

OLSZTYŃSKIE PLANETARIUM I OBSERWATORIUM ASTRONOMICZNE
POLSKIE TOWARZYSTWO METEORYTOWE
II SEMINARIUM METEORYTOWE
24-26.04.2003 OLSZTYN

Andrzej MANECKI¹, Magdalena ŻMUDZKA²

**CHONDRYTY I CHONDRY
ZMIENIONE POD WPŁYWEM WODY LUB JEJ PARY
W PROCESACH POZAZIEMSKICH.
SZUKANIE PRZYKŁADÓW I DOWODÓW**

**POROWATOŚĆ CHONDRYTÓW I WYPEŁNIENIE PRZESTRZENI
POROWYCH**

Porowatość to własność meteorytów, która występuje bardzo rzadko. Jest tylko kilka okazów skał pozaziemskich, które zawierają pory, zwłaszcza pory pierwotne powstałe w trakcie tworzenia się ciała macierzystego meteorytu. Porowatość wtórna, powstała na drodze procesów przeobrażeniowych lub wietrzenia jest także rzadko spotykana. Dobrym przykładem meteorytu o dużej porowatości jest Baszkówka, chondryt zwyczajny o małej zawartości żelaza – L5. Porowatość Baszkówki stanowi około 20%, co sprawia, że jego gęstość wynosi tylko $2,9 \text{ g/cm}^3$ (~średnia gęstość skorupy ziemskiej). Meteoryt ten stanowi wyjątek pod tym względem, gdyż średnia porowatość chondrytów (tylko tu jest spotykana) wynosi zwykle poniżej 10% (1% - ponad 25%). Wyjątek stanowią jedynie chondryty węgliste CI, których porowatość wynosi ~25%. Dla porównania porowatość typowej skały osadowej powstałej na Ziemi wynosi około 14% (O. R. Norton, 1998). W wolnych przestrzeniach między chondrami a ostrokrawędzistymi okruchami krzemianowymi można znaleźć, oprócz własnokształtnych kryształów oliwinów, kryształy kamacytu i troilitu. Opisane przez niektórych autorów (Borucki i in., 2001) minerały wypełniające wolne przestrzenie (chlorapatyt, kalcyt, hematyt) budzą wiele pytań co do środowiska powstania tego chondrytu (kometa?). Wielkość porów wynosi nawet do 3 mm (J. Siemiątkowski, 2001). W wyniku dokładnych badań okazało się, że liczne pustki istnieją także wewnątrz chondr (A. S. Pilski i in., 1998).

Innymi przykładami porowatych meteorytów są m.in.: chondryt L4 Saratov o porowatości 18,3%, chondryt H5 Nuevo Mercurio, którego liczne pustki wypełnione są własnokształtnymi minerałami czy chondryt węglisty Yukon.

WYBIELONE CHONDRY

Wybielone chondry to takie chondry piroksenowe, które są bardzo zubożone w alkalia i Al w swoich zewnętrznych strefach, natomiast w miejscach wybielenia,

¹ Zakład Mineralogii, Petrografii i Geochemii Akademia Górniczo-Hutnicza, 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30,
e-mail: 1- manecki@geol.agh.edu.pl; 2- mazmudz@poczta.onet.pl

gdzie zostało usunięte mezostasis są porowate. Najwięcej chondr tego typu można znaleźć w chondrytach zwyczajnych o małej zawartości Fe – L i LL (3-go typu petrologicznego, a także w mniejszej ilości w typach od 4 do 6). Ich charakterystyczna postać jest wynikiem niskotemperaturowych przeobrażeń pod wpływem roztworów wodnych przepływających przez drobnoziarniste matrix chondr, a także metamorfizmu termicznego. Podczas przeobrażeń wodnych szkliwo uległo rozpuszczeniu i zostało częściowo zastąpione przez krzemiany warstwowe, natomiast pirokseny pozostały zupełnie nienaruszone. Bogate w wapń warstwy znajdujące się w wewnętrznych obrzeżeniach tych wybielonych stref chondr powstały albo we wczesnych etapach metamorfizmu lub w wyniku działania roztworów na chondry. Obecność chondr tego typu w chondrytach zwyczajnych świadczy o tym, że doświadczyły one wodnych przeobrażeń na wczesnych etapach powstawania planetoid (Grossman i in., 2000).

WODA, LÓD WODNY W STREFACH POZAZIEMSKICH NASZEGO UKŁADU SŁONECZNEGO

Poza Ziemią obecność wody i lodu wodnego stwierdzono głównie na księżycach „gazowych olbrzymów” tj. Jowisza (na Europie, Ganimesesie i Kallisto, których skalne wnętrza otoczone są różnej grubości wodnym płaszczem i/lub skorupą lodową), Saturna (m.in. Enkelados, Tethys, Mimas, Dione i Rea), Urana (Miranda, Ariel, Umbriel, Tytania i Oberon) i Neptuna (Nereida), kometach, pewnych planetoidach oraz śladowo lub w mieszaninie z innymi typami lodu - na innych planetach: Marsie, Plutonie i jego księżycu Charonie oraz w paśmie chmur Jowisza, warstwach zewnętrznych Saturna i pod atmosferami Urana i Neptuna.

Przede wszystkim jednak obecność wody stwierdzono w kometach, występujących w różnych miejscach Układu Słonecznego. Jądra komet składają się głównie z lodu wodnego, amorficznego (nawet do 80%), zamrożonych gazów oraz z kamiennych lub metalicznych cząstek stałych. Innymi ciałami zawierającymi wodę są planetoidy (np. 1 Ceres), z których niektóre mogły być w przeszłości kometami i utraciły już swą typową aktywność.

WCZESNY ETAP POWSTAWANIA PLANETOID

Zarówno planetoidy jak i komety stanowią pozostałości po utworzeniu się planet w naszym Układzie Słonecznym około 4,5 mld lat temu. Wiele planetoid, w trakcie akrecji osiągnęło na tyle duże rozmiary i masę, że doszło w nich do przetopienia i dyferencjacji na warstwy o różnych gęstościach, inne natomiast (o mniejszych rozmiarach i mniejszych gęstościach) do dziś pozostały niezmiennione, a ich skład odpowiada składowi pramaterii znajdującej się w mgławicy słonecznej. We wczesnych etapach powstawania planetoid, bardzo łatwo ulegały one różnym przeobrażeniom m.in. pod wpływem przepływających roztworów wodnych, zwłaszcza te obiekty, które znajdowały się w odległości powyżej 3 j.a. od Słońca. Planetoidy występujące bliżej macierzystej gwiazdy ulegały metamorfizmowi termicznemu oraz przetopieniu. Charakterystyczna struktura (chondry), porowatość i unikalny skład mineralny różnego typu chondrytów, pochodzących z tych ciał jest

dowodem na ich pierwotny i niezmienny charakter. Chondry wybielone są dobrym przykładem wodnych przeobrażeń we wczesnych etapach powstawania planetoid, ponieważ wtedy były one jeszcze systemem otwartym, w którym woda mogła krążyć bez ograniczeń. Woda ta mogła pochodzić z lodu, który uległ stopieniu dzięki ciepłu wydzielonemu podczas rozpadu promieniotwórczego ^{26}Al (L. Wilson i in., 1999).

PLANETOIDY Z LODOWYM MATRIX

Niektóre typy planetoid zawierają wodę lub lód wodny, co zostało udowodnione za pomocą badań spektroskopowych. Na niektórych stwierdzono obecność minerałów, które mogły powstać tylko w środowisku wodnym. Bardzo ciemne planetoidy typu D, znajdujące się głównie na orbicie Jowisza (Trojańczycy), mają zbliżony skład do komet oraz bardzo małą gęstość (bliską gęstości wody) i powstały najprawdopodobniej we wczesnym etapie formowania się Układu Słonecznego (M. A. Barucci i in., 1996). Podobnie jest z planetoidami typu C i P, o równie niskim albedo, które mogą być ciałami macierzystymi różnego typu chondrytów. Prawdopodobnie uległy one metamorfizmowi termalnemu w obecności płynnej wody (C. K. Shearer i in., 1998). Planetoidami tego typu są np. 1 Ceres, 2 Pallas, 253 Matylda i 45 Eugenia. Możliwe, że planetoidy tego typu to tzw. rubble piles, czyli obiekty złożone z różnej wielkości okruchów skalnych, na tyle małe i porowate, że nie doszło w nich do przetopienia i dyferencjacji. Pomiędzy okruchami może znajdować się różna ilość lodu wodnego, który w tej sytuacji pełni rolę spoiwa, zapobiegając tym samym rozpadowi ciał przy uderzeniach.

REAKCJE HYDROTHERMALNE W KOMETACH

Komety to najbardziej niezmiennione w naszym Układzie Słonecznym ciała będące mieszaninami lodu (amorficznego, wodnego oraz zamrożonych gazów) oraz kamiennych i metalicznych cząstek stałych. Podczas zbliżania się do Słońca, kiedy zamrożone w jądrze gazy zaczynają sublimować, a lód wodny topić, najprawdopodobniej dochodzi wtedy do licznych reakcji hydrotermalnych powodujących przeobrażenia okruchów skalnych i minerałów, gdyż reakcje tego typu mogą zachodzić jedynie z udziałem wody i odpowiedniej temperatury. W czasie typowej aktywności komety, pary i gazy o wysokich temperaturach oraz gorące roztwory wodne krążące w powstałych szczelinach mogą i oddziałują na okruchy skalne i cząstki pyłowe, zmieniając często ich pierwotną postać i skład. Roztwory te są bowiem bogate w pierwiastki, a reagując z otoczeniem tworzą nowe związki (krzemiany warstwowe, siarczki m.in. Cu, Sn, Ag, Au, Fe, apatyty, fluoryty i wiele innych).

WYBRANE POZYCJE LITERATURY:

- BARUCCI M.A., FULCHIGNONI M., LAZZARIN M., 1996: Water ice in primitive asteroids? *Planet. Space Sci.* 9, 1047-1049.
BORUCKI J., STĘPNIEWSKI M., 2001: Mineralogy of the Baszkówka

- chondrite (L5S1): new data on silicates, opaques and minor minerals. Geological Quarterly 45. 229-255.
- GREELEY R., BATSON R., 1999: Atlas Układu Słonecznego NASA. Prószyński i S-ka. Warszawa.
- GROSSMAN J.N., ALEXANDER C.M.O'D., WANG J., BREARLEY A.J., 2000: Bleached chondrules: Evidence for widespread aqueous processes on the parent asteroids of ordinary chondrites. Meteoritics Planet. Sci. 35, 467-486.
- ŁODZIŃSKI M., ŻMUDZKA M., 2003: Dwa najnowsze polskie meteoryty – „Baszkówka” i „Zakłodzie”. Otoczak 29.
- NORTON O.R., 1998: Czy chondryty są skałami osadowymi? Meteoryt 3. Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne. Frombork.
- ROSENBERG N.D., BROWNING L., BOURCIER W. L., 2001: Modeling aqueous alteration of CM carbonaceous chondrites. Meteoritics Planet. Sci. 36, 239-244.
- SEARS D.W., KOCHAN H.W., HUEBNER W. F., 1999: Laboratory simulation of physical processes occurring on and near the surfaces of comet nuclei. . Meteoritics Planet. Sci. 34, 497-525.
- SHEARER C.K., PAPIKE J. J., RIETMEIJER F.J.M., 1998: The planetary sample suite and environments of origin. W Papike J.J., Planetary Materials. Reviews in Mineralogy 36. Min. Soc. Am. Washington, D.C.
- WILKISON S.L., ROBINSON M.S., THOMAS P.C., VEVERKA J., McCOY T.J., MURCHIE S.L., PROCKTER L.M., YEOMANS D.K., 2002: An estimate of Eros's porosity and implications for internal structure. Icarus 155, 94-103.
- WILSON L., KEIL K., BROWNING L.B., KROT A.N., BOURCIER W., 1999: Early aqueous alteration, explosive disruption, and reprocessing of asteroids. Meteoritics Planet. Sci. 34, 541-557.
- ŻMUDZKA M., 2001: Skały planetoid i komet. W: Parametry fizyczne określające komety a obserwacje morfologiczne. Biuletyn Naukowy Sekcji Obserwatorów Komet 24. PTMA. Kraków.