

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w  
Poznaniu*

Wydział Fizyki

Instytut Obserwatorium Astronomiczne  
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Radosław Włodarski

*„Meteoryty antarktyczne”*

Poznań 2013

---

## Spis treści

Streszczenie.....	1
1. Wprowadzenie.....	1
1.1. Antarktyda .....	1
1.2. Historia poszukiwań.....	2
2. Meteority na Antarktydzie .....	3
2.1. Parę słów o poszukiwaniach.....	3
2.2. Mechanizm przemieszczania meteorytów.....	4
2.3. Miejsca i nazewnictwo .....	5
3. Grupy poszukiwawcze.....	7
3.1. ANSMET.....	7
3.2. EURO-MET.....	9
3.3. KOREAMET .....	10
3.4. JARE .....	10
3.5. Pozostałe.....	11
4. Odnalezione meteority.....	12
4.1. Meteority „zwykłe”.....	12
4.2. Meteority marsjańskie .....	13
4.3. Meteority księżycowe.....	15
4.4. Nie tylko meteority.....	17
5. Podsumowanie.....	18
Źródła ilustracji.....	19
Bibliografia .....	20

---

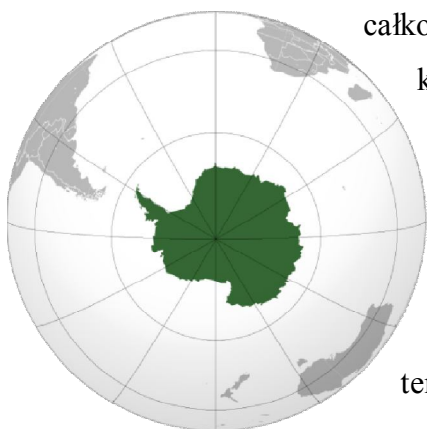
## Streszczenie

Praca ta dotyczy meteorytów antarktycznych. Opisuje ona proces gromadzenia się meteorytów u podnóża gór oraz naukowe grupy zajmujące się poszukiwaniem meteorytów w tych miejscach. W dalszej części przedstawiono również najciekawsze znaleziska – meteoryty marsjańskie i księżycowe odnalezione w tym miejscu.

# 1. Wprowadzenie

## 1.1. Antarktyda

Antarktyda jest jednym z najzimniejszych miejsc na Ziemi rozciągającym się w strefie południowego koła podbiegunowego. Prawie cała jej powierzchnia przykryta jest przez polarną czapę lodową. Powierzchnia lądolodu na Antarktydzie wynosi 13,3 mln km<sup>2</sup> przy



Rys. 1 Położenie Antarktydy<sup>[1]</sup>

całkowitej powierzchni kontynentu równej 14 mln km<sup>2</sup>. Ma ona kształt zbliżony do koła o średnicy ok. 4500 km. 70% wody słodkiej na Ziemi jest skupiona właśnie tutaj.

Średnia wysokość nad poziomem morza wynosi ponad 2000 metrów. Jest to kolejny czynnik przyczyniający się do surowego klimatu tego kontynentu i niskiej temperatury, która średnio wynosi ok. -57 °C. Najcieplejszym miesiącem jest styczeń, natomiast najchłodniejszym sierpień. Pozostałe aspekty wpływające na tak niekorzystny klimat to wysokie albedo pokrywy śnieżnej oraz mała wilgotność – opady występują tam bardzo rzadko. Kolejnym niekorzystnym czynnikiem są silne wiatry od bieguna do wybrzeża spowodowane utrzymującym się wyżem nad tym suchym kontynentem.

Antarktyda jest również przedmiotem licznych badań z zakresu kartografii, meteorologii, geologii, magnetyzmu ziemskiego. Znajduje się na niej 39 stacji całorocznych (w tym jedna polska im. Henryka Arctowskiego) i 41 stacji czynnych tylko latem. Przebywa w nich od 1000 do 4000 badaczy.

Pod powierzchnią Antarktydy występują nieeksploatowane złoża cennych kopalin (węgiel kamienny, rudy żelaza, miedzi, złota, srebra i ołowiu). Kontynent ten jest również miejscem odnalezienia kilkudziesięciu tysięcy meteorytów.

---

## 1.2. Historia poszukiwań

Sezon poszukiwawczy na Antarktydzie związany jest bezpośrednio z klimatem, trwa tylko kilka tygodni w grudniu i styczniu gdy temperatura na kontynencie jest najwyższa. Powoduje to, że pokrywa lodowa jest mniejsza a meteoryty są odsłonięte w przeciwieństwie do zimy gdy pojawiają się zamiecie i następuje przyrost pokrywy lodowej.

Pierwszy odnotowany przypadek odnalezienia pojedynczego meteorytu na Antarktydzie miał miejsce już w 1912 roku przez Australijczyka Franka Bickertona. Znalezione nadano nazwę Adelie Land od miejsca znalezienia. Był to chondryt o masie 1 kg. Kolejne pojedyncze odkrycia były dokonywane przypadkowo przez polarników rosyjskich i amerykańskich w latach 1961-64. Jednak dopiero 1969 rok okazał się przełomowy w odkrywaniu meteorytów. Wtedy to Japończycy znaleźli początkowo 9 okazów meteorytów pochodzących z 4 różnych spadków nazwanych od miejsca znalezienia Yamato. Spowodowało to dalsze poszukiwania w tym miejscu co na przestrzeni lat pozwoliło odnaleźć ok. 6000 meteorytów z tego rejonu. Sukcesy japońskie spowodowały, że również inne państwa podjęły się poszukiwania meteorytów w tym rejonie. W połowie lat siedemdziesiątych w Stanach powołano specjalną organizację zajmującą się poszukiwaniami na Antarktydzie o nazwie ANSMET, który okazał się najbardziej owocnym ze wszystkich tego typu projektów – ponad 12 tysięcy meteorytów. Również Europa i Japonia stworzyły podobne programy oparte na amerykańskim o nazwach EURO-MET i JARE. Największą liczbę meteorytów odkryto w sezonie 1979/1980 – łącznie zebrano ich ponad 3,5 tys. sztuk.

Antarktyda jest jedynym kontynentem, na terenie którego nie ma żadnego państwa. Status Antarktydy jest regulowany przez traktat antarktyczny, który zamroził roszczenia terytorialne. Dlatego też meteoryty te są głównie przechowywane przez takie organizacje rządowe jak: NASA w USA, National Institute of Polar Research (Narodowy Instytut Badań Polarnych) w Japonii oraz EUROMET przez kraje Unii Europejskiej. Wnioski o próbki na przykład będące pod opieką USA rozpatruje Meteorite Working Group.

---

## 2. Meteoryty na Antarktydzie

### 2.1. Parę słów o poszukiwaniach

Gdy rozpoczyna się sezon poszukiwań czyli na przełomie roku organizowane są wyprawy zarówno naukowców jak i prywatnych grup. Wyprawy wyruszają ze stacji badawczych na przykład wyprawy grupy ANSEMT wyruszają z amerykańskiej stacji badawczej Mc Murdo będącej jednocześnie największą tego typu bazą na kontynencie zdolną pomieścić ponad 1200 osób. Po aklimatyzacji badacze przechodzą szkolenia z zakresu wspinaczki po szczelinach, ratownictwa, obsługi skuterów - trwa to około tygodnia. Poszukiwania prowadzone są najczęściej u podnóża gór przez zespoły 4-8 osobowe. Transport do miejsc poszukiwań odbywa się za pomocą samolotów, psich zaprzęgów, skuterów śnieżnych lub na nartach. Badacze poruszają się w odstępach 30-40 metrowych od siebie przeszukując teren, głównie obszary tzw. błękitnego lodu. Najtrudniejsze obszary do poszukiwań to obszary polodowcowych moren, gdzie meteoryty są przemieszane ze zwykłymi kamieniami. Gdy któryś z naukowców znajduje podejrzany kamień nie jest on dotykany tylko jak najszybciej umieszczany w sterylnym worku.



Rys. 2 Fotografia przedstawiająca poszukiwania meteorytów<sup>[2]</sup>

Po odnalezieniu ogromne znaczenie ma ich transport oraz przechowywanie – znajdowały się one czasem przez miliony lat w naturalnych dość sterylnych warunkach, dlatego są one bezcennym źródłem informacji nieskażonymi ziemskimi zanieczyszczeniami i domieszkami. Suchy klimat pomaga zachować skład chemiczny wewnątrz skały w stanie niezmiennym. Tuż po odnalezieniu są także fotografowane i mierzone, a także nadawany jest im numer identyfikacyjny. Za pomocą nadajnika GPS ustala się również współrzędne miejsca odnalezienia. Tak zebrane próbki trafiają do laboratorium gdzie są suszone, czyszczone, katalogowane i udostępniane do dalszych szczegółowych badań.

---

## 2.2. Mechanizm przemieszczania meteorytów

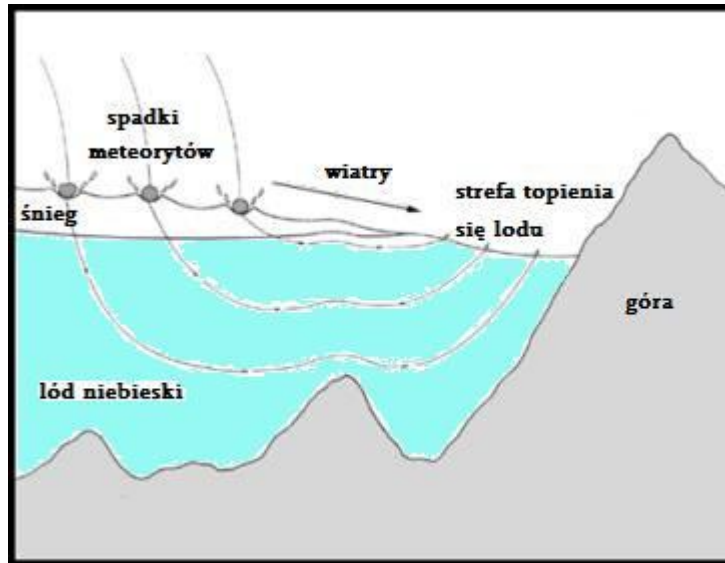
Ogromna ilość odnajdywanych meteorytów na Antarktydzie jest spowodowana dwoma głównymi czynnikami. Pierwszym z nich jest to, że na lodowej praktycznie płaskiej powierzchni grudki skał i kamienie jest bardzo łatwo odróżnić na tle białej powierzchni lodowca. Widać to dobrze na Rys. 3 pochodzącym z poszukiwań meteorytów podczas wyprawy ANSMET w 1988-89 roku, gdzie ciemne kamienie wyraźnie kontrastują z białym śniegiem. Odpowiednia pora roku czyli antarktyczna wiosna sprawia, że jeszcze nie zdążyły się one przykryć warstwą lodu. Oczywiście nie wszystkie kamienie znajdujące się na Antarktydzie mają pochodzenie kosmiczne.



Rys. 3 Podejrzane kamienie na jasnym tle lodowca<sup>[3]</sup>

Kolejnym głównym czynnikiem jest sama natura tego kontynentu i związany z nim mechanizm przemieszczania się lodowców na jego powierzchni. Mechanizm ten przedstawiony na rys. 4 został po raz pierwszy opisany przez Kenzio Yanai z Japońskiego Instytutu Badań Polarnych. Polega on na tym, że wędrujący lodowiec, w którym znajdują się meteoryty ze spadków jest zatrzymywany u podnóża gór i wzniesień. W wyniku ciągłego naciskania na górę lodowiec zaczyna pękać, kruszyć się i topić. Zjawisko to jest wspomagane przez silne wiatry, które występują na Antarktydzie. Powierzchnia takiego lodowca zmniejsza swoją grubość średnio o 10 cm/rok więc od czasu upadku do odkrycia potrafią minąć nawet miliony lat. W wyniku tego mechanizmu dzięki stopieniu się lodu u podnóża gór odsłaniają się całe „łoża” meteorytów, które na przestrzeni lat podróżowały wraz ze śniegami lodowca.

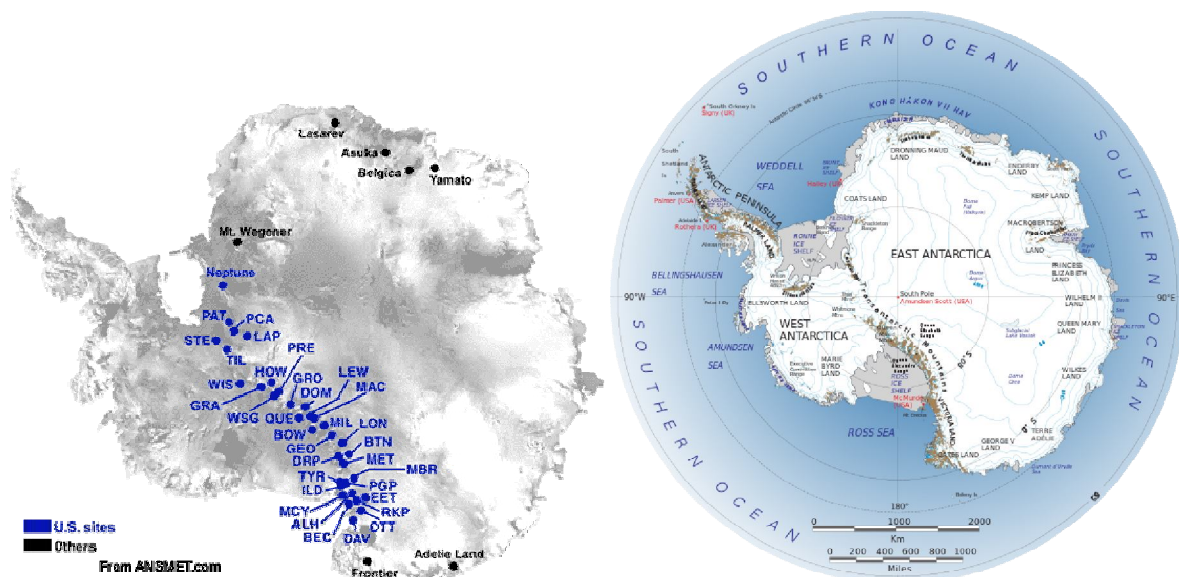
Silnie wiejące wiatry sprzyjają również poszukiwaniom mikrometeorytów. Dzięki wiatrom osadzają się one na kamieniach morenowych po ich zawiętrznej stronie. Tworzą na ich powierzchni warstwę pyłu, którą również można poddać badaniom.



Rys. 4 Mechanizm przemieszczania się lodowców antarktycznych<sup>[4]</sup>

### 2.3. Miejsca i nazewnictwo

Porównując ze sobą mapę, na której znajdują się miejsca, w których meteoryty są najczęściej znajdowane z fizyczną mapą kontynentu widać wyraźnie, że znaleziska odkrywane są najczęściej w okolicach głównego łańcucha gór Antarktydy – Gór Transantarktycznych, które dzielą kontynent na część wschodnią i zachodnią, a najwyższy ich punkt znajduje się 4500 m. n.p.m (góra Kirkpatricka).

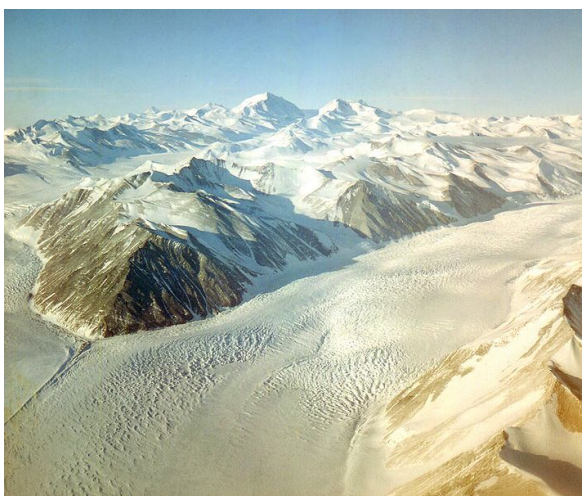


Rys. 5 Porównanie miejsc najczęstszego znajdowania meteorytów<sup>[4]</sup> z mapą geograficzną Antarktydy<sup>[5]</sup>



---

Takie ułożenie miejsc znalezisk tłumaczone jest właśnie działaniem mechanizmu przenoszenia meteorytów przez lodowce zatrzymujące się i topniejące u podnóży górskich. Są one znajdowane zarówno po jednej jak i drugiej stronie gór. Zagęszczenie odkryć przy południowym krańcu gór spowodowane jest obecnością największego na kontynencie lodowca Rossa. Jego obecność przy łańcuchu górskim tworzy wręcz „pole meteorytowe” dające idealne warunki do poszukiwań. Kolejne „zagłębienie meteorytowe” znajduje się na północno zachodniej części kontynentu – tam również znajdują się widoczne na mapie geograficznej wybrzuszenia terenu.

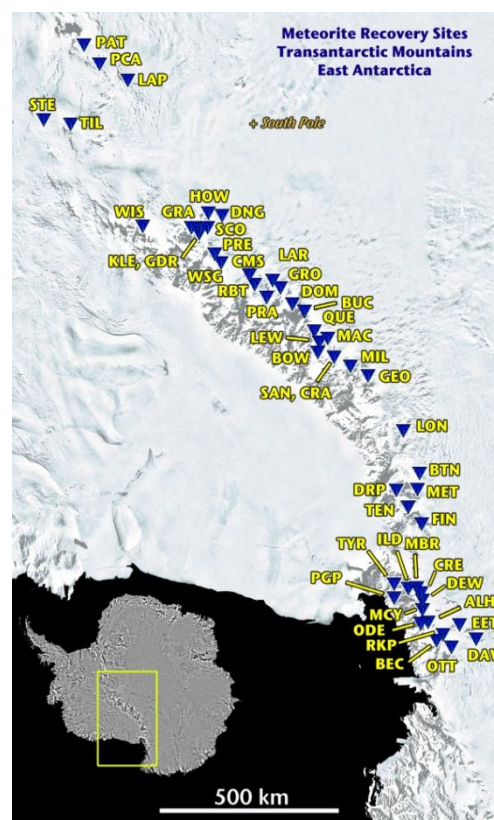


Rys. 6 Góry Transatlantyczne w połączeniu z lodowcem tworzą idealne warunki do poszukiwań meteorytów<sup>[6]</sup>

Meteority z Antarktydy otrzymują najczęściej nazwę od miejsca, w którym je odnaleziono. Przykładowo, jedno z pierwszych odnalezionych meteorytów odnaleziono przez Japończyków przy górze nazwanej przez nich Yamato i taką też nazwę otrzymały te znaleziska. W programie ANSMET opracowano specjalny system nazewnictwa, gdzie znaleziska są zawsze oznaczone literami i cyframi, w nich jest zaszyfrowane miejsce i rok znalezienia oraz numer kolejny na przykład słynny meteoryt tzw. „marsjański” oznaczony jest ALH84001 co oznacza, że został znaleziony w rejonie Allan Hills w roku 1984 na Antarktydzie. System ten pozwala w łatwy sposób zidentyfikować miejsce znalezienia meteorytu na Antarktydzie już po samej nazwie, co przy ilości kilkunastu tysięcy odnalezionych meteorytów jest sporym ułatwieniem do katalogowania i dokumentacji.



KOD	Nazwa miejsca	KOD	Nazwa miejsca
ALH	Allan Hills	LEW	Lewis Cliff
BEC	Beckett Nunatak	LON	Lonewolf Nunataks
BOW	Bowden Neve	MAC	MacAlpine Hills
BTN	Bates Nunataks	MBR	Mount Baldr
BUC	Buckley Island	MCY	MacKay Glacier
CMS	Cumulus Hills	MET	Meteorite Hills
CRA	Mt. Cranfield	MIL	Miller Range
CRE	Mt. Crean	ODE	Odell Glacier
DAV	David Glacier	OTT	Outpost Nunatak
DNG	D'Angelo Bluff	PAT	Patuxent Range
DEW	Mt. DeWitt	PCA	Pecora Escarpment
DOM	Dominion Range	PGP	Purgatory Peak
DRP	Derrick Peak	PRA	Mt. Pratt
EET	Elephant Moraine	PRE	Mt. Prestrud
FIN	Finger Ridge	UE	Queen Alexandra Range
GDR	Gardner Ridge	RBT	Roberts Massif
GEO	Geologists Range	RKP	Reckling Peak
GRA	Graves Nunataks	SAN	Sandford Cliffs
GRO	Grosvenor Mountains	SCO	Scott Glaciers
HOW	Mt. Howe	STE	Stewart Hills
ILD	Inland Forts	TEN	Tentacle Ridge
KLE	Klein Ice Field	TIL	Thiel Mountains
LAP	LaPaz Ice Field	TYR	Taylor Glacier
LAR	Larkman Nunatak	WIS	Wisconsin Range

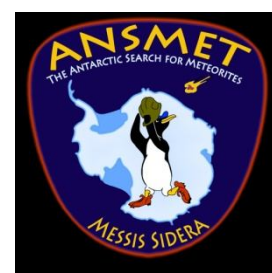


Rys. 7 Mapa z tabelą wyjaśniającą nazewnictwo<sup>[7]</sup>

## 3. Grupy poszukiwawcze

### 3.1. ANSMET

Amerykański program poszukiwania Meteorytów na Antarktydzie (ANtartic Search for METeorites) finansowany jest z National Science Foundation. Jego obszarem poszukiwań jest głównie rejon Gór Transantarktycznych rozciągających się po całym kontynencie i dzielący go na pół. Program działa od 1976 roku i od tego czasu odnaleziono ponad 20 000 meteorytów. Każda wyprawa dostarcza średnio 550 meteorytów z czego ilość w poszczególnych sezonach potrafi się wahać od 30 do 1200 znalezisk. Kierownictwo nad tym projektem sprawował w latach 1976-1995 prof. William A. Cassidy, a od 1996 roku dr Ralph P. Harvey. Do tej pory w projekcie brało udział ponad 200



Rys. 8 Logo programu ANSMET<sup>[8]</sup>

---

osób, niektóre po kilka razy. W przeciwieństwie do ekspedycji prywatnych meteoryty zebrane przez tę grupę służą do badań naukowych oraz są dostępne dla badaczy z całego świata i celów edukacyjnych. Zdecydowana większość znalezisk tego programu to chondryty - ponad 90%. Jednym z najciekawszych odnalezionych meteorytów jest meteoryt marsjański ALH84001 opisany w dalszej części.

Poszukiwanie meteorytów odbywa się głównie wizualnie przez 4-8 osobowe załogi złożone z naukowców. Przez cały czas poszukiwań trwający od 5 do 7 tygodni zamieszkują oni na polu lodowym pod namiotami. Po odnalezieniu potencjalnego meteorytu chowa się go do teflonowego worka i zapisuje pozycję GPS. Taka próbka będąca jeszcze zamrożoną jest wysyłana do laboratorium NASA Johnson Space Center w Houston. Po dotarciu do laboratorium próbki są rozmrażane i suszone a następnie starannie badane zarówno w skali makro-i mikroskopowej celem stwierdzenia autentyczności. Efektem tych wstępnych badań jest krótki pisemny opis, który jest następnie publikowany w Biuletynie Meteorytów Antarktycznych, który jest ogólnodostępny, a jego publikacja odbywa się dwa razy w roku. Po zapoznaniu się informacjami zawartymi w biuletynie naukowcy z całego świata mogą składać wnioski o przeprowadzenie badań na którymkolwiek z okazów. Próbkę do badań nie będą jednak gotowe wcześniej niż 6 miesięcy od czasu dostarczenia ich do laboratorium. Wszyscy naukowcy są traktowani tak samo, również amerykańscy nie posiadają żadnych specjalnych przywilejów co sprawia, że wszyscy naukowcy mają takie same szanse na spektakularne odkrycie. Po udostępnieniu badaczom próbki są przechowywane w Smithsonian Institution. Proces nazewnictwa opisano wcześniej. Wyniki 5 ciekawszych wypraw przedstawiają się następująco:

- 2004 - 2005 wyprawa składająca się z 12 członków odnalazła 1230 meteorytów o łącznej wadze 130 kg z których największy miał masę 30 kilogramów
- 2006 – 2007 – wyprawa, w której brał udział amerykański astronauta Don Pettit składająca się z 9 członków poszukujących meteorytów i 4 eksplorujących przyszłe tereny poszukiwań
- 2009 – 2010 – 8 członków wyprawy odnalazło ponad tysiąc meteorytów
- 2010 – 2011 – ponownie 13 członków w dwóch grupach szukało meteorytów i badało przyszłe rejony poszukiwań odnajdując ponad 1200 meteorytów

---

- 2011 – 2012 – wyprawa utrudniona przez opady śniegu, w porównaniu do poprzednich zebrano „tylko” 302 meteoryty a ich liczba całkowita po tej wyprawie przekroczyła 20000 sztuk

Ostatnia wyprawa miała miejsce na przełomie roku 2012 i 2013, a zakończyła się 29 stycznia. Grupa była podzielona na dwa zespoły – pierwszy złożony z ośmiu osób odnalazł nieco ponad 400 meteorytów. Drugi zespół zwiadowczy złożony z 4 osób i poszukujący obiecujących miejsc dla kolejnych wypraw odnalazł 63 próbki. W programie brał udział również kolejny astronauta Stan Love, uczestnik misji STS – 122, który przebywał 2 tygodnie na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Program ANSMET żartobliwie nazywany jest też „misją kosmiczną dla ubogich” - dotychczasowe koszty funkcjonowania programu są 100 razy mniejsze niż koszty pobrania próbki bezpośrednio z Marsa i dostarczenia go na Ziemię.

### 3.2. EURO-MET

Europejski program poszukiwań meteorytów na Antarktydzie utworzony w 1990 roku i będący kontynuacją ówczesnego włoskiego programu PNRA. Aktywność programu obejmuje organizację wypraw w poszukiwaniu nowych meteorytów, przechowywanie i klasyfikowanie zgromadzonego materiału. Na Antarktydzie prowadzono poszukiwania w latach:

- 1990 - 91 – wyprawa w Góry Frontier, 4 badacze odnajduje 259 meteorytów, w tym samym czasie grupa francuskich badaczy roztopiła 260 ton śniegu celem odzyskania z niego frakcji cząstek mikrometeorytów

-1993 – 94 – ponowne poszukiwania w Górach Frontier, odnaleziono 56 meteorytów w tym bardzo duże próbki od 300 do 1000g

Organizowano nie tylko wyprawy na Antarktykę, ale również do Australii i Afryki. Podsumowując, program nadzoruje 900 meteorytami i 10 000 drobin kosmicznego pyłu, jednak póki co brak informacji o samodzielnych nowszych lub planowanych wyprawach. W 2010/2011 włoski program PRNA współpracował z bliźniaczym koreańskim programem KOREAMET odnajdując 112 meteorytów.

---

### 3.3. KOREAMET

Finansowane przez rząd poszukiwania meteorytów przez koreańskich naukowców. Program działa od sezonu 2006/07 kiedy to odnaleziono 66 meteorytów. Próbki przechowywane są w dwóch miejscach - Korea Polar Research Institute (KOPRI) oraz we włoskim Museo Nazionale Dell'Antartide (MNA). Kolejne wyprawy:

- 19 grudzień 2007 - 06 styczeń 2008 – odnalezienie 16 meteorytów o łącznej masie 10,6 kg z czego 9 to chondryty zwyczajne
- grudzień 2008 - styczeń 2009 – 8 meteorytów o łącznej masie 5,9 kg z czego 6 to zwykle chondryty
- styczeń 2011 – przeprowadzona razem z włoskim programem poszukiwań meteorytów antarktycznych (PRNA) w górach Frontier, odnaleziono 112 próbek
- styczeń 2012 – 4 – osobowy zespół odnalazł tylko 1 meteoryt o wadze 50 g



Rys. 9 Zdjęcie z wyprawy KOREAMET 2010/11<sup>[9]</sup>

### 3.4. JARE

Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) – jest to program organizowany przez National Institute of Polar Research – japoński instytut do badań polarnych. Dzieli się on na kilka sekcji zajmujących się m.in. meteorologią, geologią, glaciologią i klimatologią. Za poszukiwanie meteorytów odpowiedzialny jest Antarctic Meteorite Research Center. Zajmują się on również przeprowadzaniem badań, katalogowaniem i przechowywaniem

---

próbek. Część znalezisk jest również badana w laboratoriach amerykańskiego programu ANSMET. Poza tym kilkadziesiąt próbek różnych typów meteorytów w tym marsjańskich i księżycowych zostało przygotowanych i przekazanych do krajów europejskich takich jak Dania, Rumunia, Belgia, Węgry w celach edukacyjnych. Instytut ten posiada w swoich zbiorach ponad 17 000 meteorytów, z których ponad połowa pochodzi z Antarktydy, a które pierwsze zostały odnalezione w 1969 roku u stóp góry Yamato.

### 3.5. Pozostałe

The Antarctic Scientific Exploration of China – chiński program poszukiwań meteorytów, działa od 2000 roku, ma odkrytych na koncie już ponad 10000 meteorytów w tym dwa marsjańskie i kilka innych nietypowych, jest to trzeci największy zbiór meteorytów po USA i Japonii

SAMBA – belgijski program poszukiwawczy mający na swoim koncie 425 meteorytów, których całkowita waga wynosi 75 kg w tym – 2 o masie 2 kg, po 1 o masie 4,5 i 6 kg oraz jeden z największych znalezionych na Antarktydzie meteoryt o masie 18 kg odnaleziony w 28 lutego 2013 roku.



Rys. 10 Największy w ostatnim czasie odnaleziony meteoryt ważący 18 kg<sup>[10]</sup>

Poza tym organizowanych jest wiele wypraw komercyjnych przez prywatnych kolekcjonerów. Takie wyprawy są jednak dość kosztowne, a znaleziska trafiające w ręce prywatne lub sprzedawane przez co stają się niedostępne dla naukowców i nie są badane ani klasyfikowane. Przykładem takiej organizacji jest PSF – Planetary Studies Foundation. Organizacja ta w latach 1998, 2000, 2002 zorganizowała wyprawy, które przyniosły jej 19 okazów o łącznej masie 5 kg.

---

## 4. Odnalezione meteoryty

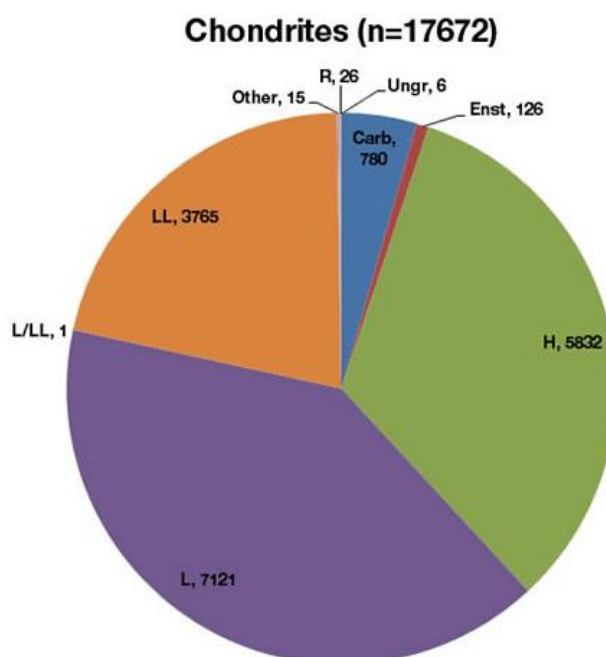
### 4.1. Meteoryty „zwykłe”

Łączna kolekcja wszystkich meteorytów antarktycznych odnalezionych przez wszystkie ekspedycje wynosi ponad 31000 zatwierdzonych okazów - stanowi to ponad połowę wszystkich odnalezionych meteorytów których jest ponad 50 000. Liczba ta ciągle się zmienia, meteoryty z najnowszych wypraw są dopiero badane w laboratorium. W żadnym innym miejscu na Ziemi nie udało się odnaleźć tak ogromnej ilości kosmicznych kamieni.



Rys. 11 Pierwszy meteoryt odnaleziony w ramach programu ANSMET<sup>[11]</sup>

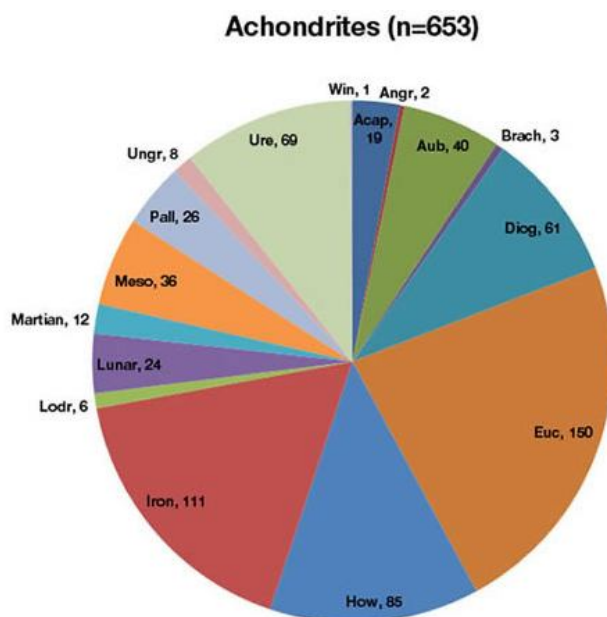
Największą część odnajdywanych meteorytów znajdujących zarówno na Antarktydzie jak i w ogóle na świecie stanowią chondryty – 85%. Są to meteoryty kamienne składające się głównie z oliwinu i piroksenu. Ich cechą charakterystyczną jest obecność chondr – drobnych ziaren mających formę kulistych skupień krystalicznych. Przedstawione poniżej wykresy zostały sporządzone na podstawie meteorytów znalezionych i potwierdzonych w programie ANSMET do września 2012 roku.



Rys. 12 Ilość chondrytów w zbiorze meteorytów antarktycznych<sup>[12]</sup>



Widać, że najliczniejszą grupę wśród samych chondrytów stanowią tak zwane chondryty zwyczajne. Można je podzielić na trzy grupy – typu L, H i LL. Różnią się one między sobą proporcjami zawartości minerałów - poza wspomnianymi wcześniej oliwinami i piroksenami, w skład wchodzi również plagioklasy (szereg minerałów skałotwórczych), troilit (siarczek żelaza FeS) i stop żelazowo – niklowy. Kolejną istotną grupę stanowią chondryty węgliste zawierające w swoim składzie oprócz węgla również wodę.



Rys. 13 Ilość achondrytów w zbiorze meteorytów antarktycznych<sup>[13]</sup>

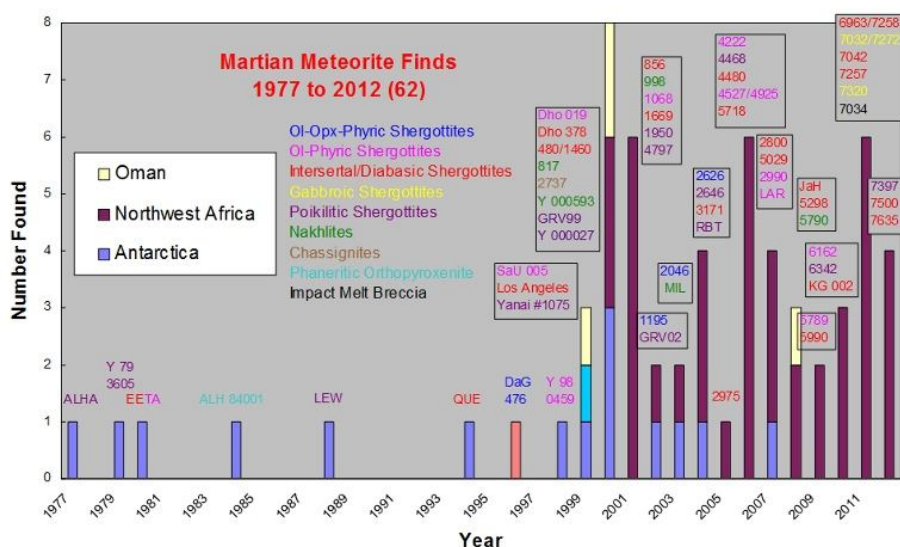
Drugie miejsce pod względem liczności należy do achondrytów przypominających ziemski bazalt, zbudowanych głównie z piroksenów i plagioklazów. Jak widać na powyższym wykresie główną grupę stanowią meteoryty typu HED – howardyty, diogenity i eukryty. Podejrzewa się że meteoryty grupy HED pochodzą od planetoidy Westa. Do tej grupy zalicza się również część meteorytów pochodzenia marsjańskiego lub księżycowego wykazujących cechy achondrytów których jest odpowiednio 12 i 24.

## 4.2. Meteoryty marsjańskie

Uderzenia meteorytów w powierzchnię Marsa powodują przekraczanie prędkości ucieczki przez odłamki, które wydostają się w przestrzeń kosmiczną a następnie po milionach a nawet miliardach lat docierają do Ziemi i spadają jako meteoryty. Pochodzenie marsjańskie próbek udało się ustalić dzięki wynikom badań tej planety przez sondy kosmiczne. Jest to jedyny sposób, gdyż nie dysponujemy materiałem przywiezionym wprost z Marsa.



Dotychczas odnaleziono 67 meteorytów składających się z 99 okazów, z czego 15 meteorytów i 25 okazów pochodzi z Antarktydy (stan na maj 2013).



Rys. 14 Miejsce odnajdywania meteorytów marsjańskich na przestrzeni ostatnich lat<sup>[14]</sup>

Do 1977 znano jedynie 6 meteorytów pochodzenia marsjańskiego. Pierwsze meteoryty marsjańskie na Antarktydzie odnaleziono w 1977 roku przez wyprawę ANSMET. Kolejny został odnaleziony w 1979 roku przez Japończyków. Jak widać na wykresie początkowo odnajdowane je tylko na Antarktydzie, a obecnie odnajduje się je głównie w Afryce.

Tab. 1 Tabela meteorytów marsjańskich odnalezionych na Antarktydzie (<http://www.imca.cc/mars/martian-meteorites-list.htm>)

Lp.	Nazwa	Rok odnalezienia	Masa [g]
1.	ALHA 77005	1977	482,5
2.	Yamato 793605	1979	~ 16
3.	EETA 79001 A & B	1980	7942
4.	ALH 84001	1984	1939,9
5.	LEW 88516	1988	13,2
6.	QUE 94201	1994	12.0
7.	Yamato 980459/980497	1998	82,5 / 8,7
8.	Yamato 984028/000027/000047/000097	1998-2000	12,3 / 9,7 / 5,3 / 24,5
9.	YA 1075	1999	55
10.	GRV 99027	2000	10
11.	Yamato 000593/000749/000802	2000	13713/1283/22
12.	GRV 020090	2002	7.54
13.	MIL 03346/090030/090032/090136	2003-2009	715/453/532/171
14.	RBT 04261/04262	2004	78,8 / 204,6
15.	LAR 06319	2007	78,6

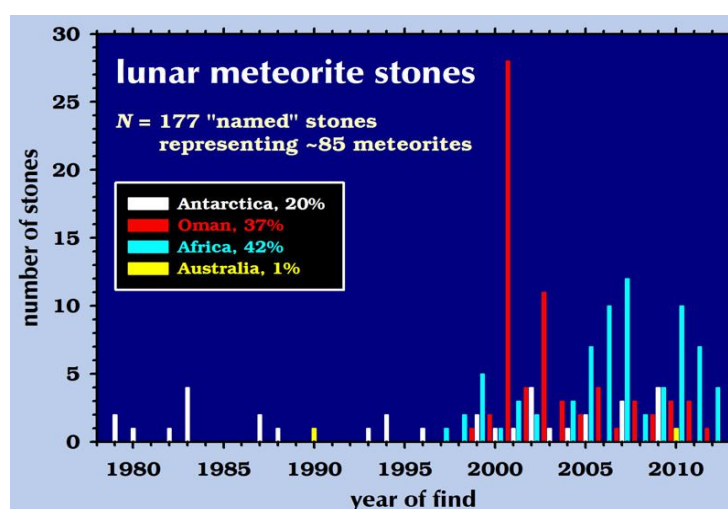
Allan Hills 84001 jeden z najsłynniejszych meteorytów został odnaleziony w 1984 roku przez zespół ANSMET. Waży prawie 2 kg, a jego wiek szacuje się na 4 mld lat, w tym na Ziemi znajduje się od 13 tys. lat. Podejrzewa się że pochodzi z rejonu Valles Marineris. Swoją sławę zawdzięcza wewnętrznym strukturom, w których dopatrywano się śladów życia. Za pomocą mikroskopu skaningowego zaobserwowano struktury ludzko podobne do ziemskich bakterii jednak będące znacznie mniejszych rozmiarów od nich. Nadal do końca nie jest wyjaśnione czy są to ślady mikroskopijnego życia na Marsie czy też efekt zanieczyszczenia biologicznego na Ziemi lub nietypowa struktura wewnętrzna tego meteorytu. Obecnie jest to przedmiotem kontrowersji lecz przeprowadzając większą ilość badań na obecność związków organicznych coraz częściej wyklucza się by były to bakterie – są zbyt małe, rzędu 20-100 nm.



Rys. 15 Meteoryt ALH84001 oraz struktury przypominające ziemskie bakterie<sup>[15]</sup>

### 4.3. Meteoryty księżycowe

Obecnie znamy 80 meteorytów księżycowych składających się z około 170 próbek. Z wszystkich tych meteorytów odnalezionych na całym świecie 19 pochodzi z Antarktydy, a w ich skład wchodzi 33 okazy (stan na luty 2013). Na Ziemi dotarły dzięki uderzeniom innych meteorytów w Księżyc – materiał oderwany od powierzchni uzyskał wystarczającą prędkość by pokonać jego grawitację.



Rys. 16 Ilość odnajdywanych meteorytów księżycowych w ostatnich latach z uwzględnieniem miejsca znalezienia<sup>[16]</sup>

Pierwszy meteoryt księżycowy odnaleziono już w 1979 roku u podnóża góry Yamato przez Japończyków, jednak dopiero kilka lat później został on właściwie zidentyfikowany. Pierwszym właściwie zidentyfikowanym meteoritem był ALHA 81005 odnaleziony przez wyprawę ANSMET w 1982 roku. Jak widać na wykresie większość meteorytów tego typu odnajdowanych jest na terenie Afryki, a co piąty okaz pochodzi z Antarktydy.

Skały księżycowe można podzielić na dwie grupy: pochodzące z księżycowych mórz oraz z wyżyn. Skały z mórz różnią się od siebie głównie zawartością tytanu, zawierają w sobie głównie plagioklaz, natomiast skały z wyżyn zawierają w sobie ciężkie pierwiastki skał plutonicznych, piroksen i plagioklaz lub brekcje regolitowe. Ich wiek datowany jest na miliardy lat. Często podobne są do ziemskich bazaltów, co utrudnia ich rozpoznawanie.

Tab. 2 Tabela meteorytów księżycowych odnalezionych na Antarktydzie  
([http://curator.jsc.nasa.gov/antmet/lmc/lunar\\_meteorites.cfm](http://curator.jsc.nasa.gov/antmet/lmc/lunar_meteorites.cfm))

Lp.	Nazwa	Rok odnalezienia	Masa [g]
1.	Yamato 793169	1979	6.1
2.	Asuka 881757	1988	442
3.	La Paz Icefield 02205, 02224, 02226, 02436, 03632, 04841	2002, 2003, 2004	1226.3, 252, 244, 59, 93, 56
4.	Miller Range 05035	2005	142
5.	Yamato 791197	1979	52.4
6.	Allan Hills A81005	1982	31.4
7.	Yamato 82192/82193/86032	1982/1986	37/27/648
8.	MacAlpine Hills 88104/88105	1989	61/663
9.	Queen Alexandra Range 93069/94269	1993/94	21.4/3.1
10.	Pecora Escarpment 02007	2002/03	22.4
11.	Graves Nunataks 06157	2007	0.8
12.	Larkman Nunatak 06638	2007	5.0
13.	Miller Range 07006	2007	1.368
14.	Miller Range 090034, 090036, 090070, 090075	2009	195.6, 245, 137.5, 143.5
15.	Yamato 793274/981031	1980/99	8.7, 186
16.	Elephant Moraine 87521/96008	1987/89	31, 53
17.	Queen Alexandra Range 94281	1994	23
18.	Yamato 983885	1999	290
19.	Meteorite Hills 01210	2000	22.83

---

- Yamato 791197 – pierwszy meteoryt księżycowy odnaleziony w 1979 roku, uważa się że pochodzi z ciemnej strony Księżyca z księżycowych wyżyn

- Allan Hills A81005 – pierwszy sklasyfikowany meteoryt księżycowy, odnaleziony w 1982 roku przez grupę ANSMET, ma wymiary  $3 \times 2,5 \times 3$  cm i waży 31 gramów, składa się głównie z plagioklazu, klasyfikacji dokonano dzięki porównaniu z próbkami misji Apollo

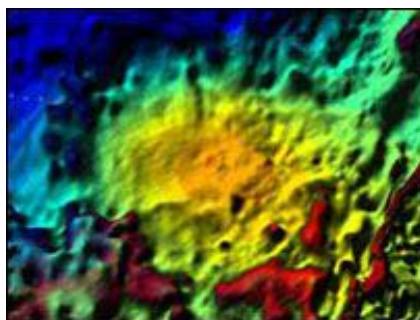


Rys. 17 Pierwszy odnaleziony meteoryt księżycowy na Ziemi<sup>[17]</sup>

Choć dzięki programowi Apollo na Ziemię dotarło prawie 400 kg próbek meteoryty księżycowe mają ogromne znaczenie. Próbki zebrane przez astronautów pochodzą z niewielu różnych miejsc, natomiast meteoryty księżycowe są zróżnicowane, pochodzą z przypadkowych miejsc i różnych głębokości, mogą pochodzić zarówno z widocznej jak i niewidocznej strony Księżyca, dają nam zatem wiele różnych próbek z różnych miejsc i powierzchni w przeciwieństwie do programu Apollo, gdzie choć mamy większe ilości próbek to są one mało zróżnicowane i pochodzą z kilku wybranych miejsc. Dlatego też dalsze poszukiwania tego rodzaju meteorytów choć niezwykle trudne mają ogromne znaczenie dla lepszego poznania naszego naturalnego satelity.

#### 4.4. Nie tylko meteoryty

Antarktyda jest nie tylko miejscem, gdzie można odnaleźć meteoryty. Udało się również zidentyfikować pod jej pokrywą lodową krater. Znajduje się on we wschodniej części kontynentu i ma szerokość 480 kilometrów. Podejrzewa się, że jest to ślad uderzenia masywnego meteorytu 250 mln lat temu. Tak duże uderzenie mogło być przyczyną „wielkiego wymierania” w tamtym okresie. Odkrycia dokonano dzięki satelitarnym pomiarom pola grawitacyjnego tego obszaru i ogłoszono je w 2006 roku.



Rys. 18 Radarowe zdjęcie krateru antarktycznego<sup>[18]</sup>

---

Choć warunki życia na tym kontynencie nie są sprzyjające to panują tam idealne warunki do prowadzenia obserwacji astronomicznych. Niska wilgotność powietrza powoduje najlepszą możliwą przejrzystość atmosfery. Dodatkowymi atutami są niska emisja podczerwieni, niska zawartość pyłów, częste bezchmurne niebo i brak zanieczyszczenia światłem innym niż Księżyc albo zorze polarne. Na francusko – włoskiej stacji polarnej Concordia znajduje się: teleskop astronomiczny ASTEP o średnicy 40 cm przeznaczony do detekcji tranzytów planet pozasłonecznych, zdalnie sterowany teleskop AASTINO, bolometryczny interferometr BRIAN, robotyczny teleskop podczerwony o średnicy 80 metrów i 2,6 metrowy radioteleskop. Miejsce to było również rozważane do postawienia tam największego budowanego teleskopu E-ELT o średnicy 39,3 m. Na stacji Amundsen-Scotta znajduje się natomiast 10 metrowy radioteleskop South Pole Telescope (SPT), zbudowany przez konsorcjum amerykańskich uczelni, pracujący w paśmie częstotliwości 70-300 GHz, przeznaczony do poszukiwania odległych gromad galaktyk.



Rys. 19 South Pole Telescope

## 5. Podsumowanie

Antarktyda jest bardzo ciekawym miejscem pod względem astronomicznym – niska wilgotność i ciemne niebo stanowią idealne warunki do prowadzenia obserwacji astronomicznych. Jednak ważniejszym powodem zainteresowań naukowców tym kontynentem są meteoryty, których na Antarktydzie odnajduje się ogromne ilości. Ilość znalezisk wynosi ponad 31000 okazów, co stanowią ponad dwie trzecie wszystkich zebranych meteorytów na świecie. Co więcej liczba ta ulega zmianie, gdyż wiele poprzednich znalezisk nie zostało jeszcze przebadanych a co roku przybywają nowe. Ich odnajdowaniu sprzyjają mechanizm przemieszczania się i topnienia lodowców u podnóża gór. W tego typu rejonach co roku w sezonie letnim dla tego kontynentu to jest grudzień/styczeń wysyłane są ekspedycje złożone z naukowców, geologów, alpinistów. Wyprawy te organizowane są zarówno przez instytucje naukowe lub przez prywatnych kolekcjonerów. Największymi sukcesami w dziedzinie poszukiwań może poszczycić się amerykańska grupa naukowa

---

ANSMET, która ma na swoim koncie około 20000 odkrytych meteorytów. Co więcej próbki te udostępniane są naukowcom z całego świata do przeprowadzania badań.

Badania te mają ogromne znaczenie dla poznania budowy i historii naszego Układu Słonecznego. Odnajdywane chondryty mogą mieć wiek równy 4,5 mld lat, co oznacza że są to cząstki zachowane z momentu powstawania naszego układu planetarnego. Klimat Antarktydy i lodowce stanowią dla nich naturalną „lodówkę”, co czyni te znaleziska jeszcze bardziej wyjątkowymi poprzez odizolowanie ich od ziemskich czynników zewnętrznych. Badanie odnalezionych meteorytów pozwoliło na poszerzenie naszej wiedzy na temat pierwotnej mgławicy, jej składu i warunków panujących w czasie jej powstania. W jednym z meteorytów udało się odnaleźć ślady SiO<sub>2</sub> będące dowodem na to, że do powstania naszego układu przyczynił się pobliski wybuch supernowej. Co więcej, niewielka część meteorytów pochodzi z innych ciał Układu Słonecznego – planetoid, Marsa, Księżyca. Te próbki są bezcenne, są swego rodzaju sondą kosmiczną, pozwalają nam badać powierzchnię innych obiektów bez ruszania się z Ziemi.

W przyszłości należy spodziewać się kolejnych odkryć, które systematycznie wypełnią pozostałe luki w naszej wiedzy na temat materii pierwotnej i historii jej ewolucji oraz jakie mechanizmy są za to odpowiedzialne. Należy spodziewać się też kolejnych znalezisk dla typów meteorytów stanowiących póki co jeden okaz. Szczególnie cenne byłoby również poszerzenie kolekcji meteorytów planetarnych, zwłaszcza z Marsa do lepszego zbadania ich historii geologicznej i skorupy. W przyszłości być może odnajdzie się też meteoryty pochodzące z Wenus lub Merkurego. Antarktyda kryje jeszcze wiele skarbów, które czekają na nasze odkrycie.

## Źródła ilustracji

[1] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Antarktyda>

[2] <http://geology.cwru.edu/~ansmet/collecting/index.html>

[3] <http://geology.cwru.edu/~ansmet/collecting/index.html>

[4] <http://earthandsolarsystem.wordpress.com/2012/07/30/meteorites-on-ice/>

[5] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Antarktyda> i <http://www.rosssea.info/meteorites.html>



- 
- [6] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Antarktyda>
- [7] <http://curator.jsc.nasa.gov/antmet/map.cfm>
- [8] <http://artscilabs.case.edu/ansmet/faqs/>
- [9] <http://koreamet.kopri.re.kr/>
- [10] [http://www.antarcticstation.org/multimedia/picture\\_gallery/samba\\_meteorite\\_team/](http://www.antarcticstation.org/multimedia/picture_gallery/samba_meteorite_team/)
- [11] <http://www.marmet-meteorites.com/id45.html>
- [12] <http://curator.jsc.nasa.gov/antmet/statistics.cfm>
- [13] <http://curator.jsc.nasa.gov/antmet/statistics.cfm>
- [14] <http://www.imca.cc/mars/martian-meteorites.htm>
- [15] [http://en.wikipedia.org/wiki/Allan\\_Hills\\_84001](http://en.wikipedia.org/wiki/Allan_Hills_84001)
- [16] <http://meteorites.wustl.edu/lunar/>
- [17] <http://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php?code=1965>
- [18] <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/5045024.stm>
- [19] <http://www.astronomia.pl/wiadomosci/index.php?id=1418>

## Bibliografia

1. B. Hurnik, H. Hurnik *Materia kosmiczna na Ziemi, jej źródła i ewolucja*, Poznań 2005, Wydawnictwo Naukowe UAM str. 190 - 216
2. <http://curator.jsc.nasa.gov/antmet/index.cfm>
3. <http://geology.cwru.edu/~ansmet/>
4. <http://koreamet.kopri.re.kr/>
5. <http://www.nipr.ac.jp/english/>
6. <http://www.meteoriticalsociety.org/>
7. [http://www.mna.it/english/Publications/TAP/TA\\_pdfs/Volume\\_01/TA\\_01\\_01\\_229\\_Mellini.pdf](http://www.mna.it/english/Publications/TAP/TA_pdfs/Volume_01/TA_01_01_229_Mellini.pdf)



- 
8. <http://www.docstoc.com/docs/149927396/Meteorites-from-Antarctica>
  9. [http://artscilabs.case.edu/ansmet/wp-content/uploads/2012/11/ANSMET\\_field\\_guide.pdf](http://artscilabs.case.edu/ansmet/wp-content/uploads/2012/11/ANSMET_field_guide.pdf)
  10. <http://meteorites.wustl.edu/lunar/>
  11. <http://www.imca.cc/mars/martian-meteorites.htm>
  12. <http://en.wikipedia.org>