

Marian SZURGOT¹

BADANIA UREILITU NWA XXX
ZA POMOCĄ ANALITYCZNEJ MIKROSKOPII ELEKTRONOWEJ
STUDIES OF A NEW NWA XXX UREILITE
BY ANALYTICAL ELECTRON MICROSCOPY

Abstract: New NWA XXX ureilite was investigated by analytical electron microscopy to determine elemental and mineral composition of the meteorite. The main minerals: olivines and clinopyroxenes have been identified and characterized. The texture, elemental and mineral composition of the meteorite are typical of olivine-pyroxene achondrites.

Keywords: meteorite, new ureilite NWA XXX, analytical electron microscopy, olivine, pyroxene

WSTĘP

Analityczna mikroskopia elektronowa jest dobrze zweryfikowanym, ważnym źródłem danych eksperymentalnych o materii ziemskiej i pozaziemskiej. W naszych badaniach meteorytów odgrywa ona ważną rolę, obok dwu innych metod analitycznych: metody spektroskopii ramanowskiej i klasycznej mikroskopii optycznej (Szurgot et al. 2007). Szczególną uwagę poświęcamy pozaziemskim fazom węglowym (Szurgot et al. 2006; Karczewska et al. 2007, Karczewska et al. 2008).

Celem niniejszej pracy było określenie składu pierwiastkowego i zidentyfikowanie głównych minerałów ureilitu NWA XXX znalezionej w 2006 roku. Meteoryt ten został wstępnie sklasyfikowany jako ureilit (Cimała inf. Ustna 2007). Wkrótce po uzyskaniu próbek tego meteorytu został on poddany wszechstronnym badaniom różnymi technikami.

Ureilit NWA XXX jako meteoryt diamentonośny jest szczególnie interesującym obiektem zainteresowań. Nasze dotychczasowe badania objęły analizę faz węglowych: diamentu i grafitu oraz analizę składu izotopowego obecnego w meteorycie węgla (Karczewska et al. 2008). Równolegle zidentyfikowano minerały tego meteorytu metodą spektroskopii ramanowskiej (Szurgot 2009). Prezentowane tutaj wyniki otrzymano wykorzystując analityczną mikroskopię elektronową.

METODY BADAŃ

Badania składu chemicznego, pierwiastkowego i mineralnego prowadzono za pomocą mikroskopu elektronowego VEGA 5135 Tescan wyposażonego w mikroanalizator rentgenowski EDX Link 300 produkcji Oxford Instruments. Ze względu na nieprzewodzący charakter badanych obiektów wykorzystano niskopróżniowy tryb pracy LV (Szurgot et al. 2007). Umożliwia on analizę wiązką elektronową, powierzchni meteorytu bez uprzedniego pokrywania jej warstwą przewodzącą (Polański 2008). Badanie takie ma charakter nieniszczący, tzn. nie wprowadza trwałych zmian w powierzchni obiektu.

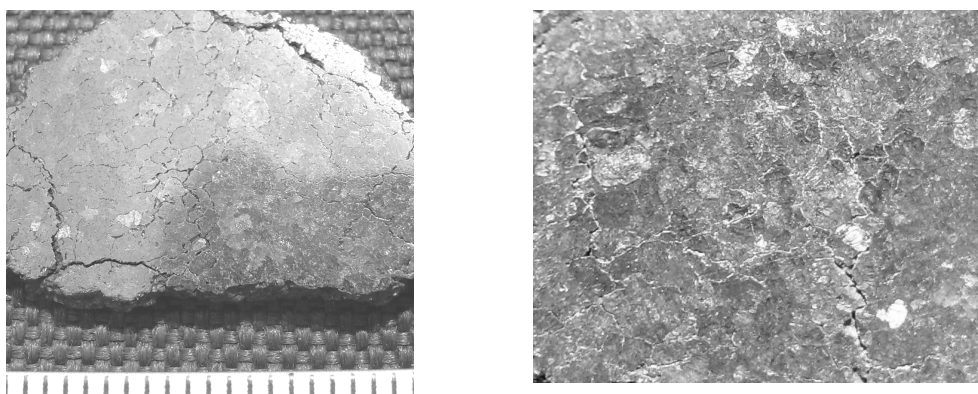
Obserwacje struktur powierzchniowych w elektronowym mikroskopie skaningowym prowadzono w reżymie elektronów wstecznie rozproszonych (BSE). Uzyskiwano w nim,

¹ Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki Politechniki Łódzkiej, Al. Politechniki 11, 90-924 Łódź. mszurgot@p.lodz.pl; mszurgot@lodd.p.lodz.pl

obok topografii badanej powierzchni, wstępną informację o jej składzie pierwiastkowym odzwierciedloną w zróżnicowanym kontraście obrazu (Barbacki 2005, Reed 2005). Badania prowadzono na okazie meteorytu w postaci wypolerowanej płytki.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Próbkę badanego ureilitu NWA XXX analizowaną w świetle widzialnym zaprezentowano na Fig. 1. Teksturę ureilitu pokazują także obrazy BSE ze skaningowego mikroskopu elektronowego (Fig. 2).

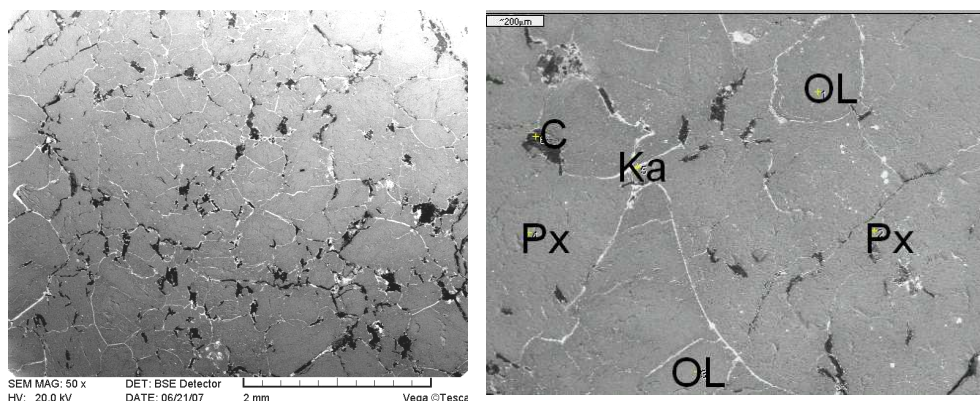


a)

b)

Fig. 1. Ureilit NWA XXX z widocznymi minerałami tworzącymi substancję meteorytu. Główne minerały meteorytu to oliwin i piroksen. Pola widzenia (a) i (b): 20 mm x 20 mm.

Zarówno obrazy optyczne jak i obrazy BSE meteorytu wskazują, że jest on achondrytem. Tekstura meteorytu jest typowa dla ureilitów. Cechą charakterystyczną tej grupy meteorytów, jest obecność w ich głównej masie dobrze rozróżnialnych ziaren oliwinów (OL) i piroksenów (Px), na łączeniach których są obecne spękania, żyłki tlenków żelazo-niklowych i troilitu (Ka), a także różne fazy węglowe (C) (Fig. 2).

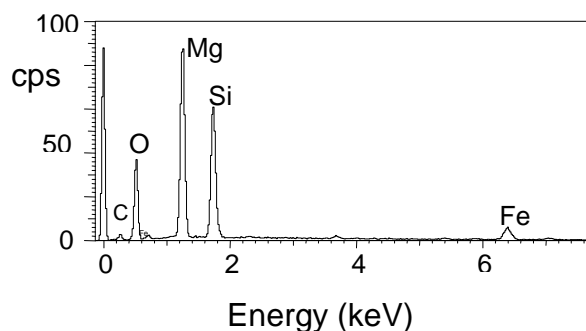


a)

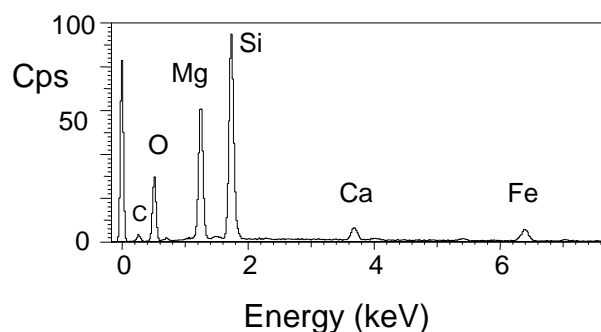
b)

Fig. 2. Obrazy BSE ureilitu NWA XXX z widocznymi minerałami tworzącymi substancję meteorytu. Główne minerały meteorytu: oliwin (OL), piroksen (Px), utleniony kamcyt (Ka) zmieszany z troilitem oraz fazy węglowe (C). Skala: (a) 2mm, (b) 0.2mm.

Widma EDS otrzymane z różnych mikroobszarów ureilitu potwierdzają obecność typowych dla ureilitów minerałów: oliwinu ($\text{Mg,Fe}_2[\text{SiO}_4]$) o przybliżonym składzie $\text{Fa}_8\text{Fo}_{92}$ (Fig. 3a), klinopiroksenu - pigeonitu ($\text{Mg,Fe}^{2+},\text{Ca}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$) (Rys. 3b), o dużej zawartości enstatytu ($\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$) i sumarycznym składzie ($\text{En}_{82}\text{Fs}_{11}\text{Wo}_7$) (Fig. 3b), oraz różnych faz węglowych głównie grafitu i diamentu (Fig. 4).



a)



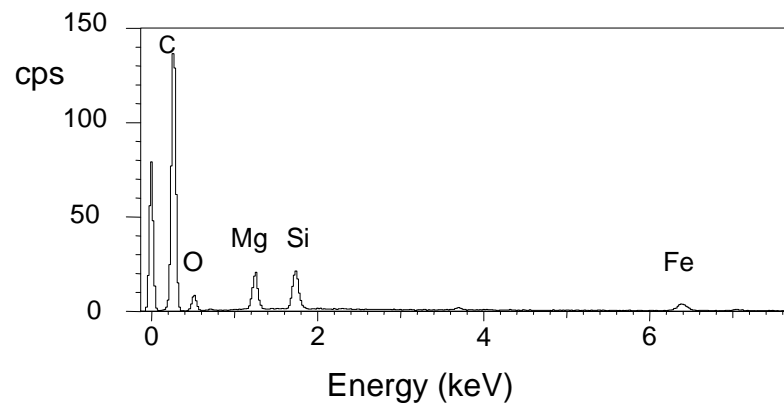
b)

Fig. 3. Widma EDS ureilitu NWA XXX wskazujące na obecność: (a) oliwinu ($\text{Fa}_8\text{Fo}_{92}$), (b) piroksenu (pigeonitu o składzie $\text{En}_{82}\text{Fs}_{11}\text{Wo}_7$). En – enstatyt, Fs – ferrosilit, Wo - wollastonit. Pigeonit zawiera około 82 % mol. En, 11% Fs oraz 7% Wo. Oliwin zawiera ok.8 % - fajalitu - Fa oraz 92% forsterytu - Fo (oznaczenia zawartości minalów są półilościowe).

Obserwacje mikroskopowe w świetle odbitym dowodzą, że w ureilicie NWA XXX oprócz grafitu są obecne także mikrodiamenty. Oprócz oliwinów, pigeonitu, grafitu i diamentu zaobserwować można także skalenie, rzadsze w ureilitach. Ten skład mineralny jest oczekiwany i zgodny z danymi literaturowymi dla innych ureilitów (Hutchison 2004, Norton 2002, Manecki 2004, Hurnik, Hurnik 2005).

W Tabeli 1 zestawiono średni skład pierwiastkowy ureilitu NWA XXX i dla porównania także dane literaturowe o średnim składzie pierwiastkowym ureilitu Novo Urei (Sears 1978) oraz składzie meteorytów kamiennych (Krinov 1960). Dane te pokazują, że głównymi pierwiastkami tworzącymi materię badanego ureilitu są: Si (23.15 % wag.), O (31.59%), Fe (11.72%) i Mg (28.49%), które obejmują około 95 % całego składu mineralnego NWA XXX. Istotnymi składnikami meteorytu o wkładzie łącznym 5 % są: Ca (0.83%), Ni (0.44%), Mn (0.55%), Cr (0.46%) oraz C (2.76%). Ten skład pierwiastkowy

jest zbliżony do składu wcześniej badanych ureilitów (Sears 1978, Hutchison 2004). Dla przykładu zawartość węgla w ureilicie NWA XXX mieści się w przedziale 1.94 - 4.10 % określonym dla dotychczas badanych ureilitów (Mason 1979; Szurgot et al. 2006).



Rys. 4. Widmo EDS ureilitu NWA XXX ujawniające obecność faz węglowych w otoczeniu oliwinowo-piroksenowym.

Tabela. 1.

Pierwiastek	Średni skład NWA XXX		Ureilit Novo Urei	Meteority kamienne
	% wagowe	(% atomowe)	(% wagowe) [Sears 1978]	(% wag.) [Krinov 1960]
O	31.59	(44.29)		41.0
Si	23.15	(18.49)	18.57	21.0
Mg	28.49	(26.29)	22.23	14.3
Fe	11.72	(4.71)	15.64	15.5
S			0.58	1.82
Al			0.23	1.56
Ca	0.83	(0.47)	0.57	1.80
Ni	0.44	(0.17)	0.12	1.10
Na			0.13	0.80
Cr	0.46	(0.20)	0.47	0.40
Mn	0.55	(0.23)	0.31	0.16
P			0.04	0.10
C	2.76	(5.16)	2.23	0.16
K				0.07
Ti			0.08	0.12
Co			0.05	0.08
Suma	100	(100)		100

Zawartość pierwiastków w ureilicie NWA XXX, w ureilicie Novo Urei, oraz w meteoroidach kamiennych.

Dane mikroanalizy rentgenowskiej pozwoliły określić wartości stosunków molowych dla stwierdzonego pigeonitu: $Mg/(Mg+Fe+Ca) = 0.82$, $Fe/(Mg+Fe+Ca) = 0.11$, $Ca/(Mg+Fe+Ca) = 0.07$, a zatem ustalić także skład pigeonitu jako: $En_{82}Fs_{11}Wo_7$. Ponadto określono stosunek molowy $mg\# = Mg/Mg+Fe$, który dla pigeonitu wynosi 0.88, a dla oliwinu jest równy 0.92 co prowadzi do składu oliwinu Fa_8Fo_{92} .

Pięć pierwiastków: Fe, Mg, Ca, Si oraz O, które wagowo stanowi około 96 % masy meteorytu wchodzi w skład dominujących minerałów: oliwinu $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$, klinopiroksenu $(Mg,Fe^{2+},Ca)_2[Si_2O_6]$ i ortopiroksenu $(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$ oznaczonego za pomocą spektrometrii Ramana (Szurgot 2009). Wskazuje to, że oliwiny i pirokseny (klinopiroksen pigeonit i ortopiroksen bronzyt) stanowią 96 % masy meteorytu.

Ureilit NWA XXX jest achondrytem oliwinowo-piroksenowym. Ustalenie, który z piroksenów dominuje pigeonit czy bronzyt wymaga dalszych badań. Wtedy można będzie go przydzielić do jednej z grup: oliwinowo-pigeonitowej lub oliwinowo-ortopiroksenowej.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania nowego ureilitu NWA XXX potwierdziły, że jest on niewątpliwie urelitem. Wskazuje na to jego skład mineralny reprezentowany głównie przez oliwin i piroksen - pigeonit. Ponadto stwierdzono obecność różnych faz węglowych (diamentu i grafitu).

Podziękowania. Serdecznie dziękuję Prof. dr hab. inż. Andrzejowi Maneckiemu i Prof. dr hab. Łukaszowi Karwowskiemu za zachętę do prowadzenia badań meteorytów, życzliwe zainteresowanie przebiegiem badań, oraz za cenne rady. Dr Krzysztofowi Polańskiemu wyrażam serdeczne podziękowanie za współpracę i mikroanalizę rentgenowską. Panu Marcinowi Cimale wyrażam wdzięczność za znalezienie i udostępnienie meteorytu do badań.

LITERATURA

- BARBACKI A. (red.), 2005. Mikroskopia elektronowa. Poznań.
- HURNIK B., HURNIK H., 2005. Materia kosmiczna na Ziemi, jej źródła i ewolucja. Poznań.
- HUTCHISON R., 2004. Meteorites-A petrologic, chemical and isotopic synthesis, Cambridge.
- KARCZEWSKA A. T., KOZANECKI M., SZURGOT M., SOKOŁOWSKA A., MITURA S., 2007. Raman spectroscopy studies of meteoritic diamonds, *Diamonds Rel. Materials*, 16. 781-783.
- KARCZEWSKA A. T., SZURGOT M., KOZANECKI M., SZYKOWSKA M. I., RALCHENKO V., DANILENKO V. V., LOUDA P., MITURA S., 2008. Extraterrestrial, Terrestrial and Laboratory Diamonds-Differences and Similarities, *Diamonds Rel. Materials*, 17. 1179-1185.
- KRINOV E L., 1960. Principles of Meteoritics. New York
- MANECKI A., 2004. Encyklopedia minerałów z polskim i angielskim słownikiem nazw. Minerały Ziemi i materii kosmicznej. Kraków.
- MASON B., 1979. Meteorites, [w:] Data on Geochemistry, Ch. B. Washington.
- NORTON O. R., 2002. The Cambridge Encyclopedia of Meteorites. Cambridge.
- POLAŃSKI M., 2008. Analityczna mikroskopia elektronowa w badaniach kryształów, [w:] Kryształy w przyrodzie i technice. Przewodnik po świecie kryształów. Łódź,

173-190.

REED S. I. B., 2005. Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology, Cambridge.

SEARS D. W., 1978. The Nature and Origin of Meteorites. Bristol.

SZURGOT M., KARCZEMSKA A., KOZANECKI M., 2006. Extraterrestrial diamonds, [w:] Nanodiam, MITURA, S. i in. (red.), Warszawa, 259-287.

SZURGOT M., POLAŃSKI, K., KOZANECKI, M. 2007. Kompleksowe zastosowanie metod analitycznych do badań chondrytów, Materiały III Seminarium Meteorytowego Olsztyn 2005, Sosnowiec. 93-98.

SZURGOT M., 2009. Identyfikacja minerałów nowego ureilitu NWA XXX za pomocą spektroskopii Ramana, Rocznik Polskiego Towarzystwa Meteorytowego Vol. 1.