

Badania przedmiotów metalowych z epoki brązu

# Wiedza z miedzi



## URSZULA BUGAJ

Instytut Archeologii i Etnologii  
Polska Akademia Nauk, Warszawa  
bugaj.urszula@gmail.com

Dr Urszula Bugaj jest archeologiem specjalizującym się we wczesnej epoce brązu w Europie Środkowej i na Bałkanach, zagadnieniach związanych z metalurgią miedzi i brązu oraz rytuałem pogrzebowym. Kieruje projektem „Archeometalurgia miedzi. Karpackie ośrodki metalurgiczne we wczesnej epoce brązu” (NCN SONATA, UMO-2012/05/D/HS3/04128).

**Lokalizacja miejsc prehistorycznego wydobycia rud miedzi oraz procesów produkcji przedmiotów metalowych jest kluczem do odpowiedzi na pytania dotyczące przełomowych momentów w cywilizacyjnym rozwoju Europy. Multidyscyplinarny zespół składający się z archeologów, geologów i inżynierów materiałowych przystąpił do wypracowania uniwersalnej metodologii badawczej**

Pomysł na poszukiwanie sposobów wskazania miejsc wydobywania rud miedzi, z których wykonywano przedmioty metalowe we wczesnej epoce brązu w Europie Środkowej (ok. 2300-1600 p.n.e.), wypłynął z potrzeby poszerzenia wiedzy na temat początków epoki w dziejach Europy. Z nią bowiem wiążą się też początki władzy, elit i dalekosiężnego handlu. Metal, w tym przypadku miedź i jej stopy, ma tu charakter bardzo szczególny. Pozyskiwanie miedzi i cyny, produkcja, wymiana i posiadanie wyrobów z brązu stało się na tyle życiowo istotne dla elit, że działania zmierzające do ich wykrycia i eksploatacji miały zasadnicze znaczenie dla przemian społecznych w wielu regionach Europy. Nierównomierny rozkład geograficzny tych surowców generował i katalizował handel, konieczne też były zorganizowanie i kontrola wydobycia, dystrybucji i produkcji.

Archeologia jako dyscyplina humanistyczna bazująca w dużej mierze na naukach ścisłych może tworzyć środowisko sprzyjające rozwijaniu multidyscyplinarnych przedsięwzięć badawczych. Inaczej mówiąc, na drodze do wyjaśniania zjawisk i procesów społecznych w pradziejach stoją problemy, które efektywnie rozwiązać można, jedynie korzystając z dorobku metodologicznego nauk ścisłych, w tym geologii, chemii czy inżynierii materiałowej. Tworzony w ten sposób zespół specjalistów ściśle współpracuje już na etapie formułowania założeń badawczych, czyli przygotowywania projektu. Podejście multidyscyplinarne pozwala czerpać „równomiernie” z kilku dyscyplin w celu przededefiniowania problemów znajdu-

**Śliwin.**  
**Zabytki z grobu skrzyniowego z pochówkiem szkieletowym odkrytego w 1933 roku w miejscowości Śliwin, gm. Rewal, pow. gryficki, woj. zachodniopomorskie (ze zbiorów Muzeum Narodowego w Szczecinie, MNS/A/22087)**



jących się poza zasięgiem ich tradycyjnie pojmowanych pól badawczych, pozwala też więc sięgać po rozwiązania wynikające z nowego już sposobu pojmowania wyjściowego problemu badawczego – w naszym przypadku archeometalurgii miedzi. Jest to podejście wymagające od wszystkich członków grupy dużego zaangażowania i wyjścia poza rutynę badawczą.

### Jak to zrobić?

Nasze główne zadanie to wypracowanie nowej metodologii badawczej archeometalurgii, mającej zastosowanie dla środkowo-



europiejskiej wczesnej epoki brązu. W jej skład wchodzi metody badań standardowo wykorzystywane do charakteryzowania mikrostruktury stopów miedzi, analizy składu chemicznego i fazowego stosowane w mineralogii oraz inżynierii materiałowej, a także najnowsze rozwiązania w zakresie badań geochemicznych, w tym badania geochemii izotopów metali. Uzyskane wyniki interpretujemy z uwzględnieniem danych o geologii złóż miedzi, które położone są najbliższych miejsc wydobywania badanych zabytków archeologicznych.

Jako źródło rudy dla metalurgii wczesnej epoki brązu wielokrotnie wskazywane były złoża karpackie. Celem naszego projektu jest potwierdzenie bądź odrzucenie tej tezy w oparciu o jednoznaczne przesłanki geochemiczne i mineralogiczne uzyskane w trakcie badania artefaktów zabytków archeologicznych. Założyliśmy, że charakterystyka materiałowa przedmiotu metalowego jest w prosty sposób zależna od określonych parametrów złoża rudy miedzi. Powstało wtedy pytanie, jak można badać zabytki i złoża, żeby wyniki tychże badań były ze sobą kompatybilne, tzn. żeby wspólnie służyły wyjaśnieniu nadrzędnej kwestii, jaką jest rodzaj i pochodzenie rud miedzi oraz technologia metalurgiczna.

W tym miejscu niezbędnych jest kilka słów o tym, jak w archeologii podchodzi się do analiz fizykochemicznych zabytków metalowych. Tradycyjnie oznaczeń składu dokonuje się

z całej próbki, po jej uprzednim zmieleniu i rozтворzeniu w kwasie (tzw. metoda mokra). Przeprowadza się też oznaczanie chemiczne w makroskopowych fragmentach materiału (np. metoda XRF). Metody te pozwalają jedynie na uzyskanie uśrednionych oznaczeń składu chemicznego próbki z zabytku. Poza tym do analiz stosuje się podejście ilościowe, czyli im więcej, tym lepiej, bez względu na to, czy uzyskuje się jakiś wynik jakościowy. Podejście materiałowe zakłada natomiast badanie niewielkiej liczby próbek wieloma metodami, pod kątem rozwiązywania konkretnych problemów badawczych. Jest w nim miejsce na testowanie różnych metod i kreatywność w ich doborze. Jest to zatem swego rodzaju długa droga, którą trzeba przejść, żeby móc w końcu osiągnąć wyniki, które jakościowo najbliższe będą stawianym problemom badawczym. Zdecydowaliśmy się zaadaptować to podejście do badań w projekcie.

### Krok po kroku

Podejście do kwestii złożowych ustaliliśmy wspólnie z **dr. hab. Sławomirem Ilnickim** oraz **dr. Krzysztofem Nejbterem** z Wydziału Geologii UW. Prowadzenie obserwacji w mikroskali oraz analiza punktowa w mikroobszarze (obszar analizowany to kilka mikronów średnicy, a analizowana objętość to kilkanaście mikrometrów sześciennych) dostarczają wielu cennych informacji. Metoda ta daje m.in. możliwość obserwacji wrost-

**Babin.**

**Przedmioty ze skarbu odkrytego w 1878 roku w miejscowości Babin, stan. 2, gm. Bielice, pow. pyrzycki, woj. zachodniopomorskie (ze zbiorów Muzeum Narodowego w Szczecinie, MNS/A/22072)**



ków oraz śledzenia ich strefowej zmienności. W naszej terminologii określenie „wrostki” stosujemy w odniesieniu do cząstek o odmiennym składzie chemicznym niż pozostała część materiału, czyli osnowa. W geologii metoda mikroanalizy rentgenowskiej stanowi podstawę nowoczesnego badania minerałów, w badaniach archeometalurgicznych zaś – innowację otwierającą nowe możliwości wnioskowania na temat pochodzenia surowca użytego do wykonania zabytków oraz technologii ich wytwarzania.

Doborem metod i prowadzeniem analiz z zakresu inżynierii materiałowej zajmuje się zespół z Wydziału Inżynierii Materiałowej PW: **dr hab. inż. Halina Garbacz**, **dr inż. Piotr Wiciński** oraz **mgr inż. Tomasz Onyszczyk**. W projekcie skład chemiczny przedmiotów miedzianych oraz zawartych w nich licznych wzrostków o różnej genezie oznaczamy przy

charakteryzować sam proces metalurgiczny. Przy tradycyjnych badaniach chemicznych wykorzystywanych dotychczas przez archeologów uzyskanie tych informacji byłoby niemożliwe. Badania w mikroobszarach prowadzone są na Wydziale Geologii UW i Wydziale Inżynierii Materiałowej PW.

Ze wstępnie sformułowanymi założeniami planu badawczego przystąpiliśmy do gromadzenia zabytków do badań. Analizowane przedmioty metalowe reprezentują pełne spektrum technologiczne metalurgii wczesnej epoki brązu – od tzw. metalurgii blachy i drutu z końca neolitu i początków epoki brązu po wczesnobrązowe odlewy (sztylery, siekierki czy ozdoby obręczowe, w tym m.in. cała cenna kolekcja wczesnobrązowa z Muzeum Narodowego w Szczecinie).

Należało także pozyskać do analiz materiał ze złóż miedzi. Dokonałiśmy tego – specjalnie na potrzeby projektu – w terenie.



Ubiedrze.  
Siekierki ze skarbu  
znalezionego w 1936  
roku w miejscowości  
Ubiedrze, gm. Bobolice,  
pow. koszaliński, woj.  
zachodniopomorskie  
(ze zbiorów Muzeum  
Narodowego w Szczecinie,  
MNS/A/22090)

użyciu metod mikroanalizy rentgenowskiej (Electron Probe Micro-Analysis, EPMA), która pozwala oznaczać skład chemiczny w bardzo małym obszarze rzędu kilkunastu mikrometrów sześciennych. Metoda ta charakteryzuje się bardzo wysoką rozdzielczością, co pozwala na oddzielne oznaczanie składu chemicznego metalu oraz zawartych w nim wzrostków. Mineralogia wzrostków oraz skład chemiczny metalu są bardzo ważnym źródłem informacji o rodzaju rud wykorzystywanych do produkcji metalu, a także nieocenionym źródłem danych, pozwalającym

Wspólnie z geologami przeprowadziliśmy w 2014 roku 10-dniowy rekonesans terenowy. Odebraliśmy podróż przez Rumunię (Baia Sprie), Węgry (Rudabánya) i Słowację (Gelnica, Smolnik, Lubietová, Banská Bystrica, Banská Štiavnica, Špania Dolina), penetrując rejony tamtejszych złóż miedzi i pobierając próbki do analiz porównawczych.

### Współpraca

W trakcie realizacji projektu doprecyzował się zakres działania specjalistów poszczególnych dyscyplin biorących udział



G. Solecki i A. Piętały / Muzeum Narodowe w Szczecinie (2)

w przedsięwzięciu. Geolodzy zajmują się wstępnym rozpoznaniem charakterystyki chemicznej i mineralogicznej zabytków wybranych do badań oraz porównaniem uzyskanych wyników ze składem mineralogicznym rud miedzi ze strefy karpackiej. Wskazują podziały na grupy surowcowe. Tak przygotowany materiał analityczny trafia do zespołu inżynierów materiałowych, gdzie jest badany pod kątem mineralogii wrostków, mikrostruktury i właściwości materiałowych. Najciekawszym bodajże etapem badawczym jest porównanie wyników analiz dla metalu (matrycy, osnowy) i wrostków. Kluczowe przy interpretacji wyników badań jest powiązanie poszczególnych próbek z zabytków z typem złoża miedzi i technologią produkcji przedmiotów metalowych.

Rozwiązywanie określonych na wstępie problemów badawczych rodziło kolejne pytania. Próbkę z przedmiotów miedzianych odkrywały przed nami swą wewnętrzną budowę, czyli mikrostrukturę, a raczej różne typy mikrostruktur, które zależą m.in. od tego, w jaki sposób otrzymywany jest dany element. Świadczy to o znajomości różnych metod produkcji metalurgicznej (odlewanie, wyżarzanie czy kucie).

Zaczęliśmy dostrzegać prawidłowości w składzie chemicznym wrostków w zależności od typu rudy oraz technologii. Badania wrostków dostarczają dodatkowych informacji na temat składu chemicznego rudy. Są uzupełnieniem badania składu chemicznego osnowy. Posiadając informację o składzie chemicznym każdego elementu mikrostruktury, możliwe jest określenie składu rudy, z których dany

element został wykonany. Badanie wrostków może także odpowiedzieć nam na pytania dotyczące metod otrzymywania poszczególnych elementów, zakresu stosowanych temperatur oraz środowiska (otoczenia), w jakim proces ten był przeprowadzany. Szczególnie pomocną techniką w takich badaniach jest skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM). Zastosowanie dodatkowego wyposażenia (spektrometrów EDS/WDS) umożliwiłoby stosunkowo dokładne określenie składu chemicznego bardzo małych elementów, o wielkości powyżej 1 mikrometra, czyli stukrotnie mniejszych niż grubość ludzkiego włosa.

Projekt „Archeometalurgia miedzi. Karpackie ośrodki metalurgiczne we wczesnej epoce brązu” realizujemy od 2013 roku. Jego zakończenie przewidziane jest na 2016 rok. ■

Gościwe podziękowania dla pracowników Muzeum Narodowego w Szczecinie, kierownika działu archeologii Krzysztofa Kowalskiego oraz Doroty Kozłowskiej za pomoc oraz zrozumienie potrzeby przeprowadzenia badań inwazyjnych i udostępnienie zabytków do analiz oraz Muzeum Archeologicznemu we Wrocławiu, w szczególności Magdalenie Szczecińskiej, opiekującej się działem wczesnej epoki brązu.

#### Chcesz wiedzieć więcej?

- Dziekoński T. (1963). *Metalurgia miedzi, ołowiu i srebra w Europie środkowej od połowy XV do końca XVIII wieku*. Ossolineum.
- Dziekoński T. (1972). *Wydobywanie i metalurgia kruszców na Dolnym Śląsku od XIII do połowy XX wieku*. Ossolineum.
- O'Brien W. (2012). *Prehistoric Copper Mining in Europe, 5500-500 BC*. Oxford.

#### Bonin.

Przedmioty ze skarbu znalezione w 1875 roku w miejscowości Bonin, gm. Łobez, pow. łobeski, woj. zachodniopomorskie (ze zbiorów Muzeum Narodowego w Szczecinie, MNS/A/22092)