopania dwie jamy o średnicy 30 i 10 m.

Czas trwania ekspedycji obliczony był co najmniej na jeden rok. Dlatego zaopatrzenie i żywność ekspedycji zawieziono jeszcze zimą na 56 podwodach, korzystając z sanny (ryc. 17). W kwietniu ekspedycja przybyła na miejsce spadku meteorytu i przystąpiła do pracy. Zaczęto rozkopywać lej o średnicy 30 m, nazwany przez Kulika lejem Susłowa. Lej ten znajdował się na samym wierzchołku wzgórka torfowego i był po brzegi wypełniony wodą, na której utworzyła się już pokrywa z mchu torfowego.

W celu odwodnienia leja przekopano rów prowadzący do sąsiedniego bagna o niższym poziomie wody. Przekop ten miał 34 m długości, 4 m głębokości i 172 m szerokości (ryc. 18). Rowem tym spuszczono wodę z leja Susłowa, resztki zaś wypompowano.

Podczas oczyszczania leja znaleziono w samym środku pień złamanego drzewa. Wskazywało to wyraźnie na naturalne pocho-

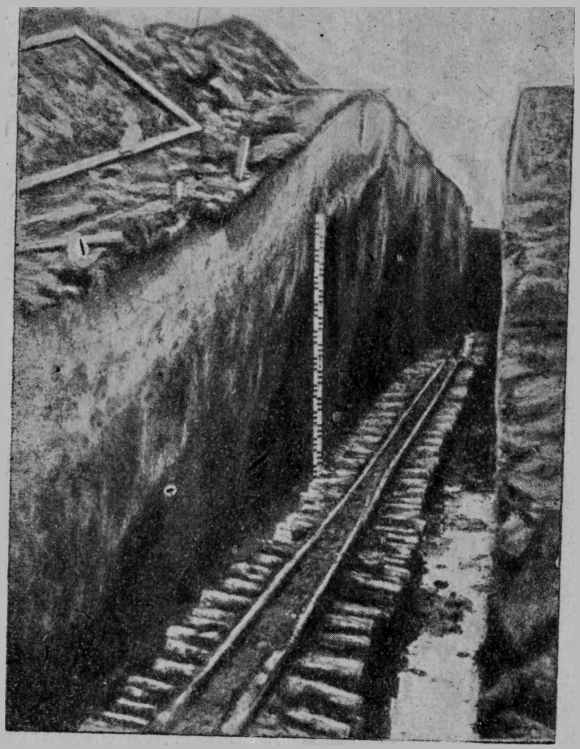
dzenie leja, gdyż jeśli powstałby on na skutek spadku meteorytu to pień nie zdołałby się w żaden sposób zachować w całości. Niemniej prace przy rozkopywaniu leja kontynuowano.

Całkowite rozkopanie leja okazało się sprawą wymagającą dużego nakładu pracy i przekraczało możliwości ekspedycji. Dlatego prace doprowadzono zaledwie do odsłonięcia gliny. Roboty te trwały przez całe lato.

Ryc. 17. Obóz ekspedycji na rzece Podkamiennaja Tunguzka w zimie 1929 r

W połowie lata przybyła na miejsce spadku meteorytu ekipa geodezyjna na czele z geodetą S. Biełych, który wyznaczył trzy punkty astronomiczne w związku z zamierzonym zdjęciem lotniczym rejonu, w którym spadł meteoryt. Jeden punkt wyznaczono na wierzchołku wzgórza położonego w pobliżu Południowego Bagna, nazwanego „Wzgórzem Farringtona" (szerokość 60°54',6, długość 101°56',6), drugi na szczycie góry Szakrama, mniej więcej 18 km na południowy zachód od miejsca spadku meteorytu i trzeci ~ w faktorii Wanowara,

W sierpniu Kulik wraz z gleboznawcą Szumiłową i kilku robotnikami znajdowali się w rejonie faktorii Wanowara. Na miejscu spadku meteorytu pozostał autor niniejszej książki, Afoński i Optowcew.



Ryc. 18. Rów przekopany z leja Susłowa do sąsiedniego bagna

Pewnego razu, podczas jednej z wycieczek po okolicy odkryto resztki zniszczonych składów, tych samych, o których opowiadali Ewenkowie i które były własnością Ewenka Onkoula. Składy znajdowały się w północno-zachodniej części kotliny, na jednym z pa-

górków zwanym „Wyspą Kobajewa". Ze składów tych pozostały jedynie zwęglone słupy zasłonięte młodym lasem i krzewami. Tutaj znaleziono również deski, zwęglone resztki kuźni Ewenka Luczetkana i szczątki rozbitych naczyń do herbaty (bez śladów stopienia). Później, już wiosną następnego roku, Kulik przyprowadził na to miejsce Ewenka Luczetkana, który-potwierdził, że te właśnie składy należały do Ewenka Onkoula. Tak więc znaleziono niezaprzeczalny dowód, że właśnie w tym miejscu spadł meteoryt tunguski.

Na jesieni 1929 roku po częściowym oczyszczeniu leja Susłowa przystąpiono do wierceń, a jednocześnie przedsięwzięto rozkopywanie drugiego, mniejszego leja o średnicy 10 m, znajdującego się obok leja Susłowa.

Rozkopywanie to przerwano jednak wkrótce ponieważ od razu stało się widoczne, że nie da się stwierdzić żadnego naruszenia normalnie leżących warstw ziemi pod dnem leja.

Wiercenie leja Susłowa trwało przez całą jesień i zimę aż do wiosny 1930 r. W jesieni praca ta była wykonywana tylko przez pięciu pozostałych uczestników ekspedycji z Kulikiem i autorem niniejszej książki włącznie. Zimą skład ekspedycji został uzupełniony przez trzech robotników wynajętych we wsi Kieżma nad Angara. W ciągu całego wymienionego okresu udało się przewiercić zaledwie trzy otwory do głębokości 34 m. Jednakowoż prace wiertnicze nie dały również pozytywnych rezultatów; nie tylko nie znaleziono odłamków meteorytu, ale nie zdołano zebrać przekonywających dowodów na to, że lej jest pochodzenia meteorytowego.

Pod koniec lata 1930 r. ekspedycja zakończyła swe prace. Po tym badanie miejsca spadku meteorytu tunguskiego zostało z pewnych przyczyn przerwane na kilka lat. Wznowiono je dopiero w 1937 r. gdy poczyniono przygotowania do zdjęć lotniczych miejsca spadku meteorytu.

W maju 1938 r. Akademia Nauk ZSRR deleguje znowu Kulika powierzając mu naukowe kierownictwo zdjęcia lotniczego. Dokonano (w skali 1 : 4700) tylko zdjęcia środkowej części kotliny i jej najbliższej okolicy w promieniu mniej więcej 10 km. W końcu lata Kulik odbył podróż do miejsca spadku meteorytu w celu odcyfrowania otrzymanych zdjęć lotniczych.

W lecie 1938 r. Kulik udał się znowu na miejsce spadku meteorytu. Przekonawszy się wreszcie, że jamy uważane przezeń za leje meteorytowe są w rzeczywistości tworami naturalnymi, skupił swą uwagę na zbadaniu południowej części kotliny, tzw. „Południowego Bagna". W kierunku tego bagna były zwrócone korzenie powalonych drzew, jak to wykazały zdjęcia lotnicze. Dlatego właśnie Południowe Bagno można było uważać za najbardziej prawdopodobne miejsce spadku meteorytu tunguskiego. Kulik przedsięwziął badanie dna zachodniej części bagna, posiłkując się świdrem błotnym, w celu ustalenia śladów krateru. Nie udało mu się jednak uzyskać jakichkolwiek konkretnych wyników, głównie z powodu krótkiego okresu trwania prowadzonych robót, jak również zastosowania bardzo niedoskonałej metody. Równolegle z pracami Kulika zespół geodetów przeprowadził prace geodezyjne niezbędne do sporządzenia dokładnego planu miejscowości na podstawie uzyskanych zdjęć lotniczych.

Na zdjęciach lotniczych tych odcinków, gdzie powalony las nie był zasłonięty młodymi zaroślami bardzo wyraźnie widać pojedyncze powalone drzewa. Oglądając zdjęcia lotnicze przez stereoskop możemy stwierdzić odśrodkowy kierunek powalonych pni wokół kotliny, a jednocześnie oglądać ocalały las w wąwozach między wzgórzami, tj. tam, gdzie wzgórza te ochroniły go przed działaniem fali wybuchu. Lotnicze zdjęcie nie objęło jednak całego obszaru, na którym las został powalony, gdyż prace zostały przerwane jesienią 1939 na dłuższy czas, z powodu pochmurnej i dżdżystej pogody.

Następna ekspedycja do miejsca spadku meteorytu tunguskiego została zaprojektowana przez Komitet Badania Meteorytów przy Akademii Nauk ZSRR na lato 1941 roku. Wojna przeszkodziła zrealizowaniu tego planu. W r. 1941 Kulik wstąpił jako ochotnik do wojska, a 14 kwietnia 1942 roku zginął.

Po zwycięskim zakończeniu Wielkiej Wojny Narodowej Komitet Badania Meteorytów zaprojektował wysłanie następnej ekspedycji w celu zbadania miejsca i okoliczności spadku meteorytu tunguskiego. Ale 12 lutego 1947 r. nastąpił spadek drugiego niezwykłego meteorytu, który otrzymał nazwę sichote-alinskiego. Zba-

danie miejsca i warunków spadku tego niezwykłego meteorytu odciągnęło siły i fundusze Komitetu Badania Meteorytów i na kilka lat odroczyło projektowane prace badawcze nad spadkiem meteorytu tunguskiego.

6. WYNIKI I ZADANIA BADAŃ METEORYTU TUNGUSKIEGO

Pomimo że zbadanie miejsca spadku meteorytu tunguskiego nie zostało zakończone, można uważać, że okoliczności, w jakich nastąpił spadek i wszystkie zasadnicze zjawiska z nim związane, zostały naukowo wyjaśnione.

Już w r. 1932 I. Astapow ustalił niezbicie, że meteoryt tunguski leciał w przestrzeni międzyplanetarnej na spotkanie Ziemi. Wskutek tego jego prędkość początkowa wyniosła około 50—60 km/sek. Przy takiej prędkości meteoryt przeciętnej wielkości lub nawet wielokrotnie większy nie dotarłby do powierzchni Ziemi, tylko rozpyliłby się całkowicie w atmosferze z powodu bardzo silnego oporu powietrza.

Ponieważ meteoryt tunguski dotarł jednak do powierzchni Ziemi i przy zderzeniu nastąpił wybuch, o czym świadczą zapisy sejsmografów i barografow, jak również powalony las w miejscu upadku, jest rzeczą niewątpliwą, że początkowa jego masa była olbrzymia.

Obliczenia przeprowadzone przez członka Akademii W. G. Fiesjenkowa wykazały, że początkowa masa meteorytu musiała wynosić kilka milionów ton. Do powierzchni Ziemi mogła jednak dotrzeć stosunkowo nieznaczna jego część, zasadnicza zaś masa rozpyliła się w atmosferze. Jak się przekonamy później, meteoryt sichote-aliński wtargnął w atmosferę ziemską ze znacznie mniejszą prędkością niż tunguski, a mianowicie z prędkością 14 km/sek., i początkowa jego masa wynosiła ok. 1500—2000 t. Tymczasem do powierzchni Ziemi dotarła masa ważąca zaledwie 100 t, tj. ok. 10% masy początkowej, pomimo, iż był to meteoryt żelazny. Meteoryt sichote-aliński nie dosięgnąłby powierzchni Ziemi i rozpyliłby się w atmosferze zupełnie, gdyby początkowa jego prędkość była taka sama, jak prędkość meteorytu tunguskiego.

Rozpylenie się w atmosferze znacznej części masy meteorytu tunguskiego potwierdza fakt nastania jasnych nocy przez kilka najbliższych dni po spadku meteorytu. Takie rozjaśnienie spowodowało właśnie rozpylenie olbrzymiej ilości substancji meteorycznej. Rozpylone cząstki rozproszyły się szybko w górnych warstwach atmosfery nad olbrzymim obszarem. Pył ten odbijał promienie słońca, które w porze letniej nie chowa się głęboko za horyzont i spowodował jasne noce oraz pojawienie się srebrzystych obłoków.

Przypuszczając, że rozpylenie się w atmosferze ziemskiej tak znacznej masy meteorytu tunguskiego powinno było odbić się na przezroczystości atmosfery, W. Fiesjenkow poddał niedawno badaniu pomiary przeprowadzone przez specjalną stację w Kalifornii, USA. Stacja ta zaczęła prowadzić badania nad przezroczystością atmosfery na krótko przed spadkiem meteorytu tunguskiego. W rezultacie Fiesjenkow ustalił, że mniej więcej od połowy lipca 1908 r., tj. w dwa tygodnie po spadku meteorytu, aż do drugiej połowy sierpnia trwało znaczne zmniejszenie się przezroczystości atmosfery. W następnych zaś latach, w tych samych miesiącach zjawiska takiego nie zaobserwowano. Następne takie zmniejszenie przezroczystości zanotowano znów po wybuchu wulkanu Katmaj na Alasce w r. 1912. Nie ulega wątpliwości, że zmniejszenie przezroczystości atmosfery w lipcu 1908 r. spowodowało rozprzestrzenienie się w górnych warstwach atmosfery najdrobniejszego pyłu meteorycznego.

W. Fiesjenkow napisał z tego powodu, co następuje: „Ponieważ mamy do dyspozycji dane pochodzące z jednej tylko stacji, określenie masy meteorytu jest niemożliwe. Jednakże fakt, że zmniejszenie się przezroczystości powietrza po katastrofalnym spadku meteorytu, które po upływie dwóch tygodni objęło Kalifornię i utrzymywało się tam około miesiąca, że rozprzestrzeniło się zatem na wielkie obszary globu ziemskiego, pozwala określić wartość masy tego meteorytu na co najmniej kilka milionów ton".

Co się jednak stało z pozostałością meteorytu tunguskiego, który przecież dotarł do powierzchni Ziemi? Ta reszta stanowiąca nie-

znaczną cząstkę meteorytu uderzyła o powierzchnię ziemi z prędkością co najmniej 4—5 km/sek., ponieważ tylko w tym przypadku mógł nastąpić wybuch o tak wielkiej mocy. Według tymczasowych obliczeń I. Astapowa siłę wybuchu można ocenić w przybliżeniu na 10^{20} ergów/sek., co się równa sile eksplozji przy erupcji słynnego wulkanu Krakatau w r. 1883. Po takim wybuchu mogły z meteorytu tunguskiego zachować się jedynie nieznacznej wielkości odłamki, rozsiane po tajdze w pobliżu miejsca upadku, tj. dookoła kotliny. Ale mogło też nie zachować się w ogóle nic, zwłaszcza, jeśli meteoryt był kamienny. Dlatego próby znalezienia drobnych choćby odłamków meteorytu okazały się zupełnie bezowocne. Jeśli nawet rozproszyły się po tajdze drobne odłamki meteorytu, odnalezienie ich po upływie dwudziestu-czterdziestu lat od chwili spadku jest rzeczą niemożliwą.

Częściowe zbadanie obszaru powalonego lasu, przynajmniej w jego części południowej i południowo-wschodniej, wykazało, jak już zaznaczyliśmy, że las został całkowicie powalony tylko w miejscach otwartych. I odwrotnie, na wszystkich zasłoniętych odcinkach — w wąwozach — zachował się na pniu i w niektórych miejscach rośnie nawet dalej. Fakt ten można wytłumaczyć tylko tym, że wybuch meteorytu nastąpił przy zderzeniu z powierzchnią ziemi. Tylko w tym przypadku fala wybuchu mogła nie uszkodzić drzew[7] zasłoniętych wzgórzami. Nie miałoby to miejsca, gdyby meteoryt wybuchł na pewnej wysokości ponad ziemią. Powyższe przypuszczenia potwierdza również to, że w niektórych miejscach, np. między pagórkami wzdłuż koryta rzeki Makirty, na południe od miejsca spadku meteorytu, można na zboczach wzgórz zobaczyć drzewa o koronach ściętych przez falę wybuchu. Drzewa te stoją jak gdyby podcięte nożycami, przy czym ocalałe pnie stają się coraz to krótsze, w miarę zbliżenia się do wierzchołków wzgórz. Na samych zaś szczytach wzgórz drzewa leżą już z korzeniami wywróconymi na zewnątrz.

Przy badaniu zdjęć lotniczych spostrzeżono, że w niektórych miejscach, w niedużej nawet odległości od miejsca spadku meteorytu, niektóre kępy drzew ocalały nawet w miejscach otwartych,

nie zasłoniętych. A tuż obok tych kęp widać odcinki lasu kompletnie powalonego. Wskazuje to na skomplikowany charakter działania fali wybuchu. Ostanie się lasu na wewnętrznych stokach pagórków okalających kotlinę, tj. w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca spadku (wybuchu), można wytłumaczyć tym, że eksplozja meteorytu nastąpiła na pewnej głębokości pod przebitą górną warstwą ziemi. Dlatego wokół miejsca wybuchu mogła się utworzyć martwa strefa w kształcie pierścienia.

Podczas spadku i wybuchu meteorytu tunguskiego musiał niewątpliwie utworzyć się krater; mógł on być niewielkich stosunkowo rozmiarów, o średnicy wynoszącej być może kilkadziesiąt lub kilkaset metrów. Meteoryt ten spadł jednak na nizinę wypełnioną zmarzniętą gliną miąższości kilkudziesięciu metrów, pokrytym z wierzchu półmetrową warstwą torfu. Zamarznięty grunt jest, jak się okazuje, bardziej odporny na działanie eksplozji od najtwardszych skał. Dlatego utworzony pierwotnie niewielki krater zapełnił się wodą wskutek topnienia gliny już w ciągu pierwszego lata. Woda zatopiła również całą nizinę na przestrzeni 3—5 km i utworzyła obecne Bagno Południowe. W ten sposób można wytłumaczyć fakt, że w miejscu spadku meteorytu utworzyło się ogromne bagno i że nie powstał typowy krater meteorytowy. Zadania, jakie stawiają sobie uczeni radzieccy — to całkowite wyświetlenie okoliczności spadku meteorytu tunguskiego. Najważniejszym zadaniem w chwili obecnej jest zbadanie całego obszaru powalonego lasu w celu ustalenia jego granic i zarysów a jednocześnie — najbardziej dokładne zbadanie na miejscu charakteru wybuchu przez oględziny całego terenu i ścisły opis zjawisk „wychwytywania", „cieni" itp. Prócz tego, bardzo jest ważne by geomorfolodzy, hydrogeolodzy i inni specjaliści poddali szczegółowemu badaniu Południowe Bagno w celu znalezienia w nim śladów eksplozji lub nawet resztek krateru meteorytowego utworzonego podczas wybuchu. Tylko wtedy zdołamy ostatecznie i wszechstronnie ustalić okoliczności towarzyszące spadkowi meteorytu tunguskiego, jak również w sposób niezawodny określić potęgę wybuchu, jaki miał miejsce przy jego spadku.

7. SPADEK METEORYTU SICHOTE-ALIAŃSKIEGO

W mroźny, słoneczny poranek dnia 12 lutego 1947 r. około godz. 10 min. 36 według czasu dekretowego spadł w Nadmorskim Kraju inny olbrzymi meteoryt. Spadkowi jego towarzyszyły efektowne zjawiska świetlne i dźwiękowe, jakkolwiek nie tak potężne, jak podczas spadku meteorytu tunguskiego.

Mieszkańcy Kraju Nadmorskiego byli świadkami, jak z północy na południe przemknęła po niebie z wielką szybkością kula ognista zakończona różnokolorowym ogonem sypiącym iskry. Pozostawiła ona na niebie ślad w kształcie szerokiej, kłębiącej się smugi dymnej. Ślad był widoczny w przeciągu wielu godzin. Stopniowo wykrzywiał się i przybierał formę zygzaka. Przesuwając się po niebie i rozrywając na strzępy znikł dopiero pod wieczór. Prawie natychmiast po zniknięciu bolidu, który był widoczny nie dłużej niż przez 10 sekund, rozległy się silne detonacje, podobne do wybuchów lub strzałów z ciężkich dział. W ślad za detonacjami dał się słyszeć łomot i grzmoty.

Niektórzy naoczni świadkowie widzieli, jak kula ognista rozpadła się na części.

Leśniczy F. Aszłaban, znajdujący się w chwili spadku metorytu w odległości około 15—18 km od miejsca, w którym meteoryt spadł zauważył, że drzewa zaczęły nagle rzucać dodatkowe, szybko przesuwające się cienie. Gdy podniósł głowę, ujrzał lecącą po niebie, oślepiająco jasną kulę ognistą.

Inny naoczny świadek, nauczyciel astronomii z Władywostoku A. Mizerów, zakomunikował, że w chwili spadku meteorytu znajdował się w mieszkaniu we wsi Iwanowicze, leżącej w odległości 60 km na południowy wschód od miejsca spadku meteorytu. Nie widział bolidu, lecz spostrzegł, że w pokoju, w którym się znajdował, zrobiło się nagle jasno, jak gdyby się coś zapaliło. Gdy wybiegł z domu, zobaczył na północnym zachodzie szeroki, jakby kłębiący się ślad bolidu unoszący się prawie pionowo w kształcie olbrzymiego słupa. Wierzchołek jego był białawy, część środkowa zabarwiona na różowo, dolna zaś część miała ciemnoniebieska wy odcień. Ślad ten wyglądał jak słup dlatego, że świadek znajdował

się w punkcie leżącym na przedłużeniu trasy bolidu. Wkrótce ślad zaczął się wykrzywiać, następnie przybrał typowy, zygzakowaty kształt.

Świadek naoczny N. Kusznarow, znajdujący się w odległości zaledwie 7 km na południe od miejsca spadku meteorytu zauważył najpierw wysoko na niebie „silny blask i oślepiające światło", które było jaśniejsze od słońca i raziło wzrok. Następnie ukazało się na niebie czarne pasmo gęstego „dymu", które gwałtownie opadało ku linii widnokręgu. Gdy smuga ta skryła się za lasem, ukazał się nad nim obłok czarnego „dymu", który jak gdyby uniósł się z dołu w górę. W ślad za tym rozległ się wybuch, który spowodował wstrząs ziemi, drżenie domu i brzęczenie szyb w oknach. Po wybuchu dał się słyszeć trzask przypominający strzały z karabinu maszynowego.

Świadek W. Tajmanow znajdujący się w odległości 9 km na południe od miejsca spadku meteorytu zauważył, jak lecąca po niebie kula ognista rozpadła się na kilka rozżarzonych do białości kawałków.

I. Zagląda znajdujący się w tym samym punkcie najpierw zauważył wysoko na niebie kulę ognistą równie jasną jak słońce. Potem, gdy ta lecąca po niebie kula ognista rozpadła się na części ukazało się na niebie ciemne pasmo „dymu" o czerwonaworóżowym odcieniu. Po zniknięciu bolidu rozległ się głośny wybuch i odczuto wstrząs ziemi, zadrżały budynki i zabrzęczały szyby w oknach.

Ciekawe szczegóły zakomunikował I. Radziejewski, który w chwili spadku meteorytu znajdował się nieco dalej niż poprzednio wymienieni świadkowie. Początkowo zauważył blask podobny do błyskawicy, następnie ukazała się na niebie świecąca kula ognista, której jasność można by porównać z jasnością łuku elektrycznego. Za kulą ciągnął się ogon o czerwonawym odcieniu. Kula pozostawiła na trasie lotu białą smugę przypominającą śnieżny obłok, który w kształcie łuku opuszczał się ku widnokręgowi. Po upływie około dwóch minut po spadku meteorytu rozległ się silny wybuch, od którego zadrżały szyby w oknach. Po następnych dwóch minu-

tach rozległy się słabsze detonacje przypominające strzelaninę z karabinu maszynowego.

Monter W. Jeftiejew znajdujący się w chwili spadku meteorytu na słupie telefonicznym odczuł podczas wybuchu prąd elektryczny w przewodach, pomimo, że linia była wyłączona.

W mieście Imanie miejscowy artysta malarz Miedwiediew siedział w chwili spadku meteorytu koło swego domu i malował. Nagle, wprost przed nim, wysoko na niebie ukazało się jakieś ciało ogniste z kolorowym ogonem, pędzące z wielką szybkością i zmierzające wprost w dół ku linii horyzontu. Malarz natychmiast pod świeżym wrażeniem namalował obraz przedstawiający spadek meteorytu. Obraz ten (ryc. 19) został później nabyty od Miedwiediewa przez ekspedycję Komitetu Badań Meteorytów przy Akademii Nauk ZSRR i obecnie znajduje się na wystawie meteorytowej w Muzeum Mineralogicznym Akademii Nauk ZSRR.

Szczególnie potężne zjawiska towarzyszące spadkowi meteorytu zaobserwowano we wsiach położonych wzdłuż trasy lotu meteorytu. Świadkowie zamieszkujący te miejscowości opowiadali, że w chwili spadku meteorytu drzwi otwierały się na oścież, szyby wypadały z okien, sypał sie tynk z sufitów, z płonących pieców buchał płomień i wysypywał się popiół z głowniami. Niemniej, nawet stosunkowo niezbyt oddalona władywostocka stacja sejsmiczna nie zarejestrowała żadnego wstrząsu sejsmicznego, jak to miało miejsce podczas spadku meteorytu tunguskiego. Świadczy to o tym, że zderzeniu się meteorytu z powierzchnią ziemi nie towarzyszył wybuch i trzęsienie ziemi, jak przy spadku meteorytu tunguskiego. Prócz tego, jak to później ustalono, obszar rozprzestrzenienia się zjawisk świetlnych i dźwiękowych towarzyszących spadkowi meteorytu sichote-alińskiego nie przekroczył 300—400 km.

Miejsce spadku meteorytu sichote-alińskiego wykryli po upływie kilku dni dwaj lotnicy Fircykow i Agiejew. Obserwowali oni bolid w kształcie kuli ognistej, wielkości księżyca, lecący pod dużym kątem do horyzontu, Bolid znikł za szczytami wzgórz, a trasę jego lotu znaczył szeroki ślad „dymny". Przelatując w trzy dni później nad tajgą zauważyli z wysokości 700 m świeżo utworzone leje pomiędzy drzewami. Leje odznaczały się wyraźnie pomiędzy

Rys. 19. Spadek meteorytu sichote-alińskiego (według obrazu art. mai Miedwiediewa)

połamanymi drzewami na jasnym, białym tle śniegu, znaczonym żółtobrunatną barwą rozrzuconej gliny i skał.

W celu zbadania miejsca spadku meteorytu Dalekowschodni Urząd Geologiczny wysłał z Chabarowska ekspedycję na samolotach w składzie geologów W. Jarmoluka, G. Tatarinowa i W. Onichimowskiego.

Dnia 21 lutego samoloty ekspedycji wylądowały w tajdze na niewielkiej polanie w odległości 11 km na południe od miejsca spadku meteorytu. Przed lądowaniem geologowie latali nad miejscem spadku i z samolotów zauważyli 13 lejów meteorytowych różnej wielkości.

Pomimo niewielkiej odległości od miejsca lądowania ekspedycja nie mogła od razu dotrzeć do miejsca spadku meteorytu przez gęstą, pokrytą śniegiem i trudną do przebycia z powodu zasp śniegowych dziką tajgę ussuryjską. Cały dzień 22 lutego geologowie brnęli obładowani ciężkimi plecakami przez tajgę, nie zdołali jednak odnaleźć lejów meteorytowych i zmuszeni byli przenocować w namiocie. Następnego dnia ponowili poszukiwania, jednak i ten dzień nie przyniósł pożądanych wyników. Dopiero 24 lutego osiągnęli wreszcie cel.

W. Jarmoluk pisał w swym sprawozdaniu: „Już w odległości kilometra od miejsca spadku meteorytu zaczęliśmy odczuwać jego bliskość. W śniegu zaczęliśmy napotykać odłamki skał rozrzucone przez meteoryt i ścięte gałęzie drzew. Bliżej lejów natrafialiśmy w śniegu na odłamki skał ważące po kilkadziesiąt kilogramów. Śnieg dotychczas miękki zamienił się w zbitą twardą skorupę lodową wytrzymującą ciężar ciała ludzkiego. Był wymieszany z piagkiem, gliną, małymi i dużymi odłamkami kamieni i odpadkami drzewnymi. Wreszcie przed nami ukazał się ogromny lej. . .*

Tego samego dnia na miejsce spadku meteorytu przybył z przeciwległej strony (od północy) F. Szypulin, geolog z Dalekowschodniego Oddziału Akademii Nauk ZSRR. Ten dzielny uczony sam 'eden wyjechał pociągiem z Władywostoku do stacji Burlit. Wziąwszy miejscowego myśliwego za przewodnika szedł piechotą od wsi do wsi wypytując naocznych świadków spadku meteorytu, któ rych zeznania skrupulatnie zapisywał. Kierując się wskazówkami

świadków o trasie lotu meteorytu, Szypulin stopniowo zbliżał się do miejsca spadku. Droga jego była niezwykle uciążliwa. Musiał przejść przeszło 100 km przez dziką tajgę, przeważnie po bezdrożach, przez głęboki śnieg.

Ryc. 20. Jeden z dużych lejów meteorytowych zasypany śniegiem

W ciągu całego dnia pobytu na miejscu spadku meteorytu czterej geologowie przeprowadzili pobieżne badanie. Naliczyli około 30 lejów meteorytowych i sporządzili schematyczny plan ich rozmieszczenia. Na wewnętrznych zboczach dużych lejów geologowie znaleźli odłamki meteorytu żelaznego rozrzucone między rozbitymi kawałkami skał. Stwierdzili oni również zniszczenia wokół wielkich lejów, spowodowane przez spadek dużych odłamków meteorytu.

Dnia 26 lutego geologowie opuścili miejsce spadku meteorytu i po przybyciu do Chabarowska i Władywostoku powiadomili Komitet Badań Meteorytów przy Akademii Nauk ZSRR o wynikach przeprowadzonego przez nich badania miejsca spadku meteorytu. Doniesienia te posłużyły za podstawę do pośpiesznego zorganizowania przez Komitet Badania Meteorytów specjalnej ekspedycji mającej na celu zbadanie spadku meteorytu nazwanego sichotealińskim.

8. BADANIE SPADKU METEORYTU SICHOTE-ALINSKIEGO

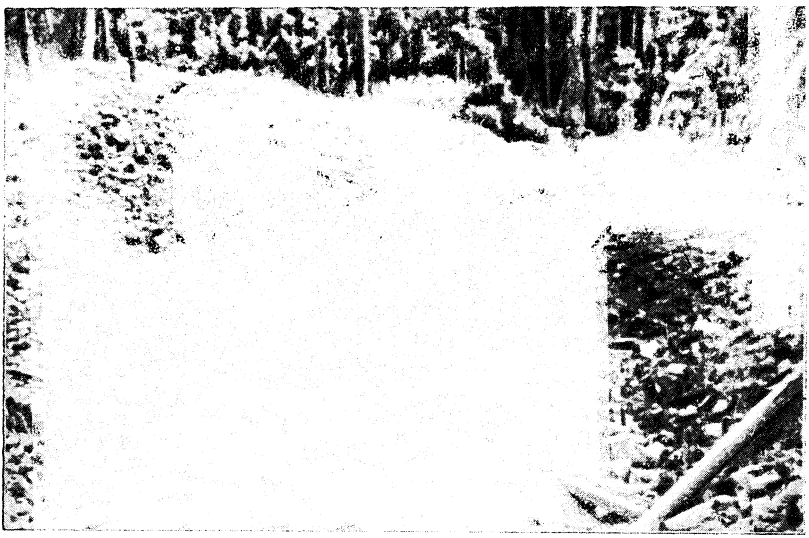
W marcu 1947 r. przybyła do Władywostoku pierwsza sichote-alińska ekspedycja meteorytowa z członkiem Akademii W. Fiesjenkowem na czele. Tutaj zapoznała się szczegółowo z materiałami naukowymi dotyczącymi spadku meteorytu zgromadzonymi przez geologów. Następnie przy współpracy Dalekowschodniego Oddziału Akademii Nauk ZSRR, jak również Nadmorskiego Rejonowego Komitetu WKP(b) i Krajowego Komitetu Wykonawczego poczyniono przygotowania do wyjazdu w tajgę. W skład ekspedycji uzupełnionej przez pracowników filii wchodziły następujące osoby: kierownik ekspedycji W. Fiesjenkow, zastępca kierownika ekspedycji E. Krinow, starsi pracownicy naukowi: geolog F. Szypulin-i geofizyk E. Fiesjenkowa, młodsi pracownicy naukowi: astronomowie N. Diwari i M. Karimow oraz laboranci G. Malinkin, S. Konoplew i W. Berlizow. We Władywostoku został również uzupełniony ekwipunek i żywność dla ekspedycji.

Wiosna 1947 r. opóźniła się bardzo w Kraju Nadmorskim. W końcu marca przeszła nad tym krajem zamieć, której towarzyszył obfity opad śniegu. Grubość pokrywy śniegowej osiągnęła przeszło metr; wskutek tego wyjazd ekspedycji do tajgi odroczono. W połowie kwietnia do okręgu gdzie spadł meteoryt wydelegowano N. Diwari, M. Karimowa, W. Berlizowa i S. Konoplewa w celu zwiedzenia różnych osiedli, wybadania naocznych świadków spadku i zebrania niezbędnego materiału obserwacyjnego dotyczącego lotu meteorytu w atmosferze ziemskiej i obliczenia jego orbity w przestrzeni międzyplanetarnej.

22 kwietnia wyjechali pociągiem z Władywostoku do Imanu pozostali uczestnicy ekspedycji. W Imanie załadowano na dwie ciężarówki cały ekwipunek i żywność ekspedycji i 24 kwietnia ruszono w tajgę. Początkowo droga wiodła prawie równolegle do rzeki Iman w kierunku południkowym. Pod wieczór tegoż dnia ekspedycja dotarła do przeprawy przez rzekę, odległą o blisko 90 km od miasta Iman. Przeprawiwszy się łódkami na przeciwległy brzeg, członkowie ekspedycji przenocowali w[r] niewielkiej wiosce Murowka. Następnego dnia, po załadowaniu dobytku na

trzy furmanki, ekspedycja wyruszyła dalej i pod wieczór przybyła do wsi Nowopołtawka — ostatniego zamieszkałego punktu. Od tego miejsca zaczynała się tajga ussuryjska, tak zajmująco opisana przez utalentowanego podróżnika, badacza przyrody i pisarza W. Arsjeniewa, który przez wiele lat badał Kraj Ussuryjski wraz ze swym oddanym towarzyszem podróży Goldem Dersu Uzała.

Z Nowopołtawki ekspedycja z objuczonymi końmi wkroczyła pieszo do tajgi, gdzie miejscami leżaj jeszcze głęboki śnieg. Droga okazała się bardzo ciężka i chwilami wydawała się nie do przebycia z powodu gęstych zarośli i chrustu. Często natrafiano na bagna i grzęzawiska, ciągnące się na przestrzeni kilku kilometrów. Trzeba było w bród przechodzić wartkie, wezbrane na wiosnę rzeczki i strumienie. Ludzie szli po kolana w wodzie, konie ślizgały się

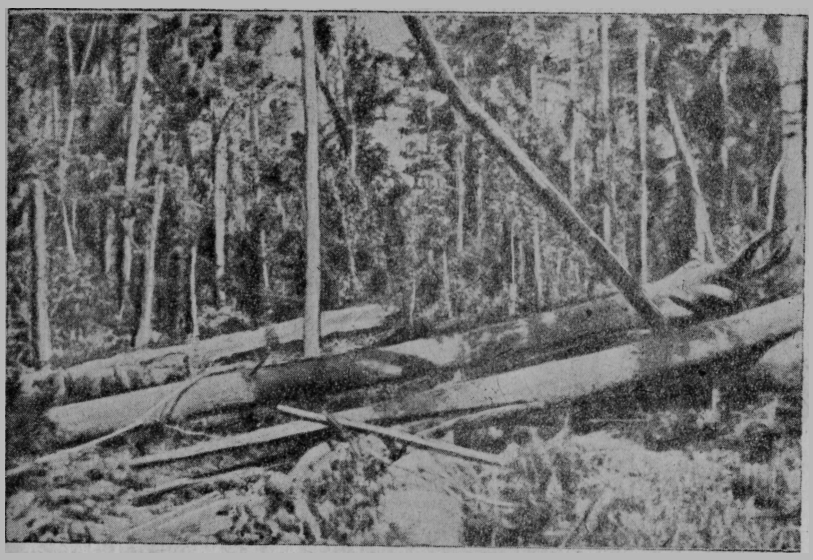


Rys, 21. Część największego leja meteorytowego o średnicy 28 m. Na dnie leja — geolog L. N. Chietczikow

i przewracały, ładunki obrywały się i spadały. Trzeba było często zatrzymywać się, by na nowo objuczyć konie. Dopiero pod wieczór ekspedycja dobrnęła do baraku drwali, pokonując w ciągu całego dnia zaledwie 18 km drogi.

Następnego dnia, 27 kwietnia, ekspedycja wyruszyła w ostatni marsz. Droga prowadziła przez zupełnie dziewiczą tajgę. Objuczone konie z trudem przedzierały się między drzewami oplecionymi lianami, wymijając obalone drzewa i gęste zarośla kłującej aralii i innych krzewów. Miejscami trzeba było siekierami torować ścieżki dla koni. Mniej więcej na kilometr od miejsca spadku meteorytu zaczęto natrafiać na kamienie wyrzucone z lejów meteorytowych.

Pod wieczór 27 kwietnia ekspedycja przybyła na miejsce spadku meteorytu.



Ryc. 22. Powalone drzewa koło dużego leja

Tutaj oczom naszym przedstawił się uderzający widok ogromnego leja o średnicy ponad 20 m a głębokości 3—4 m. Wewnętrzne zbocza leja były zasypane odłamkami skał — porfirów i kawałkami gliny (ryc. 21). Odłamki skały wraz z gliną wyrzucone z leja były rozproszone w promieniu kilkudziesięciu metrów wokół jego krawędzi. Drzewa naokoło leja leżały z wywróconymi na zewnątrz korzeniami ułożone względem leja promieniście (ryc. 22). Oca-

lałe na pniu drzewa stały jak gigantyczne słupy telegraficzne z obłamanymi konarami i wierzchołkami (ryc. 23). Wokół leja piętrzyły się odłamki pni i sęków i leżały całe warstwy cedrowego igliwia. Na gałęziach drzew można było dostrzec zawieszone kawałki drewna.

Ryc. 23. Obłamane wierzchołki drzew koło dużego leja

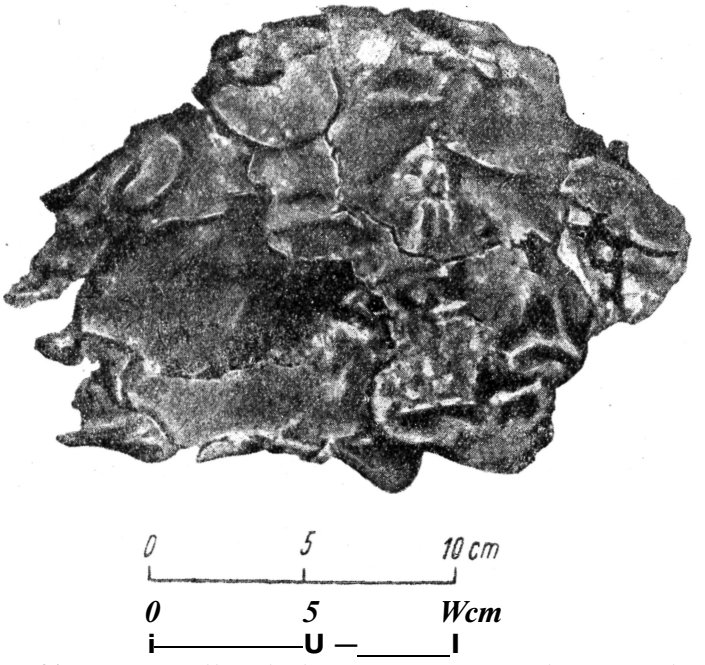
Przechodząc od leja do leja zlustrowaliśmy znaczną część pola kraterów, które uległo spustoszeniu. Pomiędzy dużymi lejami spotykaliśmy także całkiem małe o średnicy do pół metra.

Podczas pierwszej nocy po naszym przybyciu na miejsce spadku meteorytu spadł śnieg z deszczem, który nie przestawał padać przez cały następny dzień. To znacznie utrudniło nam badanie. Wkrótce jednak ustaliła się słoneczna pogoda i przystąpiliśmy do wytężonej pracy. Część członków ekspedycji zajęła się opisywaniem dużych lejów i teodolitowym zdjęciem geodezyjnym miejscowości, autor zaś niniejszej pracy wraz z laborantem G. Malinki-

nem opisywaniem średnich i małych lejów oraz badaniem tylnej części elipsy rozrzutu.

Jednocześnie wszyscy członkowie ekspedycji badali pole kraterów, odkrywali nowe leje meteorytowe i skrupulatnie oglądali i opisywali uszkodzenia tajgi wywołane przez spadek meteorytu.

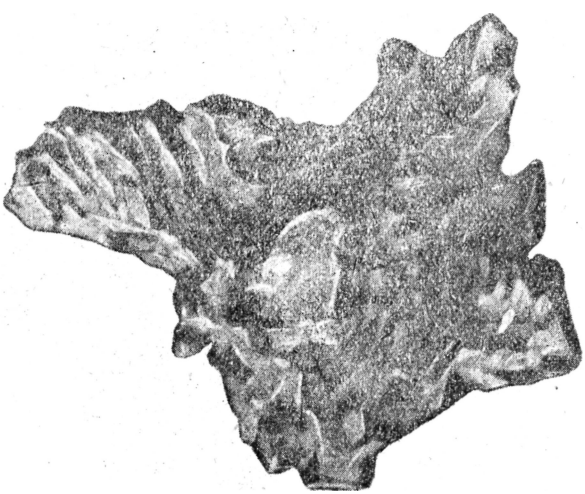
Jeszcze we Władywostoku, przed wyjazdem do tajgi, można było na podstawie materiałów zebranych i przekazanych ekspedycji przez F. Szypulina i innych geologów wnioskować, że meteoryt sichote-aliński spadł na ziemię nie całą swą bryłą, lecz w postaci deszczu meteorytowego. Duże części meteorytu utworzyły podczas spadku leje, drobne zaś — rozproszyły się po tajdze, w tylnej części elipsy, na północ od pola kraterów, w tym kierunku, skąd leciał meteoryt.



Ryc. 24. Typowy odłamek dużego meteorytu znaleziony w leju Widać poszarpane i pogięte krawędzie i pęknięcia na odłamku.

Już w pierwszym dniu poszukiwań, 29 kwietnia, autor znalazł pojedynczy meteoryt ważący **11,1 kg z niewielkimi nadłamaniami.**

jakkolwiek uczestnicy ekspedycji zgromadzili już przed tym duża liczbę odłamków meteorytowych, rozsianych na zboczach lejów i w okolicy, odłamki te były małymi cząstkami dużych meteorytów rozbitych przy upadku i uderzeniu o skałę. Odłamki były bardzo zdeformowane, brzegi powyginane, a na powierzchni widniały liczne rysy i ślady od poślizgu, które się utworzyły przy uderzeniu o skały; były one pokryte warstwą rdzy oraz ubrudzone gliną (ryc. 24). Nie udało się jak dotąd znaleźć na odłamkach żadnych śladów pierwotnych powierzchni zewnętrznych. Dlatego nie znaliśmy jeszcze zewnętrznego wyglądu meteorytów pojedynczych. Znaleziony przez autora pojedynczy meteoryt pokryty był ze wszystkich stron typową skorupą stopioną barwy niebieskoszarej.



Ryc. 25. Pojedynczy, meteoryt pokryty stopioną skorupą o wyraźnie zarysowanej rzeźbie regmagliptowej

Na powierzchni była wyraźnie widoczna rzeźba regmagliptowa (ryc. 25). W ten sposób zostały odkryte dwa zdecydowanie odrębne typy meteorytów: pojedyncze (indywidualne) i odłamkowe.

Tego samego dnia F. Szypulin znalazł jeszcze większy pojedynczy meteoryt. W ciągu następnych dni znajdowaliśmy codziennie

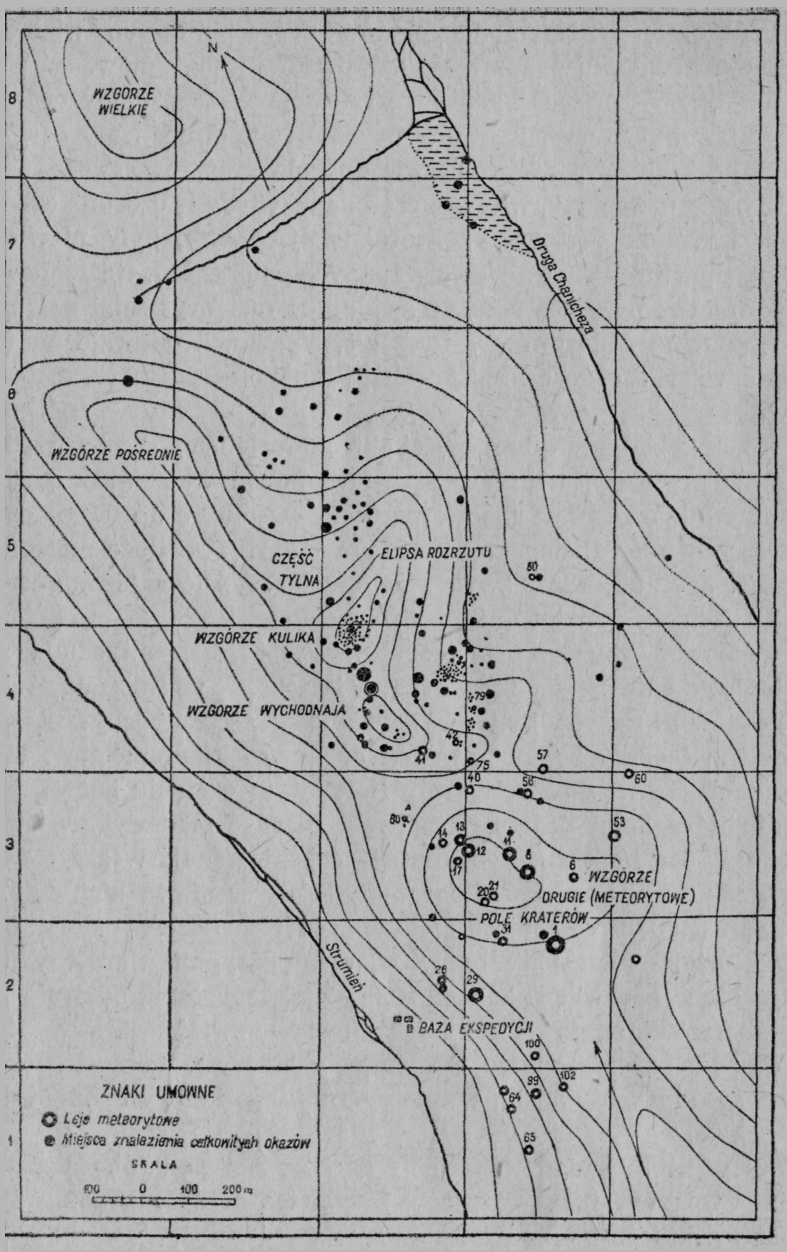
dziesiątki pojedynczych meteorytów najrozmaitszych wielkości, ważących od kilku gramów do dziesiątków kilogramów.

Badając tylną część elipsy rozrzutu przemierzaliśmy codziennie tajgę wytyczonymi z góry trasami, przetrząsaliśmy coraz to nowe odcinki. W przeciwieństwie do pola kraterów, gdzie spadły duże bryły meteorytu, w tylnej części elipsy tajga pozostała całkiem nieuszkodzona. Meteoryty, które tutaj spadły, były niewielkie i przy upadku nie spowodowały żadnych spustoszeń. Gdzieniegdzie tylko można było dostrzec, że spadający meteoryt ściął gałąź lub zaczepił o pień drzewa. W takich przypadkach udawało nam się całkiem ściśle określić kierunek spadku poszczególnych meteorytów.

Podczas badania tylnej części elipsy musieliśmy często przedzierać się przez gęste zarośla krzewów, pokonywać zwały chrustu, wspinać się na strome zbocza wzgórz. I w takiej oto trudno dostępnej tajdze zbieraliśmy pojedyncze meteoryty. Nieduże meteoryty, ważące 1—2 kg, leżały zwykle z wierzchu na ściółce leśnej, na starych liściach, małych gałązkach.

Ponieważ zbieranie meteorytów rozpoczęto natychmiast po zniknięciu śniegu, gdy młoda trawa jeszcze się nie ukazała, a gałęzie drzew i krzewów były jeszcze obnażone, z łatwością dostrzegaliśmy meteoryty leżące nawet w odległości kilku metrów. Miały one niebieskawoszarą, czasem o fioletowym odcieniu barwę, przypominającą kolor dojrzałych śliwek. Dlatego meteoryty wyraźnie odcinały się na tle żółtobrunatnej ściółki leśnej. Większe okazy ważące po kilkadziesiąt kilogramów leżały w niewielkich dołkach, czasem całkiem odsłonięte i dlatego od razu rzucały się w oczy. Czasem takie meteoryty były z wierzchu zasypane warstwą ziemi. W takich jednak wypadkach dołki z meteorytami udawało nam się z łatwością *wykryć,* gdyż były zasypane świeżą warstwą ziemi. Nierzadko natrafialiśmy na takie meteoryty, które utworzyły przy upadku mały dołek, wyskoczyły z niego i znów upadły gdzieś w pobliżu.

W wyniku badań określono zachodnią i południową granicę elipsy rozrzutu i nakreślono w przybliżeniu jej wschodnią i północną granicę.



Ryc. 26, Schemat elipsy rozrzutu

W tylnej części elipsy zebrano ogółem 257 pojedynczych meteorytów. Pomiędzy nimi znalazły się również okazy unikalne. Znaleziono np. meteoryt z typową stopioną skorupą i o drobniutkich regmagliptach, widocznych tylko za pomocą lupy. Meteoryt ten waży zaledwie 0,18 g, wielkość jego wynosi 3X4X5 mm. Jest to najmniejszy meteoryt żelazny na świecie (ryc. 27).

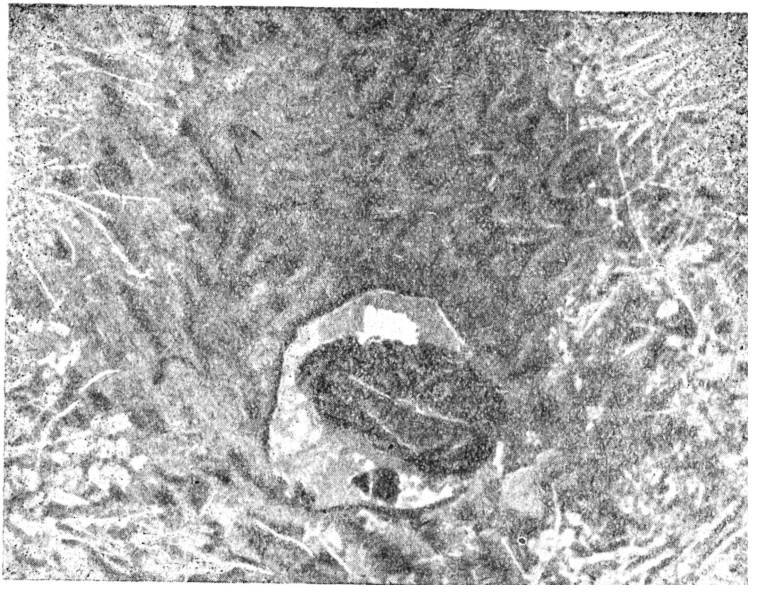
Wszystkie meteoryty zostały według wagi posegregowane w następujący sposób: do 1 g — 7 okazów, od 1 do 10 g —- 39, od 10 do 100 g — 73, od 100 do 1000 g — 58, od 1 do 5 kg — 46, od 5 do 10 kg — 18, od 10 do 50 kg — 46, od 50 do 100 kg — 5 i powyżej 100 kg — 1. Prócz tego kilka dużych meteorytów, a wśród nich jeden ważący około 300 kg pozostawiono w tajdze z powodu trudności w odstawieniu ich do bazy ekspedycji. Członkowie ekspedycji wynosili meteoryty w plecakach, przy czym dość często trzeba było nieść przez tajgę meteoryty ważące łącznie kilkadziesiąt kilogramów.

Ryc. 27. Najmniejszy meteoryt pojedynczy ważący 0,18 g o wymiarach 3×4×5 mm

Ogólna waga wszystkich zebranych i dostarczonych do Moskwy meteorytów pejedynczych wynosiła 1,7 t. Nie ulega jednak wątpliwości, że duża liczba meteorytów pojedynczych, zwłaszcza małych, pozostała nie odnaleziona.

Podczas badania pola kraterów odkrywano codziennie coraz to nowe leje, tak że do końca prac ekspedycji ogólna ich liczba przekroczyła setkę, Obok jednego niedużego leja o średnicy 2,8 m znaleziono trzy dość duże odłamki meteofytu. W odróżnieniu od innych odłamków zachowały one zewnętrzne powierzchnie pierwotnego dużego meteorytu z niebieskawoszarą stopioną skorupą i typowymi dużymi regmagliptami. Odłamki udało się zestawić w miejscach rozłupania i w ten sposób odtworzyć częściowo pierwotny meteoryt. Okazało się przy tym, że do całkowitego odtworzenia okazu brakuje jeszcze znaczna część, mniej więcej połowa meteorytu. Wobec tego przedsięwzięto rozkopywanie leja, obok którego znaleziono odłamki. Lecz zanim przystąpiono do tej pracy ustalono już za pomocą wykrywacza min miejsce, gdzie znajdowała

się w leju masa meteorytowa. Po rozkopaniu leja odnaleziono odłamek na głębokości 35 cm poniżej dna leją. Dzięki temu odłamkowi odtworzono całkowicie meteoryt, którego wielkość wynosiła 72 X X 37 X 30 cm, waga zaś mniej więcej 300 kg.



Ryc. 28. Pojedynczy meteoryt ważący około 150 kg na dnie niewielkiego rozkopanego leja

Przy rozkopywaniu leja znaleziono kilka drobnych odłamków meteorytowych znajdujących się w materiale wypełniającym lej. Rozkopany lej utworzył się w dość miękkim gruncie i meteoryt nie dotarł do skał podłoża leżących w tym miejscu dużo głębiej. Niemniej przy uderzeniu o grunt meteoryt rozpadł się na cztery duże części; jednocześnie odłupało się od niego kilkanaście małych odłamków.

Rozkopaliśmy jeszcze jeden lej, tej samej mniej więcej wielkości, o średnicy 2,6 m. Przed rozkopaniem znaleźliśmy na dnie, między odłamkami porfirów, niewielki odłamek mający resztki zewnętrznej powierzchni pierwotnego meteorytu ze stopioną skorupą i re-

gmagliptami. Zastosowaliśmy znów wykrywacz min, i na głębokości 30 cm poniżej dna leja znaleźliśmy meteoryt. Głębokie prawie na wylot pęknięcie dzieliło go na dwie nierówne części, połączone ze sobą wiązadełkiem. Wielkość jego wynosiła 73X43X24 cm i ważył też około 300 kg. Również podczas rozkopywania tego leja zebrano kilka małych odłamków meteorytu.

Rozkopaliśmy jeszcze dwa najmniejsze leje mierzące zaledwie 0,6 m średnicy położone w polu kraterów w sąsiedztwie dużych lejów. Z jednego wydobyto cały meteoryt pokryty ze wszystkich stron stopioną skorupą i mający wyraźnie występującą rzeźbę regmagliptową. Leżał on w leju na głębokości 70 cm poniżej dna, nie dosięgając położonych tam dużo głębiej skał podłoża. Meteoryt miał wymiary 43X37X20 cm i ważył 69 kg. Z innego leja wydobyto z głębokości zaledwie 10 cm poniżej dna również cały meteoryt o wymiarach 40X35X27 cm ważący 85 kg. Później z kilku innych tak samo niedużych lejów wydobyto całe meteoryty ważące mniej więcej od 50 do 100 kg każdy.

Następnie rozkopano częściowo dwa duże leje o średnicy 13,5 m i 23 m. W warstwie rozbitej skały grubości do 1 m, wyścielającej wewnętrzne zbocza tych lejów zebrano dużą liczbę drobnych odłamków meteorytowych. Niewielka zaledwie liczba tych odłamków ważyła po kilka kilogramów, większa część ważyła od kilkudziesięciu do kilkuset gramów. Odłamki były bardzo zniekształcone i pokryte warstwą rdzy i gliny. Ogólna waga wszystkich odłamków wydobytych z poszczególnych lejów nie przekraczała 200—300 kg. Jednak wielkich brył meteorytowych w tych dużych lejach nie znaleziono.

Tak więc poszukiwania wykazały, że tylko stosunkowo niewielkie meteoryty, ważące nie więcej jak 300—400 kg ocalały przy spadku nie ulegając rozbiciu. Utworzyły one leje o średnicy od 1 do 2 m. Większe zaś meteoryty, ważące ponad 300—500 kg rozpadały się przy uderzeniu o skałę lub nawet o grunt na części tym drobniejsze, im większe były rozmiary meteorytu. W rezultacie, w średnio dużych lejach o średnicy od 3 do 4 m można było zebrać prawie wszystkie części rozłupanego meteorytu względnie dużych rozmiarów,

W lejach o dużej średnicy zachowały się tylko małe odłamki ważące razem do kilkuset kilogramów. Stanowiły one niewielką cząstkę meteorytu pierwotnego, który rozpadł się przy upadku. Pozostała zaś część meteorytu została wyrzucona z lejów w postaci licznych drobnych odłamków razem z kawałkami skały i gliny. Odłamki takie można było znaleźć w obfitości w sąsiedztwie lejów. Podczas badania ujawniono, że zarówno glina, która została wyrzucona z lejów na zewnątrz, jak i ta, która wypełniała wewnętrzne zbocza dużych lejów jest nasycona drobnym pyłem meteorytowym. Ten pył o ostrokątnych cząsteczkach, przypominających opiłki żelazne, przystawał do obu końców silnego magnesu ręcznego za każdym razem, gdy magnes pogrążono w glinę i tworzył swoistą szczecinkę.

Obok dużych lejów zauważono drzewa przebite na wylot odłamkami meteorytu. Odłamki te były w jednych wypadkach wyrzucone z lejów, w innych zaś — odłupywały się od dużych meteorytów w momencie, gdy te podczas spadania uderzały najpierw o drzewa, a dopiero później spadały na ziemię. Znaleziono również pnie drzew, które były usiane wbitymi w nie drobnymi odłamkami meteorytów.

Pod koniec prac ekspedycji ogólna liczba lejów meteorytowych odkrytych w polu kraterów na powierzchni około 0,75 km2 dosięgała 106. Wśród nich średnicę powyżej 20 m miały 3 leje, od 10 do 20 m — 13, od 3 do 10 m — 26 lejów i poniżej 3 m — 64. W lejach i pomiędzy nimi zebrano ogółem kilka tysięcy przeważnie małych odłamków, ważących łącznie około 2 t. Na niektórych odłamkach stwierdzono barwę nalotu tlenkowego świadczącą o tym, że przy uderzeniu meteorytów o skałę były one rozgrzane do temperatury kilkuset stopni.

Nie zauważono jednak ani obtopienia odłamków meteorytowych, ani jakichkolwiek śladów opalenia, które świadczyłyby o wpływie wysokiej temperatury na kawałki drewna znajdujące się w dużej obfitości w lejach między rozbitymi skałami. Tak więc przy spadku największych nawet brył meteorytowych nie nastąpiła eksplozja, połączona z przejściem nieznacznej choćby części suh-

stancji meteorytowej w stan lotny. Meteoryty rozpadły się na drobne części w zależności od swojej wewnętrznej struktury.

18 maja ekspedycja opuściła miejsce spadku meteorytu i udała się w drogę powrotną. Dalszy jej pobyt w tajdze nie był już celowy. Zbliżał się okres wegetacji, tak burzliwie przebiegający w Kraju Ussuryjskim. Dlatego poszukiwania całkowitych okazów w gęstej tajdze i badania tylnej części elipsy stawały się coraz bardziej uciążliwe.

Zebrane przez ekspedycję meteoryty ważące łącznie około cztery tony zostały wywiezione z tajgi do miasta Iman i odesłane koleją do Moskwy, dokąd przybyły w stanie nieuszkodzonym.

W wyniku prac przeprowadzonych przez pierwszą sichote-alińską ekspedycję meteorytową zostały całkowicie wyjaśnione okoliczności spadku sichote-alińskiego meteorytu, na których podstawie można było wysunąć następujące wnioski.

Meteoryt sichote-aliński spadł w postaci żelaznego deszczu meteorytowego. Powstanie tego deszczu zostało wywołane przez rozpad w atmosferze ziemskiej pierwotnie jednolitej masy meteoru, który wtargnął do atmosfery Ziemi z przestrzeni międzyplanetarnej. Rozpad meteoru nastąpił na stosunkowo niewielkim końcowym odcinku drogi, jeszcze przed utratą prędkości kosmicznej, tj. przed strefą hamowania, a przy tym na stosunkowo niewielkiej wysokości nad powierzchnią ziemi, wynoszącą nie więcej jak kilka kilometrów. Świadczy o tym stosunkowo mała powierzchnia elipsy rozrzutu deszczu meteorytowego (mniej więcej 3 km^2). Prócz tego, podczas badania elipsy stwierdzono naruszenie normalnej prawidłowości w rozmieszczeniu meteorytów w granicach elipsy według ich wielkości.

Zwykle podczas spadku deszczu meteorytowego większe meteoryty padają w odcinku czołowym, w tylnym zaś najmniejsze. W środkowej części elipsy padają meteoryty średniej wielkości (pośrednie). Tymczasem przy spadku sichote-alińskiego deszczu meteorytowego nastąpiło pomieszanie dużych meteorytów z małymi. W rezultacie, w czołowej części elipsy (w polu kraterów) obok dużych lejów utworzonych przez spadek dużych meteorytów napotykano małe dołki utworzone przez meteoryty ważące kilkadziesiąt kilo-

gramów. Znaleziono nawet kilka meteorytów o jeszcze mniejszych wymiarach. I to właśnie można wytłumaczyć tym, że rozpad meteoru nastąpił niewysoko nad powierzchnią ziemi. Co prawda odchylenie od normalnego rozmieszczenia meteorytów w elipsie tłumaczy się również bardzo nieprawidłowym kształtem poszczególnych meteorytów, które się utworzyły po rozpadzie meteoru.

Obliczenia wstępne wykazały, że do powierzchni ziemi dotarło łącznie mniej więcej około 100 t substancji meteorytowej.

Sichote-aiiński deszcz meteorytowy jest jedynym na świecie żelaznym deszczem meteorytowym. Wszystkie deszcze meteorytowe, które spadały w różnym czasie i w różnych krajach, były kamienne. A przy tym, sichote-aiiński deszcz meteorytowy stanowi największą masę żelaza meteorytowego, jaka kiedykolwiek spadła w obecności naocznych świadków.

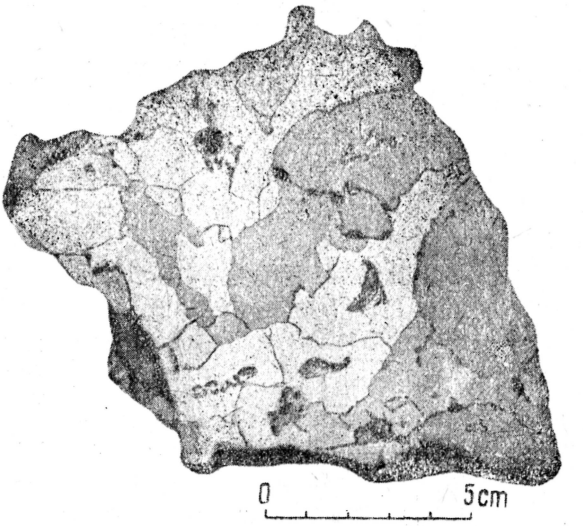
Pierwsza sichote-alińska ekspedycja określiła również podstawowe zadania dalszych prac badawczych nad spadkiem deszczu meteorytowego i zbieraniem jego części. Wstępne badania chemiczne wykazały, że skład meteorytu jest następujący: żelaza 94%, niklu 5,4%, kobaltu 0,38%. Wykryto również nieznaczne ilości siarki, fosforu, węgla, chloru i pewnych innych pierwiastków chemicznych.

Pod względem mineralogicznym meteoryt sichote-aiiński składa się prawie całkowicie ze stopu żelazo-niklowego — kamacytu; inny rodzaj stopu — tenit — występuje w nim w ilościach mikroskopijnych. Prócz tego odkryto jeszcze takie minerały, jak szrajbersyt i troilit w postaci licznych, a niekiedy dość dużych nawet (kilku centymetrów średnicy) wrostków. Szrajbersyt występuje w kształcie krętych, nieregularnych skupień, a troilit w formie kulek.

Szczególnie ciekawa okazała się wewnętrzna makrostruktura meteorytów. Pomimo, iż meteoryt składa się zasadniczo z samego kamacytu, okazało się, że struktura meteorytu jest bardzo niejednolita. Trawienie rozpiłowanych, wypolerowanych powierzchni meteorytów wykazało, że meteoryty te są jak gdyby sprasowane i składają się z oddzielnych „kostek" i „belek" (ryc. 29). Czasami belki i kostki są równoległe do ścian ośmiościanu. Dlatego możemy

zdefiniować typ meteorytu, jako bardzo grubostrukturalny oktaedryt.

Między większymi kostkami a belkami znajduje się przeważnie cieniutka warstewka szrajbersytu i troilitu. Wskutek tego spójność poszczególnych kostek i belek jest, jak się okazuje, niedostatecznie trwała. Można np. bez większego wysiłku za pomocą młotka



0^_____^ 5cm

Hyc. 29. Struktun: meteorytu składającego się z kostek i belek, widoczna na wytrawionej powierzchni Okrągłe czarne plamy —. wtrącenia troilitu, a haczykowate szare — wtrącenia szrajbersytu.

i dłuta oddzielić kostki od belek. Tym też tłumaczy się fakt, że jednolita początkowo bryła meteorytowa rozdrobniła się tak bardzo w atmosferze ziemskiej podczas swego przelotu z prędkością kosmiczną i następnie spadła w postaci deszczu meteorytowego.

Można przypuszczać, że meteor rozpadł się na wiele tysięcy odrębnych części, które spadły jako drobne przeważnie meteoryty w tylnej części elipsy rozrzutu. Kostkowo-belkowa struktura meteorytów tłumaczy również fakt tak znacznego rozpadu dużych meteorytów na drobniutkie odłamki podczas uderzenia o skałę czy też po prostu o twardy grunt, Zdarzało się często, że od niewiel-

kich nawet meteorytów, ważących kilkadziesiąt kilogramów odpryskiwały odłamki, gdy meteoryty te przy upadku uderzały o skałę.

Wreszcie wskutek tejże struktury kształt pojedynczych meteorytów był bardzo nieprawidłowy, powierzchnie zaś miały ostro zarysowaną rzeźbę regmagliptową z głębokimi wklęsłościami i krętymi rowkami. Na powierzchni wszystkich prawie pojedynczych meteorytów można zauważyć liczne, jak gdyby zalutowane szczeliny, stanowiące granicę między poszczególnymi kostkami i belkami. W niektórych przypadkach widać nawet prawdziwe pęknięcia powstałe na skutek rozpoczynającego się lecz nie zakończonego rozpadu meteorytu na części składowe, już po jego oddzieleniu się od pierwotnej bryły.

Po powrocie pierwszej sichote-alińskiej ekspedycji Komitet Badań Meteorytów poczynił starania w Radzie Ministrów RSFRR o uznanie terenu, gdzie spadł sichote-aliński deszcz meteorytowy, za rezerwat, czyli teren pozostający pod ochroną. Prośba ta została uwzględniona i cały odcinek tajgi, na który spadł deszcz meteorytowy, został przekazany do dyspozycji Komitetu na okres pięcioletni w celu gruntownego zbadania okoliczności spadku i zebrania pozostałych meteorytów.

W kwietniu 1948 r. została na miejsce spadku sichote-alińskiego deszczu meteorytowego skierowana druga ekspedycja pod kierownictwem S. Fontona, która przeprowadziła prace w okresie letnim, a w końcu sierpnia powróciła do Moskwy. Ekspedycja przede wszystkim dokonała zdjęć lotniczych rejonu spadku deszczu meteorytowego, przy czym cały obszar sfotografowano w skali 1 : 16 000 i 1 :5000, a pole kraterów w skalach większych — 1 :3000 i 1 : 1000. Na zdjęciach lotniczych, zwłaszcza dużej skali, widać bardzo dobrze poszczególne większe leje i obalone dokoła nich drzewa tworzące swoiste wieńce. Obok zdjęć lotniczych, w celu uzyskania dokładnego planu fotograficznego, zostało wykonane również zdjęcie topograficzne miejscowości.

Magnetyczne pomiary lejów, przeprowadzone za pomocą wariometrów Szmidta, stanowiły jedno z głównych zadań drugiej ekspedycji, Dzięki tym pomiarom można było określić miejsca za-

legania meteorytów w lejach. Jeśli meteoryt był cały (w niewielkich lejach), przyrząd wskazywał wyraźnie miejsce w leju, pod którym znajdował się meteoryt; można było nawet określić głębokość, na której meteoryt leżał, jak również wnioskować o jego wielkości. Gdy jednak meteoryt był rozbity na części, jak to miało miejsce w dużych lejach, przyrząd nie dawał pewnych wskazówek co do obecności w leju meteorytu. Niemniej, w poszczególnych przypadkach przyrząd rejestrował obecność meteorytów, gdy np. odłamki skupiały się w jakimś określonym miejscu leja.

W zakres prac wchodziło również zbadanie geologicznej budowy wzgórza, na którym rozsiały się meteoryty i potworzyły leje.

Biorący udział w ekspedycji artysta malarz namalował bardzo udatnie z natury kilka olejnych obrazów przedstawiających leje meteorytowe. Prócz tego tuszem i ołówkiem naszkicował różne szczegóły dotyczące warunków spadku deszczu meteorytowego, charakteru lejów itp.

Wszystkie fazy prac ekspedycji, jak również miejsce spadku meteorytu i różne zjawiska zaobserwowane w tym rejonie zostały sfilmowane. W wyniku swych prac ekspedycja zgromadziła niezwykle bogaty materiał naukowy dotyczący sichote-alińskiego deszczu meteorytowego. Zebrane meteoryty ważące razem około 10 t, zostały wywiezione z tajgi i również dostarczone do Moskwy.

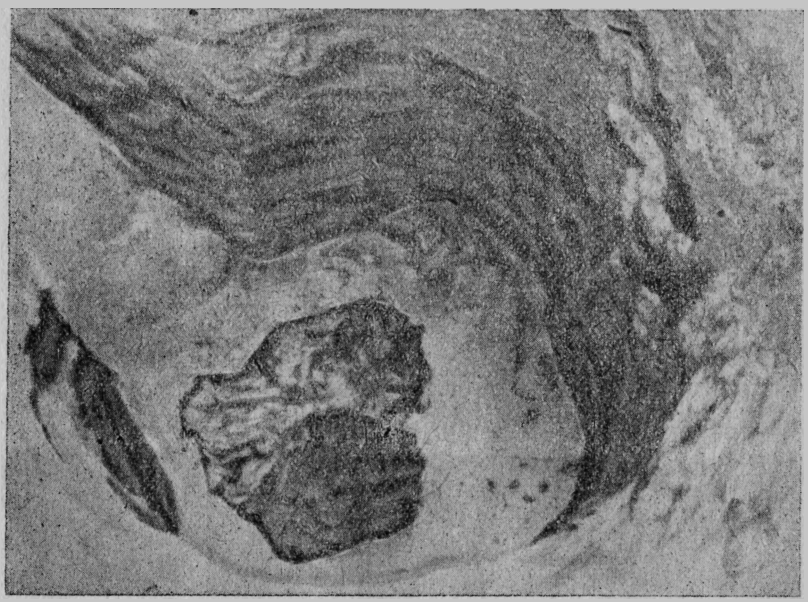
W latach 1949 i 1950 zorganizowano jeszcze dwie ekspedycje, które kontynuowały prowadzone poprzednio pomiary magnetyczne i rozkopywanie lejów meteorytowych. W jesieni 1949 r. po opadnięciu liści zostały przeprowadzone szczegółowe badania całej elipsy rozrzutu i definitywnie ustalone jej granice, które okazały się zupełnie zgodne z granicami określonymi jeszcze przez pierwszą ekspedycję w r. 1947 (ryc. 26).

Szczególnie owocne były prace czwartej ekspedycji w drugiej połowie 1950 r., trwające również w okresie zimowym.

Podczas rozkopywania jednego niewielkiego leja o średnicy 3,5 m odkryto na głębokości około 4 m pojedynczy meteoryt ważący 1745 kg (ryc. 30). Jest to największy meteoryt nie tylko spo-

śród meteorytów sichote-alińskich czy też innych w Związku Radzieckim, ale spomiędzy wszystkich meteorytów na świecie, zaobserwowanych w momencie spadania.

Największe meteoryty znalezione w różnych krajach są większe od meteorytu sichote-alińskiego, lecz wszystkie były znalezione przypadkowo. Nikt nie obserwował ich spadku i prawdopodobnie



Ryc. 30. Największy okaz pojedynczego meteorytu ważący 1745 kg na dnie rozkopanego leja

spadły bardzo dawno, ponieważ uległy dużemu zniszczeniu na skutek utlenienia. Dlatego meteoryty te utraciły swój pierwotny kształt. Wspomniany natomiast meteoryt sichote-aliński nie tylko zachował kształt, ale i stopioną skorupę wraz z całą jej skomplikowaną strukturą i dlatego właśnie przedstawia dużą wartość naukową.

Ekspedycja rozkopała częściowo największy lej meteorytowy o średnicy 28 m i głębokości 6 m. Jednakowoż z tego leja wydobyto tylko drobne, bardzo zniekształcone odłamki ważące ogółem kilka-

set kilogramów. Dużej bryły meteorytowej zarówno w tym, jak i w innych większych lejach, nie znaleziono.

Wobec zakończenia robót w terenie, których zadaniem było zbadanie spadku sichote-alińskiego deszczu meteorytowego, przedsięwzięto środki *w* celu zabezpieczenia na możliwie długi okres czasu kilku najbardziej typowych lejów różnych wielkości. W tym celu zbudowano nad trzema lejami o średnicy 18 m, 12 m i 1 m, dachy ochronne (ryc. 31), leje zaś pozostawiono w stanie nienaru-

Ryc. 31. Dach zbudowany nad lejem o średnicy 18 m

szonym, z wyjątkiem najmniejszego. Lej ten został rozkopany, lecz znaleziony w nim cały meteoryt ważący około 100 kg pozostawiono w takiej pozycji, w jakiej leżał w leju. Dachy ochronne nad lejami zabezpieczą je od szkodliwych wpływów atmosferycznych i w ten sposób będzie można zawsze w przyszłości przeprowadzić uzupełniające badanie lejów meteorytowych, ile zajdzie po temu potrzeba.

9. WYNIKI BADANIA ŚIĆHOTE-AŁIŃSKIEGO METEORYTU

Podsumujmy pokrótce wyniki wykonanych prac.

Przede wszystkim należy podkreślić, że zebrano obfity materiał obserwacyjny dotyczący spadku meteorytu, w wyniku przeprowadzonych głównie przez N. Diwari i M. Karimowa badań ponad 300 naocznych świadków w przeszło 50 osiedlach.

Niedawno członek Akademii W. Fiesjenkow zakończył naukowe opracowanie tego materiału i doszedł do bardzo cennych wniosków. Ustalił, że pierwotna masa meteoru wynosiła mniej więcej 1500—*t*—2000 t. Stanowił on jednolite ciało o średnicy kilku metrów i wtargnął do atmosfery ziemskiej z prędkością 14,5 km/sek.

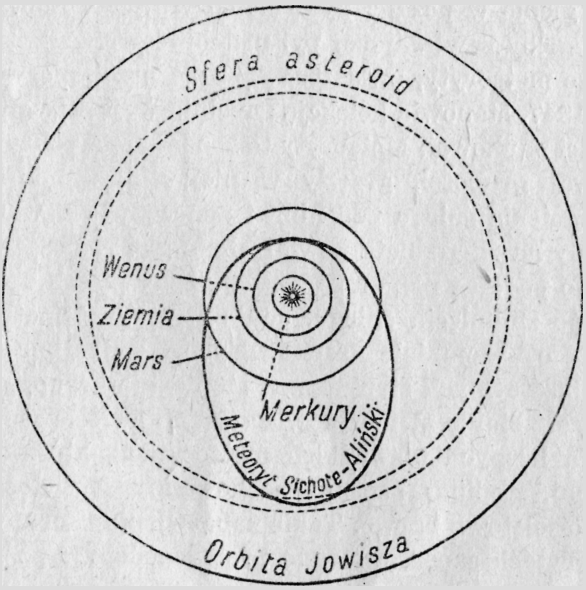
W przestrzeni międzyplanetarnej meteor krążył w tym samym mniej więcej kierunku, w którym krąży Ziemia naokoło Słońca, a przy tym po orbicie typowej dla orbit małych planet i asteroid (ryc. 32). Tak więc Fiesjenkow doszedł do wniosku, że meteor był jedną z drobnych asteroid, które w wielkiej liczbie krążą naokoło Słońca i często zbliżają się do Ziemi. Konkluzja ta ma duże znaczenie naukowe, ponieważ potwierdza istniejącą w obecnym czasie hipotezę, że meteory i asteroidy stanowią jeden kompleks małych ciał układu słonecznego.

Przez cały okres trwania prac odkryto 112 lejów meteorytowych o średnicy od 0,5 do 28 m. Z tej liczby rozkopano 93 leje, 3 leje zabezpieczono, pozostałe zaś 19 lejów różnej wielkości pozostawiono na razie w stanie nienaruszonym.

Z liczby 93 rozkopanych lejów 64 utworzyły się w gruncie miękkim i były niewielkie — od 0,5 do 4 m średnicy. Z tych lejów wydobyto meteoryty przeważnie całe lub rozbite na kilka części. Największe ważyły 1745, 700, 500, 450 i 350 kg. Pozostałe ważyły mniej niż 300 kg. Prócz tego zebrano 60 meteorytów, ważących od 40 do 150 kg, które utworzyły przy upadku nieduże dołki.

Pozostałe rozkopane leje w liczbie 29 miały ponad 3,5 m średnicy każdy. Z poszczególnych lejów bez względu na ich wielkość wydobywano od 300 do 500 kg drobnych odłamków meteorytowych.

Jak juz zaznaczono, pierwsza ekspedycja zeorała 247 pojedyn czych meteorytów o niewielkich i średnich wymiarach, rozsianych w tylnej części elipsy



Ryt. 32 Orbita meteorytu sichote-aiiańsKiegc

Wszystkie ekspedycje łącznie zebrały i wywiozły do Moskwy 318 pojedynczych meteorytów ważących w sumie około 15 t, następnie 16 pojedynczych meteorytów ważących łącznie 5 t, rozbitych na duże części i wreszcie ponad 10 tysięcy odłamków o łącznej wadze około 17 t, zebranych w dużych lejach meteorytowych i w ich pobliżu. Ogólna więc waga wszystkich zebranych i wywiezionych do Moskwy meteorytów wynosi około 37 t. Tymczasem ciężar całej spadłej na Ziemię substancji meteorytowej sichote-alińskiego meteorytu stanowił jak podano wyżej mniej więcej 100 t

Tak więc na miejscu spadku deszczu meteorytowego pozostała większa część substancji meteorytowej Częściowo znajduje się ona

w nierozkopanych dotychczas lejach, których liczba wynosi 21, częściowo jest rozsiana po całym polu kraterów w postaci odłamków, pewna ilość pozostała nie zebrana w części tylnej elipsy w postaci drobnych całkowitych meteorytów i wreszcie pewna cząstka znajduje się w glebie w postaci pyłu meteorytowego. Zebrano ponad 200 próbek gleby zawierającej pył meteorytowy.

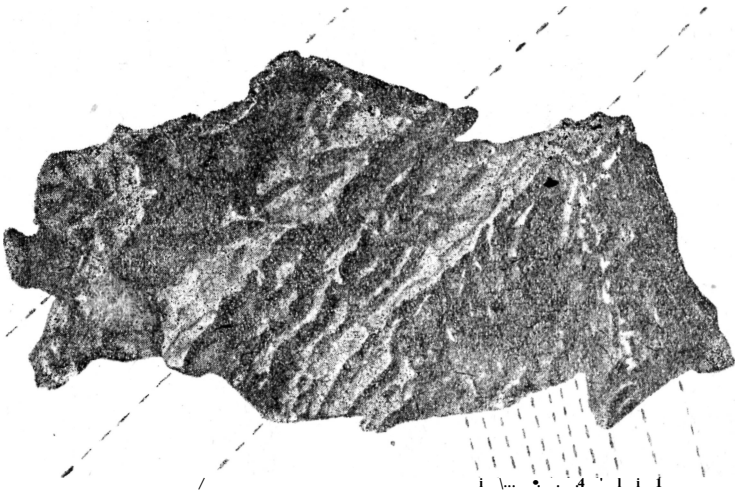
Całkowite meteoryty, zwłaszcza zebrane przez pierwszą ekspedycję w r. 1947, stanowią kolekcję zupełnie wyjątkową pod względem wartości naukowej. Meteoryty te spadając na pokrywę śniegową metrowej grubości, grzęzły w niej, a następnie stopniowo, w miarę topnienia śniegu pod nimi i pod wpływem własnego ciężaru, opadały na zmarzniętą powierzchnię gleby. Ponieważ meteoryty zebrano podczas pierwszej zaraz wiosny po ich upadku i natychmiast po zniknięciu śniegu, udało się zebrać meteoryty nieuszkodzone o wspaniale zachowanych, najróżnorodniej szych i bardzo kunsztownych strukturach stopionej skorupy.

W żadnym zbiorze meteorytów na całym świecie nie ma takiej kolekcji. Na licznych niewielkich meteorytach, które zebrano ze ściółki leśnej, stopiona skorupa zachowała nawet dość wyraźną niebieskawofioletową barwę. Takie zabarwienie skorupy na żelaznych meteorytach zaobserwowano prawdopodobnie po raz pierwszy w ogóle.

Obecnie autor niniejszej książki przeprowadza wszechstronne badanie morfologiczne tych wszystkich meteorytów. Praca ta ma na celu zbadanie charakteru i mechanizmu rozpadu meteoru w atmosferze, jako też rozłupywania się dużych meteorytów przy zderzeniu z gruntem i skałą, zbadanie mechanizmu tworzenia się śladu pyłowego bolidu, warunków upadku poszczególnych meteorytów i wszechstronne zbadanie zagadnienia wzajemnego oddziaływania atmosfery ziemskiej i meteoru w czasie jego lotu z prędkością kosmiczną i z oddzielnymi jego częściami podczas ich spadku jui poza strefą hamowania.

W wyniku dalekiej jeszcze od ukończenia pracy, zdołano ustalić dużo ciekawych szczegółów. Przede wszystkim ujawniono rozmaite bardzo ciekawe kształty pojedynczych meteorytów. Szczególnie interesujące okazały się meteoryty w kształcie płytek. W większo-

ści przypadków regmaglipty na takich meteorytach są zorientowane prawidłowo. W rezultacie tworzą one osobliwy rysunek na powierzchniach meteorytów, przypominający figury Widmanstattena na wytrawionych powierzchniach meteorytów typu oktaedrytów (ryc. 33). Taki charakter rzeźby regmagliptowej, zwią-



Hyc. 33. Rzeźba regmagliptowa na powierzchni pojedynczego **meteorytu** w kształcie **płytki**

Ryc. 34. Pojedynczy meteoryt w kształcie **zrostu dwóch belek**

zany z wewnętrzną struktura meteorytów, świadczy o ośmiościen nej ich budowie

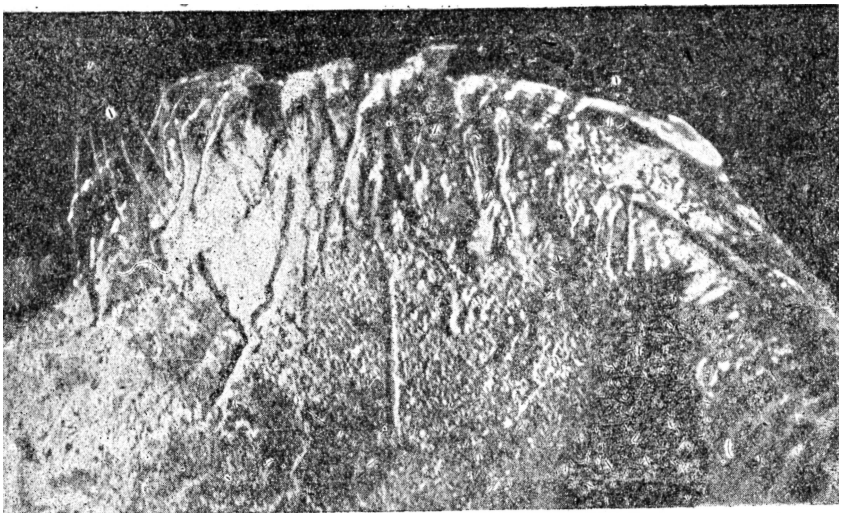
Zdarzają się poszczególne meteoryty o najdziwniejszych kształtach. Na przykład nieduży meteoryt ważący 313 g wygląda jak zrostek dwóch dużych „belek" skrzyżowanych pod kątem 60° (ryc. 34). W przekroju poprzecznym belki te mają około 2 cm, a długość ich wynosi 7 cm Obydwa końce belki są ścięte pod ka tern 60°

Inny meteoryt ważący 329 g stanowi jakby jedną dużą belkę długości około 10 cm, a grubości 2—3 cm. Jeszcze inny ma kształt grubo ciosanej płytki z pięcioramiennym konturem, ma wystające na zewnątrz belkę długości około 2 cm, a grubości około 1 cm. Wystające na zewnątrz belki można w ogóle zauważyć na bardzo wielu i meteorytach różnej wielkości. Bardzo często spotyka się na meteorytach głębokie wklęsłości, wytopione kretę rowki, a nawet przechodzące na wylot otwory.

Badania kształtu i rzeźby powierzchni pojedynczych meteorytów wykazały, że wszystkie te meteoryty stanowią części jednej bryły meteorycznej, która rozpadła się w atmosferze ziemskiej i że rozpad był konsekwencją wewnętrznej budowy meteoru. Zestawienie zaś kształtu i rzeźby powierzchni pojedynczych meteorytów dowiodło, że poszczególne elementy ich budowy — kostki i belki są zorientowane względem siebie głównie wzdłuż krawędzi ośmiościanu. Najmniejsze meteoryty ważące kilka gramów lub ułamków grama stanowią oddzielne kawałki odpryśnięte od bryły meteory towej podczas jej rozpadu,

Badanie stopionej skorupy przy pomocy lupy binokularnej o 45-krotnym powiększeniu wykazało różnorodność jej struktury Część powierzchni meteorytów pokryta jest gładką, lekko poro watą skorupą, a część — chropowatą, guzkowatą.

Badając guzkowatą skorupę widzi się wyraźnie, że na gładkiej stopionej powierzchni są jakby rozpylone drobne okruszyny guzki o średnicy 0,2—0,3 mm. Większe guzki są skupieniami kilku mniejszych. Guzkowatą budowa stopionej skorupy cechuje tyln<- oowierzchnie meteorytów, porowata zaś — czołowe Tak wiec



rys **35 Nacieki** i **strużki na** krawędzi pojedynczego meteorytu (prawie **7-krotne powiększenie)**

^yc. 36. Zakrzepłe krople żeiazo-niklu, zdmuchnięte i rozpryskane na po wierzchni pojedynczego meteorytu (prawie 7-krotne powiększenie)

przez badanie stopionej skorupy meteorytów dało się ustalić położenie meteorytu w czasie lotu po oderwaniu się od rozkruszonego meteoru.

Na krawędziach i wystających częściach meteorytów widać bardzo ciekawe nacieki roztopionego i stężałego metalu, od których po powierzchni meteorytów rozpływają się oddzielne strużki (ryc. 35).

Szczególnie godne uwagi było odkrycie zjawiska rozprysku. Na wielu meteorytach ujawniono liczne zakrzepłe kropelki metalu zdmuchnięte przez prąd powietrza z wystających części meteorytów (belek) i rozpryśnięte na ich powierzchnie (ryc. 36). Rozpryski takie prawdopodobnie nigdy nie były jeszcze zaobserwowane na żadnych meteorytach. Szczegółowe zbadanie tego zjawiska pozwoli na bardziej dokładne wyjaśnienie mechanizmu tworzenia się śladu bolidu, jak również na przestudiowanie zagadnienia rozpadu meteorów w atmosferze ziemskiej podczas ich lotu z prędkością kosmiczną.

Na zakończenie należy dodać, że w wyniku przeprowadzonych przez Komitet Badania Meteorytów w ciągu czterech lat robót w terenie, mających na celu przestudiowanie spadku i zebranie części sichotet-alińskiego deszczu meteorytowego, został zebrany tak wielki materiał naukowy, że opracowanie go będzie wymagać szeregu lat i udziału fachowców z rozmaitych dziedzin nauki.

Tak wszechstronnie i z takim rozmachem, z jakim badano miejsce i okoliczności spadku tego niecodziennego deszczu meteorytowego, nie badano jeszcze spadku żadnego meteorytu na świecie. Możliwe to jest tylko w socjalistycznym kraju, w którym rząd radziecki wraz z partią komunistyczną, stworzył warunki sprzyjające rozwojowi nauki służącej celom pokojowym, nastawionej na odkrywanie praw przyrody i zjawisk otaczającego nas świata. Uczeni Związku Radzieckiego, czerpiący natchnienie płynące ze zwycięskich idei marksistowsko-leninowskich opromieniających drogę prowadzącą naród radziecki do komunizmu, poświęcają wszystkie swe siły i wiedzę sprawie postępu i rozwoju nauki.

Астапович И. С. Большой Тунгусский метеорит. „Природа", 1951, № 2, стр. 23—32; № 3, стр. 13—23,

Зигель Ф. Небесные камни. Дегтиз. М.-Л., 1951.

Кринов Е. Л. Метеориты. Научно-популярная серия. М.-Л., Изд АН. СССР, 1948.

Кринов Е. Л. Небесные камни (метеориты). Научно-популярная серия М.-Л., Изд. АН СССР, 1950.

Кринов Е. Л. Тунгусский метеорит. Серия „Итоги и проблемы современной науки". М.-Л., Изд. АН СССР, 1949.

Кринов Е. Л. Сихотэ-Алинский метеоритный дождь. М.-Л., Изд. АН СССР, 1948.

Кринов Е. Л. Планеты-карлики (астероиды). Научно-популярная серия. М.-Л., Изд. АН СССР, 1951.

Кулик Л. А. За Тунгусским дивом. Красноярск, 1927. „Метеоритика" Сборник статей. Комитет по метеоритам. М.-Л., Изд. АН СССР, вып. V и VI, 1949, вып. VIII, 1950.

Федынский В. В. Небесные камни-метеориты и метеоры. Научно-популярная лекция ВОПРПИНЗ. М. Изд. „Правда", 1949.

Федынский В. В. и Астапович И. С. Малые тела вселенной. Гостехиздат. М.-Л., 1948.

Фесенков В. Г. Метеоры и метеориты. Научно-популярная серия. Изд. АН Казахской ССР, 1949.

Шипулин Ф. К. Сихотэ-Алинский метеорит. Владивосток, Примиздат, 1947.

SPIS *RZECZY*

	Str.
i. Spadywanie meteorytów na ziemię	3
2. Skład chemiczny meteorytów	10
3- Kratery meteorytowe na ziemi	15
4. Spadek meteorytu tunguskiego	24
5. Badanie spadku meteorytu tunguskiego. Ekspedycja *L.* Kulika	35
6. Wyniki i zadania badań meteorytu tunguskiego	51
7. Spadek meteorytu sichote-alińskiego	55
8. Badanie spadku meteorytu sichote-alińskiego	61
9. Wyniki badania sichote-alińskiego meteorytu	80

Cena zł 2,90

WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE

BIBLIOTEKA POPULARNONAUKOWA

Ukazały się:

Bublejnikow F. — Bogactwa ziemi radzieckiej	Cena zł. 17,75
Fersman A. — Opowiadania o kamieniach drogocennych	„ „ 7,60
Geologia radziecka w służbie budowy komunizmu (praca zbiorowa)	„ „ 6,00
Gołąb J. — Jak zdobywamy wodę dla gospodarki narodowej	„ „ 4,50
Iwanow A. A. — Naturalne sole mineralne	„ „ 1,80
Obruczew W. A. — Od Kiachty do Kuldży	„ „ 13,90
Passendorfer E. — Jak powstały Tatry	„ „ 10,00
Passendorfer E. — Na szlakach geologicznych	„ „ 3,30
Passendorfer E. — O budowie i ruchach skorupy ziemskiej	„ „ 3,60
Stenz E. — Co wiemy o wnętrzu Ziemi	„ „ 3,40

Ukażą się w najbliższym czasie:

Buszyński C. — O pochodzeniu kopalin użytecznych
Polański A. — Żelazo na ziemi i we wszechświecie
Sztejn J. — Z mikroskopem przez dzieje Ziemi

Do nabycia w księgarniach „Domu Książki" oraz za zaliczeniem pocztowym w Centralnej Księgarni Wysyłkowej — Warszawa, Pl. Dąbrowskiego 8.