

Martyna JAKUBOWSKA¹, Arkadiusz CZARNECKI¹, Marta ROBAK¹,
Anita ZAGROBELNA¹, Patrycja BOGUSZ¹, Marek WOŹNIAK²,
Jolanta GAŁĄZKA-FRIEDMAN¹, Łukasz KARWOWSKI³, Przemysław DUDA¹

Badania mössbauerowskie 3 chondrytów zwyczajnych typu L (Beni M'hira, Hyattville, Saratov) – wyznaczanie niepewności powierzchni spektralnych

Mössbauer studies of three ordinary chondrites type L (Beni M'hira,
Hyattville, Saratov) – uncertainty of the determination of spectral areas

Abstract: Mössbauer ⁵⁷Fe measurements of three ordinary chondrites type L were performed at room temperature. The measurements were repeated in the same experimental conditions. The experimental spectra were elaborated with „Recoil” program. The absorption areas of the same ordinary chondrite samples were very similar. The maximum variation was about 2% for doublets (paramagnetic iron) and 3% for sextet (magnetically ordered iron).

Keywords: Mössbauer spectroscopy, percentage of the spectral areas, Beni M'hira, Hyattville, Saratov

Wstęp

Widmo mössbauerowskie chondrytów zwyczajnych składa się z dwóch dubletów związanych z żelazem paramagnetycznym obecnym w oliwinach i piroksenach oraz z dwóch sekstetów związanych z żelazem uporządkowanym magnetycznie, które znajduje się w kamacycie i troilicie. Podwidma związane z innymi fazami mineralogicznymi zawierającymi żelazo są na ogół na granicy detekcji ze względu na małą zawartość żelaza, które jest z nimi związane. Przykładem takiej sytuacji może być chromit. Powierzchnie spektralne związane z oliwinem, piroksenem, kamacytem i troilitem są proporcjonalne do liczby atomów żelaza znajdujących się w badanych fazach mineralogicznych. Ta zależność stała się podstawą do tworzenia nowych metod klasyfikowania chondrytów zwyczajnych w oparciu o analizę widm

¹ Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa; e-mail: jakubowska@if.pw.edu.pl

² Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa

³ Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

mössbauerowskich. Pracując nad tworzeniem takich metod powinniśmy znać niepewność z jaką wyznaczane są powierzchnie podwidm mössbauerowskich. W niniejszej pracy oznaczmy tę niepewność na podstawie analizy widm mössbauerowskich otrzymanych w dwóch kolejnych pomiarach tej samej próbki danego meteorytu. Taka metoda stosowana była przez Verme (Verma i in. 2003). Będziemy analizować 3 chondryty zwyczajne typu L: Beni M'hira, Hyattville, Saratov.

Opis meteorytów

Do badań wybrano trzy chondryty zwyczajne typu L. Dwa obserwowane spadki Beni M'hira i Saratov oraz znalezisko Hyattville. Chondryty zwyczajne typu L są najliczniejszą grupą pośród spadków, stanowią ponad 34% wszystkich obserwowanych spadków (portal www.woreczko.pl).

- **Beni M'hira** – chondryt zwyczajny typu L6 o stopniu zwietrzenia W0. Spadek 8 stycznia 2001 roku w Tunezji. Całkowita waga znalezionych po spadku okazów (TKW) 19 kg. W 2012 roku francuscy poszukiwacze Fabien Kuntz, Marie Gerbet i Pierre-Marie Pelé pojechali w rejon spadku i przeszukali go systematycznie. Efektem ich wyprawy było kilkadziesiąt (ponad 100) pięknych okazów o łącznej wadze ponad 12,5 kg.
- **Hyattville** – chondryt zwyczajny typu L6 o stopniu zwietrzenia W1. W 2008 roku znaleziono w stanie Wyoming w USA kilka okazów o łącznej wadze prawie 9 kg.
- **Saratov** – chondryt zwyczajny L4 o stopniu zwietrzenia W0. Spadek 6 września 1918 roku w Rosji. Świadczenie spadku relacjonowali, że spadły co najmniej dwa okazy o wagach ok. 500 kg! Zebrano setki fragmentów na rozległym obszarze (elipsie spadku). Według Meteoritical Bulletin Database w światowych kolekcjach zachowało się ok. 200 kg fragmentów. Kilkanaście lat temu skradziono z muzeum w Saratowie największy zachowany fragment o wadze ok. 130 kg. Prawdopodobnie więc większość fragmentów znajdujących się w światowych kolekcjach prywatnych pochodzi z tego skradzionego okazu (portal www.meteorite.narod.ru).

Opis pomiarów mössbauerowskich badanych próbek

Pomiary mössbauerowskie badanych próbek zostały przeprowadzone w Laboratorium mössbauerowskim na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Do pomiarów mössbauerowskich użyto konwencjonalnego spektrometru wyprodukowanego przez firmę „Elektronika jądrowa” Wacława Musiała. Wiązka promieniowania posiadała geometrię poziomą, a aktywność źródła $^{57}\text{Co}/\text{Rh}$ wynosiła 1,11 GBq. Detektorem promieni gamma był licznik proporcjonalny o napięciu roboczym 1540 V.

Pomiary zostały przeprowadzone w temperaturze pokojowej. Były one wykonywane na 512 kanałach, a następnie przy pomocy programu „Recoil” (Lagarec i in. 1998) widma zostały złożone do 256. Skalę prędkości skalibrowano przy pomocy

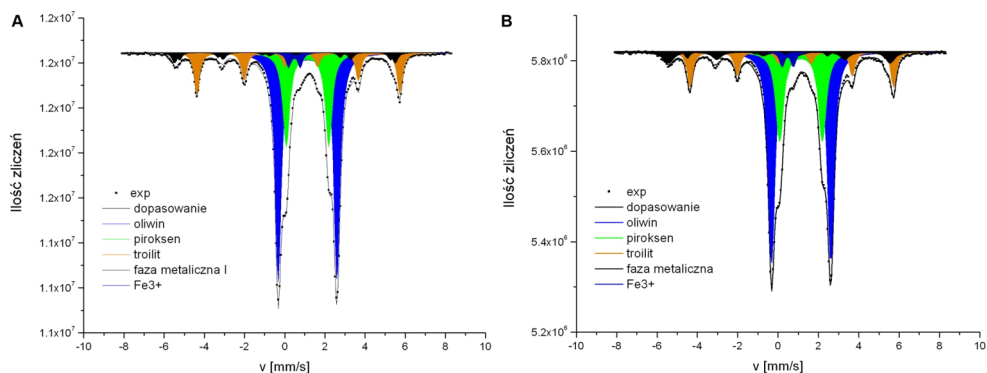
absorbenta z żelaznej folii ^{-}Fe o grubości 0,05 mm. Liczba zliczeń przypadająca na jeden kanał wynosiła około 3 miliony.

Procedura dopasowania została przeprowadzona w programie „Recoil” przy pomocy analizy „Full Static Hamiltonian”, a następnie ustalony został stosunek intensywności linii w sekstecie (3:2:1) przy pomocy opcji „Powder Crystal Site”.

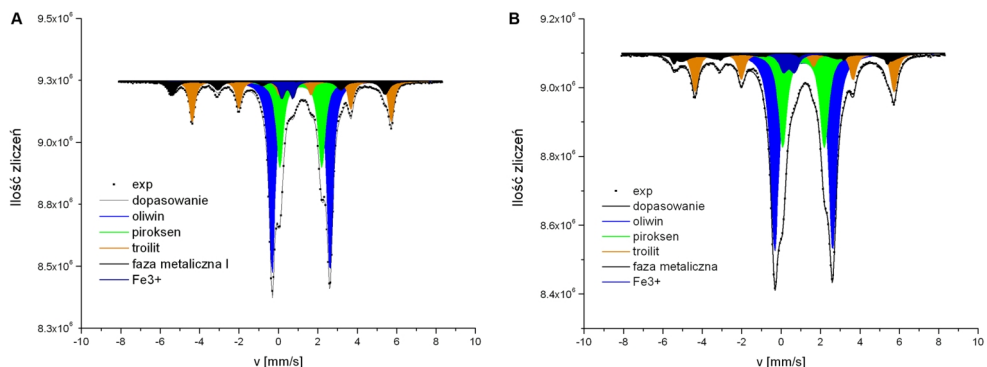
Wyniki i dyskusja

Na rycinach 1, 2 i 3 przedstawione są widma mössbauerowskie meteorytów: Beni M'hira (ryc. 1A, B), Hyattville (ryc. 2A, B), Saratov (ryc. 3A, B).

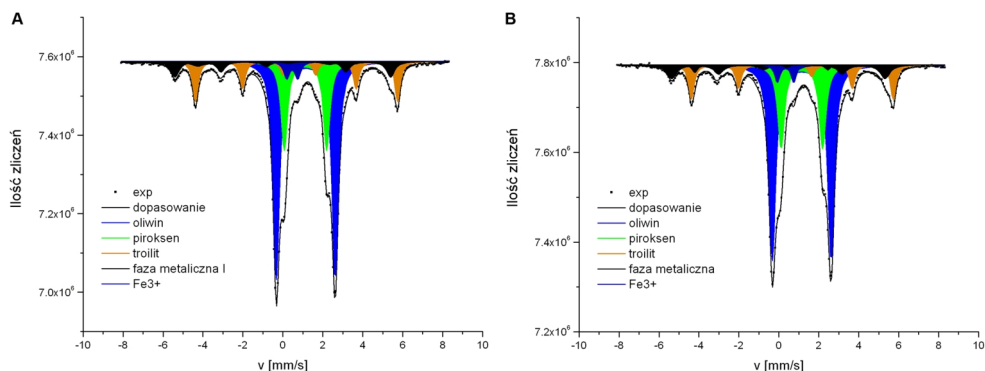
Pomiary tych próbek meteorytów wykonywane były dwukrotnie w takich samych warunkach eksperymentalnych, ale w nieco innych przedziałach czasowych (stąd różne liczby zliczeń). Na wszystkich rycinach można łatwo zaobserwować podstawowe fazy mineralne obecne w chondrytach zwyczajnych typu L: dwa dublety związane z oliwinem i piroksenem oraz dwa sekstety związane z fazą metaliczną i troilitem. Dublet związany z żelazem trójwartościowym (który jest wynikiem początkowego wietrzenia) można stwierdzić dopiero w czasie dopasowywania krzywych teoretycznych do punktów eksperymentalnych.



Ryc. 1. Widmo mössbauerowskie meteorytu Beni M'hira z pomiaru I (A) i pomiaru II (B).



Ryc. 2. Widmo mössbauerowskie meteorytu Hyattville z pomiaru I (A) i pomiaru II (B).



Ryc. 3. Widmo mössbauerowskie meteorytu Saratov z pomiaru I (A) i pomiaru II (B).

W tabeli 1 podane są procentowości podwidm spektralnych otrzymane dla pomiaru I i pomiaru II. W ostatniej kolumnie tabeli I umieszczono różnice między wynikami wyrażoną w punktach procentowych.

Tabela 1. Wartości procentowe powierzchni widm dla czterech faz mineralnych (oraz Fe^{3+}) obecnych w meteorytach Beni M'hira, Hyattville oraz Saratov. W fazach metalicznych znajdują się dwie składowe – faza z kamacytem oraz faza z taenitem.

Meteoryt	Faza mineralna	Indeks pomiaru		
		Pomiar I	Pomiar II	Różnica I-II
		A [%]	A [%]	A [%]
Beni M'hira	oliwiny	51,6	50,1	1,5
	pirokseny	23,2	23,9	-0,7
	fazy metaliczne	6,8	9,8	-3,0
	troilit	15,8	13,7	2,1
	Fe^{3+}	2,6	2,5	0,1
Hyattville	oliwiny	46,5	46,0	0,5
	pirokseny	23,2	22,5	0,7
	fazy metaliczne	9,4	12,1	-3,3
	troilit	17,1	15,1	2,0
	Fe^{3+}	3,8	4,3	-0,5
Saratov	oliwiny	48,4	48,9	-0,5
	pirokseny	20,0	20,9	-0,9
	fazy metaliczne	12,9	12,6	0,3
	troilit	15,3	14,3	1,0
	Fe^{3+}	3,4	3,3	0,1

Największa różnica między procentowością powierzchni widm spektralnych dotyczy faz metalicznych meteorytów Beni M'hira oraz Hyattville - około 3 punktów procentowych, natomiast w przypadku chondrytu Saratov różnica ta jest bardzo mała, mniejsza niż 1 punkt procentowy. Różnica między powierzchnią absorpcji dla piroksenu również nie przekracza 1 punktu procentowego w przypadku wszystkich trzech analizowanych meteorytów. Dla dubletu fazy oliwinu różnica

nie przekracza 2 punktów procentowych. Najmniejsze różnice, bez względu na fazę, można zaobserwować dla meteorytu Saratov.

Metoda wyznaczania niepewności procentowości mössbauerowskich widm spektralnych oparta na metodzie niezależnej analizy dwóch kolejnych pomiarów tej samej próbki meteorytu była zastosowana przez grupę H.C. Vermy (Verma i in. 2002). W cytowanej pracy otrzymano niepewność na poziomie 2 punktów procentowych dla dubletów i 3 punktów procentowych dla sekstetów. Nasze wyniki pokrywają się z oszacowaniem zrobionym przez grupę Vermy.

Wnioski

Opracowanie optymalnej metody wyznaczania niepewności procentowości widm spektralnych meteorytów jest bardzo trudne z powodu jednoczesnego fitowania kilkunastu lub czasem kilkudziesięciu parametrów mössbauerowskich i amplitud podwidm. Celem naszej pracy jest sprawdzenie jakie różnice w oszacowaniu powierzchni spektralnych mogą występować w innych laboratoriach mössbauerowskich. Na podstawie niniejszej pracy można stwierdzić, że w laboratorium warszawskim niepewności szacowania procentowości spektralnych są takie same jak w laboratorium mössbauerowskim w Kanpur. Ten fakt upoważnia nas do włączenia do naszej bazy wyników mössbauerowskich również danych otrzymanych w laboratorium w Kanpur.

Literatura

- Lagarec K., Rancourt D.G., 1998, *Recoil, Mössbauer Spectral Analysis Software for Windows, version 1.0*. Department of Physics, University of Ottawa, s. 1–40.
Portal <http://www.meteorite.narod.ru/proba/stati/stati114.htm>
Portal Meteoritical Bulletin Database – <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>
Portal Jan Woreczko & Wadi Meteorites Collection – <http://www.woreczko.pl>
Verma H.C., Kavi JEE, Tripathi R.P., 2003, *Systematics of Mössbauer absorption areas in ordinary chondrites and applications to a newly fallen meteorite in Jodhpur, India*, Meteoritics & Planetary Science, 38(6), s. 963–967.