

## Wykorzystanie mikrospektralnej analizy laserowej w badaniach petroarcheologicznych niektórych narzędzi kamiennych bez ich uszkodzenia

Alfred Majerowicz\*, Henryk Siągło\*

The use of microspectral analysis in non-destructive petroarcheological studies of some stone tools. *Prz. Geol.*, 52: 579–580.

*Summary.* This paper presents the results of microspectral laser studies of 24 stone tools mainly made of mafic amphibolites and ultramafic serpentinites. Regularities in the occurrence of chromium and titanium in the accessory minerals of these rocks were used. The method applied helps to identify the material the prehistoric tools and artifacts, without their damage. This method is useful in the studies of well preserved objects with smoothly polished surface or covering with a thin weathering patina.

**Key words:** petroarcheology, stone tools, mafic rocks, ultramafic rocks, microspectral analysis

Prowadzone w ostatnich latach przez A. Majerowicza badania geologiczne i petrologiczne krystalicznych skał na terenie środkowej części Sudetów oraz Przedgórze Sudeckiego, pozwoliły na szczegółowe analizy, dostarczone przez wrocławskich archeologów zabytków kamiennych, wykonanych z materiału pochodzącego z wymienionych wyżej obszarów.

Głównym elementem geologicznym Przedgórze Sudeckiego jest morfologicznie wyniesiony Masyw Ślęży, którego najwyższy szczyt osiąga wysokość 718 m n.p.m., a ok. 500 m góruje nad otaczającym terenem. Niższe wzniesienia to: Radunia (573 m n.p.m.), Wieżyca (415 m n.p.m.), Gozdnicza (316 m n.p.m.) i Stolna (371 m n.p.m.).

W masywie występują 4 główne rodzaje skał krystalicznych:

- grubo- i średnioziarniste, ciemnozielone gabro zmienne w różnym stopniu metamorficznie,
- drobno- i średnioziarniste amfibolity,
- zielonawe, w różnych odcieniach, serpentynity,
- jasnoszare, różnoziarnisty granit, należący do SE części dużego masywu granitowego Strzegom–Sobótka.

Należy tu także wymienić łupki metamorficzne, w niewielkim stopniu odsłaniające się na północ i północny wschód od Sobótki (Majerowicz & Pin, 1993).

W nowszych badaniach globalnej tektoniki takie serie skał maficzno-ultramaficznych, w zmiennym stopniu zmetamorfizowane i mające określoną budowę i genezę oraz „stratygrafię” są nazywane w światowej literaturze zespołami ofiolitowymi. W ofiolicie Ślęży amfibolity i serpentynity wykazują, oprócz zmienności chemicznej, bardzo charakterystyczne struktury i tekstury oraz różne odcienie zabarwienia. Ludzie różnych epok archeologicznych eksploatowali je i wykonywali z nich różnorodne przedmioty i narzędzia, które obecnie są poddawane badaniom metodami petroarcheologicznymi.

Jeśli niektóre przedmioty są już w wykopalisku uszkodzone lub są to tylko ich fragmenty czy też produkcyjne odpady, można wykonywać z nich większe preparaty do badań mikroskopowych, mikrosondowych, rentgenograficznych i derywatograficznych. Niekiedy jednak zeszkobanie niewielkiej ilości materiału z dobrze zachowanego przedmiotu do badań np. rentgenograficznych lub innych stanowi już ich uszkodzenie. Stąd coraz bardziej cenione i stosowane są współczesne przyrządy, którymi można określać skład pierwiastkowy zabytków skalnych bez ich uszkodzenia.

\*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 30, 50-205 Wrocław

### Opis metody

Mikrospektralna analiza laserowa wykorzystuje spektrograf emisyjny skojarzony z urządzeniem laserowym, umożliwiającym wzbudzenie materii w mikroobszarze.

Promień światła laserowego skupiony na małej powierzchni wytapia kilkadziesiąt mikrogramów materii i wzbudza ją. Wzbudzona materia emituje światło, które, po przejściu przez układ optyczny spektrografu, powoduje zaczernienia płyty fotograficznej w postaci widma prążkowego. Widmo prążkowe ujawnia skład pierwiastkowy materii w badanym obszarze.

Jakościową informację można w pewnym stopniu skwantyfikować mierząc stopień zaczernienia wybranych prążków. Uzyskane w ten sposób dane liczbowe nie mogą wprawdzie służyć analizie ilościowej, ale odpowiednio zestawione w tabeli uwypuklają podobieństwa lub różnice w zawartości określonych pierwiastków pomiędzy badanymi próbkami skał. Analizy w tak małych obszarach obejmują pojedyncze ziarna minerałów. Wybór mikroobszaru do analizy może niekiedy sprawiać pewną trudność.

Dużą zaletą metody jest możliwość badania w całości przedmiotów o wymiarach do 18 x 12 x 10 cm.

W badaniach wykorzystywano:

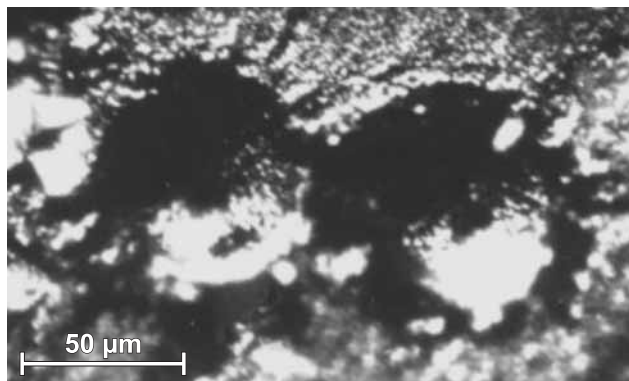
- spektrograf emisyjny PGS-2,
- mikroanalizator laserowy LMA-10,
- mikrodensytometr MD-100; (wszystkie urządzenia produkcji Carl Zeiss — Jena).

Na nieuszkodzonych, silnie wypolerowanych toporkach, siekierkach, dłutach i innych narzędziach, gołym okiem lub przy pomocy lupy można było określić tylko przypuszczalnie jako amfibolity lub serpentynity, czy też zbliżone do nich wyglądem inne skały maficzne lub ultramaficzne. Wiadomo, że — podobnie jak inne skały — zawierają one oprócz głównych składników niewielkie ilości minerałów akcesorycznych. W serpentynie jest to głównie chromit, bogaty w chrom, a w amfibolicie — ilmenit, bogaty w tytan. Występuje też magnetyt, ale w naszych badaniach nie jest on szczególnie charakterystyczny i przydatny. Te akcesoryczne minerały o wielkości ok. 0,5–1,3 mm są widoczne na wypolerowanych powierzchniach przedmiotów archeologicznych, gdzie często główne składniki nie są dostatecznie rozpoznawalne. Chromit i ilmenit mają na ogół zabarwienie czarne lub ciemnoszare i ziarna ich mogą być izometryczne.

Wymieniony wyżej aparat wytapia w ziarnach mineralnych bardzo małe kraterki o średnicy ok. 50 mikrometrów (ryc. 1). Czasami w obszarze wzbudzenia mogą się znaleźć małe ilości minerałów które sąsiadują z badanym ziarnem

chromitu lub ilmenitu; zdarza się też że miejsce do wzbudzenia zostaje wytypowane niewłaściwie (tab. 1, poz. 6 i 16).

W latach 1982–1983 otrzymaliśmy od profesora W. Wojciechowskiego z Katedry Archeologii Uniwersytetu Wrocławskiego, 24 przedmioty (narzędzia) o szczególnych dla archeologów cechach typologicznych do opracowania petrologicznego, które miały być wykonane, między innymi, metodami analizy spektralnej.



Ryc. 1. Kratery wytopine w ziarnie chromitu  
Fig. 1. Craters in chromite grain

Tab. 1. Wyniki mikrospektralnej analizy laserowej. Zestawienie wartości liczbowych uzyskanych z pomiarów zaczernienia wybranych prążków spektralnych

Table 1. Microspectral laser analysis. Numerical values obtained from photometric measurements of the intensity of spectral lines

Nr narzędzia Number of stone tool	Pierwiastki Elements				Rodzaje skal Rock type
	Fe	Cr	Ti	Mn	
1	150	430	10	40	serpentyinit <i>serpentinite</i>
2	180	400	10	80	serpentyinit <i>serpentinite</i>
3	200	370	20	30	serpentyinit <i>serpentinite</i>
4	170	410	20	20	serpentyinit <i>serpentinite</i>
5	50	—	420	—	amfibolit <i>amphibolite</i>
6	40	—	—	—	nieprecyzyjny pomiar — tło <i>wrong selection of analytical spot</i> — <i>false results</i>
7	100	—	210	—	amfibolit <i>amphibolite</i>
8	60	—	—	—	lamprofir <i>lamprophyre</i>
9	170	480	10	20	serpentyinit <i>serpentinite</i>
10	180	400	10	20	serpentyinit <i>serpentinite</i>
11	210	390	20	60	serpentyinit <i>serpentinite</i>
12	180	410	10	110	serpentyinit <i>serpentinite</i>
13	170	350	—	50	serpentyinit <i>serpentinite</i>
14	140	450	20	30	serpentyinit <i>serpentinite</i>
15	120	—	180	—	amfibolit <i>amphibolite</i>
16	180	60	10	—	nieprecyzyjny pomiar — tło <i>wrong selection of analytical spot</i> — <i>false results</i>
17	90	—	310	—	amfibolit <i>amphibolite</i>
18	150	430	20	60	serpentyinit <i>serpentinite</i>
19	80	—	320	—	amfibolit <i>amphibolite</i>
20	200	420	30	—	serpentyinit <i>serpentinite</i>
21	70	—	300	180	amfibolit <i>amphibolite</i>
22	220	410	20	20	serpentyinit <i>serpentinite</i>
23	90	—	290	—	amfibolit <i>amphibolite</i>
24	100	—	240	—	amfibolit <i>amphibolite</i>

Wyniki badań spektralnych w wybranych mikroobszarach zostały przedstawione w tab. 1, pokazującej porównawczo różnice w zawartości czterech pierwiastków.

Opisy przedmiotów i wskazane tereny i miejsca ich pochodzenia są zawarte w archiwalnej pracy Majerowicza (1981) i w obszernej publikacji Wojciechowskiego (1988), a wstępne zagadnienia w pracy Prinke i Skoczylasa (1978).

Różnice w zawartości tytanu, znajdującego się w ilmenicie w amfibolitach, oraz chromu, obecnego w chromicie występującym w serpentyinitach, są wyraźnie widoczne i przekonujące. Należy tu podkreślić, że 4 przedmioty, ze względu na idealne zachowanie i wypolerowanie, zostały określone tylko przy pomocy spektralnej analizy laserowej. Można tu dodać że 13 skał serpentyinitowych użytych do wyrobu narzędzi zbadanych także innymi metodami, szczególnie mikroskopowymi, pochodziło ze wschodnich części wystąpień serpentyinitów Ślęzy.

Przedstawione wyżej przykładowo prawidłowości w zróżnicowaniu występowania głównie tytanu i chromu w 24 narzędziach kamiennych, wykonanych głównie z maficznych amfibolitów i ultramaficznych serpentyinitów, potwierdziły w pełni badania Wojciechowskiego (1970, 1984). Szczególnie obszerna jego monografia (1988) dotycząca głównie 70 toporów, określonych typologicznie jako ślęzańskie, poparta w wielu zagadnieniach archiwalnymi opracowaniami petrologicznymi Majerowicza (1983–1985) także z innymi autorami (Majerowicz i in., 1999) pozwoliła na szeroką interpretację uzyskanych wyników. Badania petrologiczne umożliwiły rozpoznanie materiału skalnego użytego do produkcji narzędzi, a metody archeologiczne, kartograficzne, do określenia ośrodków tej produkcji. Jednym z ważnych terenów umiejscowienia tych ośrodków był rejon Ślęzy. Nie wszystkie amfibolity wykazywały typowe cechy skał ślęzańskich. Pochodzenie lamprofiru nie zostało bliżej określone.

## Literatura

- MAJEROWICZ A. 1981 — Rock serie sof the Ślęza Mt group in the light of petrologic studies of ophiolite complex. [In:] Ophiolites and initialites of northern border of the Bohemian Massif. Guidebook of excursion II, Potsdam -Freiberg: 172–199.
- MAJEROWICZ A. 1983–1985 — Ekspertyza surowców serii toporów ślęzańskich kultury ceramiki sznurowej ze Śląska. Arch. Kated. Archeol. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- MAJEROWICZ A. & PIN C. 1993 — The main petrological problems of the Mt. Ślęza ophiolite complex, Sudetes, Poland. Zentralblatt Geol. Paläont., Teil 1 (1992) H. 9/10: 989–1018, Stuttgart, 1994.
- MAJEROWICZ A., SKOCZYLAS J. & WÓJCİK A. 1999 — Petroarcheologia i rozwój jej badań na Dolnym Śląsku. Prz. Geol., 47: 638–643.
- PRINKE A. & SKOCZYLAS J. 1978 — Z metodyki badań nad użytkowaniem surowców kamiennych w neolicie. Prz. Archeolog., 26: 43–66.
- WOJCIECHOWSKI W. 1970 — Zagadnienie chronologii relatywnej kultur młodszej epoki kamienia na Dolnym Śląsku na tle europejskiej systematyki neolitu. Acta Univ. Wratisl., 112, Stud. Archeolog., 3.
- WOJCIECHOWSKI W. 1984 — Neolityczne górnictwo dolnośląskie serpentyinitów w świetle badań wykopaliskowych w Jańskiej Górze. Prz. Archeolog., 31: 5–46.
- WOJCIECHOWSKI W. 1988 — Próba lokalizacji ośrodków produkcyjnych toporów ślęzańskich w świetle badań petroarcheologicznych. Prz. Archeolog., 35: 101–138.